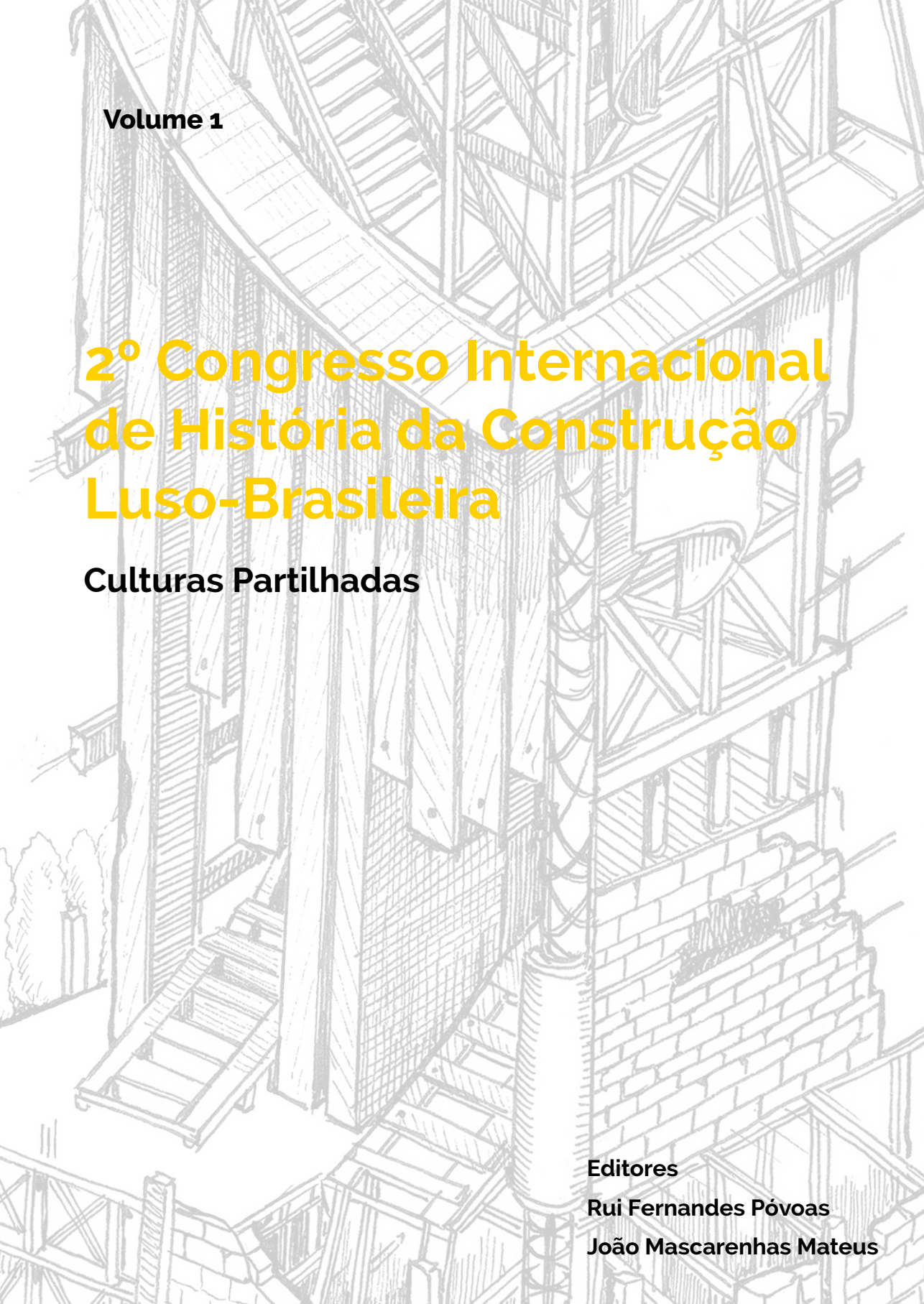
Volume 1

2º Congresso Internacional de História da Construção Luso-Brasileira

Culturas Partilhadas



Editores
Rui Fernandes Póvoas
João Mascarenhas Mateus

2º Congresso Internacional de História da Construção Luso-Brasileira

Culturas Partilhadas

Porto, 14-16 Setembro 2016

2 º C I H C L B 2016

LIVRO DE ACTAS

Volume 1

Centro de Estudos de Arquitectura e Urbanismo
Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto
Via Panorâmica S|N 4150-755 Porto PORTUGAL
T+351 225 057 100, F +351 226 057 199
www.fa.up.pt www.2cihclb.arq.up.pt

Livro de actas - 2.º Congresso Internacional de História da Construção Luso-Brasileira

Editores:	**Rui Fernandes Póvoas** **João Mascarenhas Mateus**
Co-Editores:	**Clara Pimenta do Vale** **Joaquim Lopes Teixeira** **Teresa Cunha Ferreira** **Rui Tavares**
Capa:	**Ana Aragão**
Apoio à produção:	**Juliana Costa**
Data:	**Porto, Dezembro de 2016**
ISBN:	**978-989-8527-09-7**

Os artigos são da exclusiva responsabilidade dos seus autores.

Apresentação

Em setembro de 2013 teve lugar no Campus da Universidade Federal do Espírito Santo, na cidade de Vitória – Espírito Santo, Brasil – a primeira edição deste evento científico, visando o desenvolvimento da disciplina da História da Construção Luso-Brasileira.

Pretende-se agora, nesta segunda edição, organizada pelo Centro de Estudos de Arquitectura e Urbanismo da Universidade do Porto (CEAU-UP), com o apoio da Sociedade Portuguesa de Estudos de História da Construção (SPEHC), aprofundar e consolidar os avanços já alcançados em ações precedentes realizadas neste domínio, de que são exemplo: a 'I Conferência sobre a História da Construção em Portugal: Alinhamentos e Fundações' que teve lugar em Lisboa em 2010; o 'Seminário da História da Construção Luso-Brasileira', ocorrido em Vitória do Espírito Santo-Brasil, em 2011; em 2012, em Coimbra, o workshop intitulado "História da Construção, Contributos para a Conservação", realizado no âmbito do 2.º Encontro Internacional sobre o Património de Origem Portuguesa; os Colóquios Internacionais "História da Construção" realizados, entre 2010 e 2013, na Universidade do Minho; e, mais recentemente, a "II Conferência História da Construção em Portugal: Consolidação de uma disciplina" realizado em Lisboa, já em 2015.

Num plano distinto, mas de inegável relevância, merece também referência a recente criação da Sociedade Portuguesa de Estudos de História da Construção (SPEHC), demonstrativa do interesse e do desenvolvimento que este campo do conhecimento vem conhecendo em Portugal, e que se espera venha a constituir uma base sólida para o impulso e divulgação de estudos centrados neste domínio.

O presente congresso pretende constituir um fórum de debate dos estudos mais recentes sobre a história dos processos construtivos, entre Portugal e o Brasil, nas suas múltiplas influências que passam igualmente pela Europa, a Ásia e a África. Ao eleger para tema do congresso a problemática das "CULTURAS PARTILHADAS", pretende-se ainda estender esta iniciativa a outras áreas geográficas, cujo cruzamento com a construção Luso-Brasileira é facilmente reconhecido.

Rui Fernandes Póvoas

João Mascarenhas Mateus

Presentación

En Septiembre de 2013 se realizó en el campus de la Universidad Federal de Espírito Santo en la ciudad de Vitoria – Espirito Santo, Brasil – la primera edición de este evento científico, con el objetivo de promover el desarrollo de la disciplina de la Historia de la Construcción Luso-Brasileña.

Contamos, en esta segunda edición, organizada por el Centro de Estudios de Arquitectura e Urbanismo da Universidad do Porto (CEAU-UP), con el apoyo de la Sociedad Portuguesa de Estudios de Historia da Construcción (SPEHC) profundizar y consolidar los progresos logrados en las acciones anteriormente realizadas en este ámbito, de que son ejemplos: la 'I Conferencia sobre la Historia de la Construcción en Portugal: Alineamientos y Fundaciones' realizada en Lisboa en 2010; el 'Seminario de la Historia de la Construcción Luso-Brasileña', llevado a cabo en Vitória do Espírito Santo - Brasil, en 2011; en 2012 Coimbra ha acogido el workshop 'Historia de la Construcción, contribuciones a la conservación', realizado en el ámbito del '2.º Encuentro Internacional sobre lo Patrimonio de Origen Portuguesa'; los Coloquios Internacionales 'Historia de la Construcción' llevados a cabo entre 2010 y 2013, en la Universidad de Minho (Portugal); y, más recientemente, la 'Segunda Conferencia de Historia de la Construcción en Portugal: la consolidación de una disciplina', celebrada en Lisboa, ya en el 2015.

Con innegable importancia, pero en otro plano, cabe mencionar la reciente creación de la Sociedad Portuguesa de Estudios de Historia da Construcción (SPEHC)" mostrando el interés y el desarrollo que esta área de conocimiento tiene en Portugal, y, como se espera, constituya una base sólida para el impulso y difusión de los estudios en este campo.

El presente congreso tiene como objetivo proporcionar un fórum de discusión de los estudios más recientes sobre la historia de los procesos de construcción entre Portugal y Brasil, en sus múltiples influencias que también pasan por Europa, Asia y África. Eligiendo como tema del Congreso las "CULTURAS COMPARTIDAS", tenemos la intención de ampliar aún más esta iniciativa a otras áreas geográficas, cuya intersección con la construcción luso-brasileña es fácilmente reconocida.

Rui Fernandes Póvoas

João Mascarenhas Mateus

Presentation

The first edition of this scientific event took place in September 2013, at Espírito Santo Federal University, in Vitoria – Espírito Santo, Brazil – aiming at the development of the discipline of Luso-Brazilian Construction History.

This second edition, organized by the Center for Studies in Architecture and Urbanism, University of Porto (CEAU-UP), with the support of the Portuguese Society for Studies on Construction History (SPEHC), wishes to consolidate the progress achieved in previous activities in this area, that are examples: the "First Conference on Construction History in Portugal: Alignments and foundations", that was held in Lisbon in 2010; the 'Seminar on Luso-Brazilian Construction History', held in Vitória do Espírito Santo, Brazil, in 2011; in 2012 Coimbra hosted the "History of Construction, Contributions to Conservation" workshop, integrated in the '2nd International Meeting on World Heritage of Portuguese Origin'; the International colloquia 'Construction History" carried out between 2010 and 2013 at the University of Minho, (Portugal); and, more recently, the "2nd Conference on Construction History in Portugal. Consolidating a discipline" was held in Lisbon, in 2015.

With undeniable importance but on a separate plan, it is also worth to mention the recent creation of the Portuguese Society for Studies on Construction History (SPEHC), reflecting the interest and the development that this field of knowledge is experiencing in Portugal. It is also expected that this effort can contribute to the creation of a solid base for the promotion and dissemination of studies focused in this area.

This congress aims to be a forum for discussion of the most recent studies on the history of constructive processes, between Portugal and Brazil, in its many influences that also pass through Europe, Asia and Africa. Electing as Congress theme the subject of "SHARED CULTURES", we intend to further extend this initiative to other geographical areas, whose intersection with Luso-Brazilian construction is easily recognized.

Rui Fernandes Póvoas

João Mascarenhas Mateus

Comissão Organizadora

Coordenadores
Rui Fernandes Póvoas (**CEAU/FAUP**)
João Mascarenhas Mateus (**CIAUD/FAUL**)

Clara Pimenta do Vale (**CEAU/FAUP**)
Joaquim Teixeira (**CEAU/FAUP**)
Nelson Pôrto Ribeiro (**UFES**)
Rui Tavares (**CEAU/FAUP**)
Teresa Cunha Ferreira (**CEAU/FAUP**)

Secretariado
Maria Rodrigues (**CEAU/FAUP**)
Carolina Medeiros (**FAUP**)
Filipa Baltazar

Design Gráfico
Juliana Costa
Carlos Gonçalves

Comissão Científica

Coordenadores
Mário Mendonça de Oliveira (**UFBA**)
José Aguiar (**CIAUD/FAUL**)

Ana Cardoso de Matos (**UÉvora**)
Aníbal Guimarães Costa (**UAveiro**)
Antonio Becchi (**MPIHS**)
António Sousa Gago (**IST**)
Arnaldo Sousa Melo (**ICS/UMinho**)
Beatriz Mugayar Kühl (**USP**)
Beatriz Siqueira Bueno (**USP**)
Bill Addis (**CHS**)
Clara Pimenta do Vale (**CEAU/FAUP**)
Domingos Tavares (**CEAU/FAUP**)
Eduarda Vieira (**EA/UCP**)
Francisco Barata (**CEAU/FAUP**)
Günter Weimer (**UFRGS**)
Hélder Carita (**FCSH/UNL**)
Helena Cruz (**LNEC**)
Inês Amorim (**CITCEM/FLUP**)
João Mascarenhas Mateus (**CIAUD/FAUL**)
João Pedro Xavier (**CEAU/FAUP**)
João Vieira Caldas (**IST**)
Joaquim Teixeira (**CEAU/FAUP**)
Jorge Tiago Queirós da Silva Pinto (**UTAD**)
José António Bandeirinha (**FCTUC**)
José Raimundo Mendes da Silva (**FCTUC**)
Júlio Appleton (**IST**)
Lúcia Rosas (**FLUP**)
Madalena Cunha Matos (**FAUL**)
Manuel Luís Real (**CITCEM**)
Manuel Matos Fernandes (**FEUP**)
Maria do Carmo Ribeiro (**ICS/UMinho**)
Maria Grazia d'Amelio (**URTV**)
Maria Lúcia Bressan (**USP**)
Maria Manuel Oliveira (**EA/UMinho**)
Maria Paula Diogo (**FCSH-UNL**)
Maria Ramalho (**DGPC**)
Marta Oliveira (**CEAU/FAUP**)
Maurizio Berti (**UniLúrio**)
Nelson Pôrto Ribeiro (**UFES**)
Paulo B. Lourenço (**DEC/UMinho**)
Paulo Cruz (**EA/UMinho**)
Pedro Alarcão (**CEAU/FAUP**)
Robert Carvais (**CNRS**)
Rosário Veiga (**LNEC**)
Rui Fernandes Póvoas (**CEAU/FAUP**)
Rui Tavares (**CEAU/FAUP**)
Santiago Huerta (**SEHC**)
Soraya Genin (**ISCTE**)
Teresa Cunha Ferreira (**CEAU/FAUP**)
Vítor Cóias (**GECORPA**)
Vladimir Benincasa (**UNESP**)
Xavier Cortés Rocha (**UNAM**)

Organização e Apoios

ORGANIZAÇÃO

U.PORTO
UNIVERSIDADE DO PORTO
FACULDADE DE ARQUITECTURA
CENTRO DE ESTUDOS DE ARQUITECTURA E URBANISMO
CEAU

ALTO PATROCÍNIO

COM O ALTO PATROCÍNIO DE SUA EXCELÊNCIA
O Presidente da República

CO-FINANCIAMENTO

FCT Fundação para a Ciência e a Tecnologia
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CIÊNCIA

COMPETE 2020
PORTUGAL 2020
UNIÃO EUROPEIA
Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional

U.PORTO
Santander UNIVERSIDADES
FUNDAÇÃO CALOUSTE GULBENKIAN | 60 ANOS

APOIOS

AOF augusto de oliveira ferreira & co sgps
3M2P Construção e Reabilitação de Edifícios, Lda.
Padaria Ribeira

APOIOS INSTITUCIONAIS

REPÚBLICA PORTUGUESA
CULTURA
PATRIMÓNIO CULTURAL
spehc. Sociedade Portuguesa de Estudos de História da Construção
ORDEM DOS ARQUITECTOS SECÇÃO REGIONAL DO NORTE
ORDEM DOS ENGENHEIROS REGIÃO NORTE
FUNDAÇÃO MARQUES DA SILVA
ICOMOS COMISSÃO NACIONAL PORTUGUESA
CiAUD FACULDADE DE ARQUITETURA
FACULDADE DE ARQUITETURA UNIVERSIDADE DE LISBOA
U LISBOA | UNIVERSIDADE DE LISBOA
Consulado Geral do Brasil no Porto

APOIOS À DIVULGAÇÃO

CONSTRUÇÃO MAGAZINE
ROOF IN & OUT MAGAZINE

APOIO AO PROGRAMA CULTURAL E SOCIAL:

AMTC Associação para o Museu dos Transportes e Comunicações

Temas e Subtemas

1 – MATERIAIS E TÉCNICAS DE CONSTRUÇÃO

- Matérias-primas, processamento e aplicação;
- Construção pré-industrial (pedra, materiais cerâmicos, madeira, terra, ferro, etc.);
- Construção industrial (aço, betão, vidro, novos materiais, etc.);
- Obras públicas e território (pontes, estradas e obras hidráulicas);
- Obras militares;
- Construção antissísmica.

2 – ORGANIZAÇÃO DA ATIVIDADE DA CONSTRUÇÃO E SOCIEDADE

- Máquinas, equipamentos e utensílios;
- Organização dos estaleiros;
- Profissionais e artífices da construção;
- Economia e direito da construção.

3 – DISSEMINAÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO E TÉCNICO

- Literatura técnica (manuscritos, publicações, iconografia, representação) e formação dos construtores;
- Inovação, trocas e controvérsias científicas e técnicas;
- Gestão, códigos e regulamentos da construção.

4 – O ESTUDO DA HISTÓRIA DA CONSTRUÇÃO

- Problemas de método;
- Fontes: edifícios, documentos, etc.;
- Relações com outras disciplinas.

5 – CULTURAS PARTILHADAS

- Import/export: materiais, técnicas conhecimento, experiências;
- O desafio da diferença: clima, materiais, cultura e tradição construtivas;
- Circulação de arquitetos, engenheiros, materiais e mão-de-obra especializada.

Sumário

VOLUME 1
APRESENTAÇÃO/ PRESENTACIÓN/ PRESENTATION

PÁG.

SESSÕES PLENÁRIAS

3 John Carr, um Neopalladiano no Porto
Tavares, Domingos

17 La Ciencia Medieval de las Estructuras
Huerta, Santiago

33 How Can Law Strengthen and Explain Construction History?
Carvais, Robert

43 L'architettura Scolpita di Giovan Lorenzo Bernini
Il Cantiere del Baldacchino Di San Pietro (1624-1633)
D'Amelio, Maria Grazia

61 Some Reflections on Construction History and How it May Develop
Addis, Bill

75 Uma Espreitada na Memória da Construção em Concreto
Oliveira, Mário Mendonça de

MATERIAIS E TÉCNICAS DE CONSTRUÇÃO

91 Abobadilha Alentejana
"Características e Processos Construtivos"
Rei, João; Sousa Gago, António

105 Arcos e Pés-direitos
"Regras de Dimensionamento na Tratadística"
Rei, João; Sousa Gago, António

119 Panorama Da Produção de Obras em Terra Crua com
Design Contemporâneo nos Últimos *60 anos no Brasil*
Pinheiro, Levi; Rangel, Bárbara; Guimarães, Ana; Silva, Adeíldo

PÁG.

129 A evolução Construtiva da Igreja do Convento de Vilar de Frades.
Abordagem preliminar do corpo seiscentista
Pereira, António; Ribeiro, Maria do Carmo

143 Arquitectura, Materiales y Mercados en Andalucía (S.XIX)
Palomares Alarcón, Sheila

153 Caracterização de Revestimentos de Edifícios Galardoados com o Prémio Valmor de Arquitetura (1902 a 2002)
Almeida, Luís; Santos Silva, António; Mirão, José; Veiga, Maria do Rosário

163 Building the Defenses
The Constructions Sites of the Fortifications of Trapani and Palermo in the First Decades of 16th Century
Garofalo, Emanuela; Vesco, Maurizio

177 Um Capítulo na História da Arquitetura e da Construção Escolar Pública no Brasil:
A Experiência da CARPE
Silva, Geraldo Ângelo A.; dos Santos, Roberto E.

191 A Intervenção no Património Monumental.
Dificuldades e Desafios
Costa, Aníbal; Dias, Adalberto

203 A perda de Valor Patrimonial Associada à Falta de Conhecimento
Costa, Aníbal; Tavares, Alice

215 As Prescrições Técnico-Construtivas de Casimir Tollet para a Ventilação dos Espaços Hospitalares
Hospital ultramarino de Cabinda
Serrano, Inês; Moreira, Anabela

227 A Construção Luso-Brasileira em Período de Transição da Indústria
Tavares, Alice; Costa, Aníbal

241 Acontecimentos Precursores da Criação da Gaiola Pombalina e Construção Mista com Madeira.
Tavares, Alice; Costa, Aníbal

255 Arquitectura dos Anos 60 em Portugal como Paradigma de Sustentabilidade:
Construção Artesanal Versus Industrial
Santa Rita; João Manuel

269 Metodologias de Intervenção no Património Edificado.
Casos de Obra
Costa, Aníbal; Valentim Lopes, Nuno

281 A Evolução das Alvenarias da Região Centro de Portugal e o Comportamento Higrotérmico
Tavares, Alice; Vicente, Romeu; Mendes, Carlota;
Costa, Aníbal; Fonseca, Jorge

PÁG.

291 A construção dos que Regressam do Brasil no Século XIX
(para o Centro e Norte de Portugal)
Tavares, Alice; Costa, Aníbal; Vicente, Romeu; Fonseca, Jorge

305 Madeiras de Construção do Período Colonial na Bahia
Uso, Exploração, Venda, Destinação e Identificação das Espécies
Cerqueira, Karina Matos de Araújo Fadigas; Oliveira, Mário Mendonça de

319 Estudos e Registros de Ladrilhos Hidráulicos na Cidade de São João Del-Rei, Minas Gerais, Brasil
Martins, Mateus de Carvalho; Sousa, André Luís Santos

331 Saberes da Terra – Tons dos Solos:
Estudos, Produção e Avaliação de Tintas a Base de Solo na Cidade e Região de São João Del-Rei, Minas Gerais, Brasil
Martins, Mateus de Carvalho; Andrade, Roberta Aparecida de

343 Azenhas do Ave
História, Território e Arquitetura Aquática-Fluvial
Matos, R. Bruno; Barata, Francisco

357 Inserção, Abandono e Restabelecimento da Arquitetura e Construção com Terra no Brasil
Joaquim, Bianca dos Santos; Hijioka, Akemi; Lopes, João Marcos de Almeida

371 O uso do Bambu como Material Construtivo:
Da Arquitetura Popular Paulista à Arquitetura como Campo Disciplinar
Radaik, Carlos Eduardo; Lopes, João Marcos de Almeida

383 Formulações de Argamassas de Cal com Adições:
Técnicas Tradicionais de Confecção e Aplicação
Magalhães, Ana Cristian; Muñoz, Rosana

399 Aspectos Construtivos e Formais da Torre de Belém
Quinta, Ana Luísa

413 O surgimento da Tipologia dos Edifícios "De Placa" em Lisboa
Marques, A. I.; Veiga, Maria do Rosário; Candeias, P. X.; Ferreira, J. P.

425 Coberturas Tradicionais a Quatro Águas e a Questão dos Telhados Múltiplos
Sarrazola Martins, João; Sousa Gago, António

443 Impermeabilizante de Paredes à Base de Alcatrão.
História, Técnica e Desempenho
Mariz, Luís

455 Azulejo Oitocentista no Porto e em Vila Nova de Gaia
Fabrico e Inovação no Século XIX
Mariz, Luís

PÁG.

469 Do restauro à Conservação do Património Arquitectónico Medieval Português
Os Sistemas Construtivos Empregues na Igreja de S. Salvador de Travanca
Malheiro, Miguel; Costa, Aníbal

481 As Abóbadas de Combados da Sé de Braga e da Igreja do Convento de Jesús de Setúbal
Genin, Soraya M.

493 Arquiteturas de Falsa Cúpula na Região Transfronteiriça Gerês/Xurés
Enquadramento e Caracterização Construtiva
Barros, Fernando C.; Barroso, Carlos E.; Riveiro, Belén; Oliveira, Daniel V.; Ramos, Luís F.; Lourenço, Paulo B.

509 A cortiça na Construção:
Sistemas Construtivos Tradicionais
Silva, Joana Guerreiro; Vale, Clara Pimenta do

519 A introdução dos Transformados Derivados de Cortiça na Construção Portuguesa
Entre os Ecos do Estrangeiro e a Implementação Nacional
Vale, Clara Pimenta do; Silva, Joana Guerreiro

531 **ÍNDICE DE AUTORES**

VOLUME 2
APRESENTAÇÃO/ PRESENTACIÓN/ PRESENTATION

PÁG.

ORGANIZAÇÃO DA ATIVIDADE DA CONSTRUÇÃO E SOCIEDADE

537 Os Profissionais Portugueses na Capitania de Minas Gerais: as Relações Profissionais, no Universo da Construção, na Primeira Metade do Século XVIII
Urias, Patrícia

545 El Proceso Constructivo de la Vivienda Colectiva en el País Vasco Durante la Época del Desarrollismo (1960-75)
Lizundia, Iñigo; Etxepare, Lauren; Sagarna, Maialen; Uranga, Eneko Jokin

559 Os Contratos de Trabalho e de Empreitada nos Estaleiros de Construção Régios Portugueses nos Séculos XV e XVI
Melo, Arnaldo Sousa

567 Aspectos da Construção do Espaço Religioso no Século XVIII em Minas Gerais, Brasil
Melo Miranda, Selma

579 Perduração de Culturas Construtivas Tradicionais em Tempos de Progresso.
História da Construção em Portugal na Década de 1950
Mascarenhas-Mateus, João

593 A Primeira Idade de Ouro na Construção da Rede de Telecomunicações em Portugal
Da Regeneração à Implantação da República
Santos, Inês Moreira dos; Vale, Clara Pimenta do

DISSEMINAÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO E TÉCNICO

605 Instrumentos Matemáticos e sua Utilização no Campo da Construção
Análise de Três Tratados Portugueses Setecentistas
Rocha, Ricardo

617 Camadas de História:
Um Exemplar do Guia do Engenheiro de Mousinho de Albuquerque
Rocha, Ricardo

627 De Ratione Aedificiorum e a Implementação do Sistema Jesuíta de Licenciamento de Edifícios (Séc. XVI – XVIII):
O Caso do Colégio de Santarém
Gato de Pinho, Inês

641 D. Pedro II e o Impulsionar das Fortificações em Portugal, Angola e Brasil:
Regimentos e Aulas de Fortificação
Sousa, Ana Teresa de

PÁG.

653 O Papel da Engenharia Civil na Modernização da Cidade Brasileira na Segunda Metade do Século XIX:
O Caso de Vitória – Espírito Santo
Ribeiro, Nelson Pôrto

663 The 1935 'Regulamento de Betão Armado' CODE:
Technological, Ideological, and Cultural Implications
Delgado, João Paulo; Pinto, Paulo Tormenta

677 Técnicas Construtivas Históricas do Casario da Rua do Catete (Rio de Janeiro)
e Algumas Reflexões Sobre Preservação
Melo, Carina Mendes dos Santos

691 Formação Profissional dos Trabalhadores da Construção Civil nos Séculos XX e XXI,
São Paulo, Brasil
O canteiro de Obras e a Emancipação Social
Barros, Francisco Toledo; Lopes, João Marcos de Almeida

703 Contributo da Normativa Histórica para a Concepção de um
Manual de Utilização e Manutenção da Casa Burguesa do Porto
Teixeira, Joaquim; Póvoas, Rui Fernandes

713 Uma Sinopse Estrutural na Era Da Poética Tectónica
Oliveira, Filipe X.; Mendes, Pedro

O ESTUDO DA HISTÓRIA DA CONSTRUÇÃO

727 O Museu de Engenharia Civil como Memória Da Evolução Tecnológica
Sampaio, Zita

737 An Outstanding Construction Process.
The Gulbenkian Foundation buildings (1959-1969)
Tostões, Ana

747 Vila Oscarina
A Construção Da Residência Luxuosa em Vitória no Início do Século XX
Diniz, Luciana Nemer

759 El tratado de Arquitectura Medidas del Romano
Y su Utilización en la Construcción de los Conventos Mexicanos del Siglo XVI
Terán Bonilla, José Antonio

773 Cadernetas de Campo da Comissão Construtora da Nova Capital:
Preservação Digital e Horizontes de Estudo
dos Santos, Roberto E.; Fialho, Thiago A.

PÁG.

787 Catedral Metropolitana de Campinas: o Emprego da Técnica de Taipa de Pilão em Construções de Grande Porte no Século XIX
O Problema da Conservação do Patrimônio Edificado.
Farah, Ana Paula; Cachioni, Marcelo

799 Arquitetura Solarenga Rural de Campos dos Goytacazes no Séc. XIX:
Uma Análise Histórica e Tipológica.
Chagas, Humberto Neto das; Ribeiro, Nelson Pôrto

811 O Léxico Construtivo Luso-Brasileiro nas Edificações do Patrimônio Arquitetônico da UFRJ
Borde, Andréa de Lacerda Pessôa; Bellinha, Paulo Roberto Tavares

823 Tipologias Construtivas dos Forros em Estuque Oitocentistas Luso-Brasileiros.
Silva, Larissa; Carrasco, Edgar; Vieira, Eduarda

837 O Claustro do Mosteiro de Santa Clara-A-Nova de Coimbra
Estudo Arquitectónico do Sistema Hidráulico Implementado com a Reforma Barroca
Tavares, Pedro; Salema, Sofia; Pereira, Fernando Baptista

849 Sistemas Auxiliares para la Construcción de las Bóvedas Europeas en el Gótico Primitivo:
Características y Evolución
Maira Vidal, Rocío

861 El Tribunal del Santo Oficio en la Ciudad de México
El arquitecto Pedro de Arrieta y las Sucesivas Adaptaciones del Edificio
Cortés Rocha, Xavier

873 Utilizações Construtivas da Cortiça na Arquitetura Tradicional Portuguesa
Ferreira, Rui Fontes

881 Telhados de Tesoura e Práticas Construtivas na Goa do Século XVI a XVIII:
Os Livros de Obra da Câmara de Goa
Carita, Helder

895 Permanências de Técnicas e Partidos Arquitetônicos Tradicionais em Santana do Manhuaçu, MG
Benincasa, Vladimir; Alves, Ueslei Domingos

909 Tipologia Arquitectónica dos Conventos Franciscanos Portugueses e Brasileiros:
Análise dos Casos de Estudo - Complexo do Seminário Dos Missionários Apostólicos de Vinhais (Portugal) e os Conventos Franciscanos de Olinda, e Sergipe (Brasil)
Pires, Helena; Vieira, Eduarda; Afonso, J. Ferrão

921 Entre Arquitetura e Natureza
Aspectos da Construção de Núcleos Urbanos Lusobrasileiros
Oliveira, Roseline, Flávia Cerullo

PÁG.

935 Edifícios Habitacionais Modernistas na Cidade de Tomar e
os seus Executantes entre os Anos 30 e 60 do Século XX
Moreira, Anabela; Serrano, Inês

949 Último Exemplar da Arquitetura Colonial Portuguesa na Cidade de Curitiba.
Uma Análise da Casa "Romário Martins".
Camargo, Arildo; Marcos, Micheline; Miranda, Antonio

CULTURAS PARTILHADAS

961 Contributos de Alfredo de Andrade (1839-1915) para a História da Construção,
entre Itália e Portugal:
«Memórias Arqueológicas»
Ferreira, Teresa Cunha

971 Aspetos Bioclimáticos da Arquitetura Popular Portuguesa
Mascarenhas, Jorge; Belgas, Lurdes; Branco, Fernando G.

983 Da Azáfama da Partilha à Transmutação da Terra
- A Construção da Casa Bandeiristano no Brasil Colonial (1500-1822)
Costa, André; da Silva, Ana

997 Do Lioz à Pedra-Sabão
Portais Barrocos no Espaço Luso-brasileiro
Pereira Coutinho, Maria João

1009 Flexibilidade na Habitação:
Um Estudo Comparativo Cultural
De Paris, Sabine Ritter; Lacerda Lopes, Carlos Nuno

1019 A Casa Rural Luso-Brasileira em Santa Catarina: Materiais e Técnicas Construtivas
Santos, Fabiano Teixeira dos

1031 As Obras de Saneamento e o Traçado Das Primeiras Avenidas em Lourenço Marques
Franco de Mendonça, Lisandra

1045 História da Arquitetura / História da Construção / Construção de Cultura:
Uma questão de Método
Lopes, João Marcos de Almeida

1057 A história da Construção e a Formação de Arquitetos Restauradores Brasileiros:
Notas Sobre a Contribuição dos Cursos de Especialização Italianos nas Décadas de 70 e 80
Freitas, Pedro Murilo Gonçalves de; Tirello, Regina Andrade

1071 Fernando Távora.
El Objeto Construido desde la Tectónica de la Construcción Tradicional y la Influencia de Ultramar
Fernández Rodríguez; Luisa María

1085 Influências do "Brasil Moderno" na Arquitectura Portuguesa do Pós Segunda Guerra
O Bairro dos Ourives em Gondomar
Castro, Caio Alexandre Maronese Rodrigues de; Tavares, Maria

PÁG.

1097 Dos Mucambos aos Bairros de Lata:
Um Olhar Transatlântico
Inglez de Souza, Diego B.

1109 As Palafitas do Rio Anil:
Memória de uma Cultura Construtiva em Vias de Erradicação
Silva, Joana; Kapp, Silke

1121 Modernidade, Progresso e Permanência:
Infraestruturas de Arquitetura Moderna na Antiga Província Ultramarina de Moçambique
Miranda, Elisiário

1135 Desenho e Identidade
Mário Bonito: Prédio de Rendimento em Aires Ornelas, Porto
Casal Ribeiro, Helder

1145 A Arquitectura Moderna Portuense e a Evolução dos Sistemas Construtivos:
Algumas Notas a Partir da Obra de Arménio Losa e Cassiano Barbosa
Neves, António

1157 A Mobilidade Dos Engenheiros e a Transferência de Tecnologia
Ligada com as Obras Públicas e o Caminho-De-Ferro (século XIX)
Cardoso de Matos, Ana

1169 Arquitetura Moderna em Belém (PA):
As Principais Obras de Milton Monte
Maciel, Patrícia de Lima; Tavares, Rui

1179 As Ruínas da Matriz da Jaguara e a Igreja Inacabada do Rosário dos Pretos em Sabará:
Estudo Sobre o Uso de Estruturas Mistas na Arquitetura Religiosa
Mineira da Segunda Metade do Século XVIII
Dangelo, André Guilherme Dornelles, Brasileiro, Vanessa Borges

1189 A Propagação do Betão Armado em Portugal e as Primeiras Indústrias de Cimento do País.
Licordari, Mariangela

1203 Filippo Terzi and 16th-Century Architecture in Italy and Portugal:
Research Traditions and New Perspectives
Grimoldi, Alberto; Ferreira, Teresa Cunha; Landi, Angelo

1219 Fortalezas Transfronteiriças do Rio Minho
Paupério, Esmeralda, Ribeiro dos Santos, Maria Helena, Costa, Aníbal

1233 Habitação urbana no interior do Brasil entre tradição e modernidade
Quatro estudos de caso no Estado de Goiás
Palazzo, Pedro Paulo, Lemos, Rubiana Cardoso Campos

1245 **ÍNDICE DE AUTORES**

SESSÕES PLENÁRIAS

John Carr, um Neopalladiano no Porto

Tavares, Domingos[(1)*]
[(1)]*domingos@dafne.pt*
[*]Centro de Estudos de Arquitectura e Urbanismo,
Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto

RESUMO

A perfeição clássica do projecto de John Carr e as condições da aplicação daquela arquitectura no terreno concreto e na cultura da cidade.

Palavras-chave: John Carr; neopalladianismo; arquitectura hospitalar.

Está na imperfeição do entendimento comum de cidadãos de uma época precisa, a nossa, olhar para as coisas do passado com os olhos do presente. Talvez, por isso, se possa compreender porque os portuenses encaram com relativa reserva a qualidade arquitectónica da obra inacabada do Hospital Geral de Santo António, que a iniciativa almadina quis que fosse, no Porto, a obra simbólica de uma nova cultura urbana representando a revolução pombalina. Marcada pela forte pressão da comunidade inglesa instalada no negócio dos vinhos finos, foi coisa natural chamar um arquitecto da vanguarda britânica para riscar o projecto. Afinal, o discurso neoclássico muito estimado na Inglaterra representava a expressão de uma burguesia urbana em forte expansão, capaz de marcar a diferença face ao barroco de representação do poder religioso há muito instalado na cidade. Na criação do bairro monumental da Cordoaria, foco da expansão ocidental da cidade, impunha-se uma linguagem de ruptura.

O projecto de John Carr chegou ao Porto, devidamente instruído, mas desacompanhado do seu autor ou de delegado profissional que se pudesse encarregar das circunstâncias locais para a implantação no terreno do edifício planeado. Carr era um homem de negócios, filho e neto de construtores, fortemente arreigado aos padrões de vida do norte e centro de Inglaterra onde mantinha o seu círculo de relações sociais e políticas sem nunca se aproximar da comunidade profissional de Londres (Colvin 1978, pp.217-226). Se acrescentarmos que o arquitecto de York estava fortemente envolvido na actividade cívica e de gestão do município de York, compreende-se que não se tenha sentido motivado a viajar para Portugal, apesar da importância que parece ter dado à excepcional encomenda que acabara de receber para projectar um grande hospital, por intermédio de um amigo da família, o pároco anglicano da comunidade inglesa do Porto. Era um passo importante na carreira, um programa novo e financeiramente muito estimulante.

Para nos colocarmos numa posição de avaliação crítica da arquitectura setecentista que nos chegou, importa aferir as variantes que assumimos como conceito actual da arte de pensar e inventar a construção do espaço social que nos rodeia e compreender as diferenças culturais e de circunstância

que nos separam por quase dois séculos e meio. Antes de mais, entender o distanciamento por presunção de superioridade dos habitantes do império dominador do mundo, a quem competia enviar informação de modernidade aos povos sob sua dependência, ainda que só sob a forma de comércios, vendendo o saber e o algodão e comprando os vinhos que afinal também já lhes pertenciam. Não foi por acaso que a chamada de um arquitecto de mérito reconhecido no seu país se deveu aos bons ofícios do cônsul britânico no Porto, então amigo e colaborador interessado do governador da cidade. Importava, acima de tudo, produzir um testemunho da mudança, acreditando na acção transformadora de um desenho de ruptura.

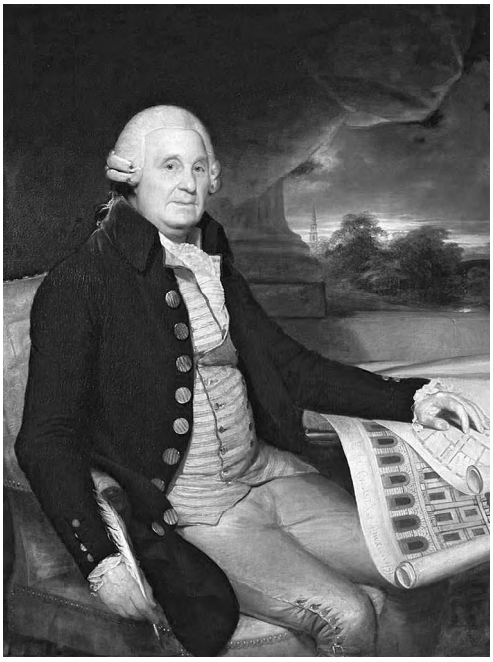


Fig. 1 - John Carr, de York, insere-se na segunda geração dos neoclássicos ingleses actuando a partir da década de 1750, que tomou a lição de Andrea Palladio como guia de concepção formal.

O desconhecimento do terreno, ausência de avaliação das condições do lugar ou identificação das envolventes numa lógica de crescimento urbano e do estabelecimento de continuidades culturais e formais, informação vaga sobre custos e programa, eram tudo matérias que se apagavam perante a ideia do monumento colocado acima das pequenas realidades tomadas como de importância secundária. O conceito moderno de arquitectura procura afastar-se desta visão totalitária da obra, para integrar tópicos de reflexão como os que aqui se afirma terem sido ignorados, mesmo reconhecendo a volubilidade de muitos dos enunciados de partida. De que resulta, também, a afirmação dos valores perenes levantados pelo reconhecimento da história da arquitectura, assumindo a história da construção, das técnicas e dos materiais que a suportam como parte integrante dessa história. Um conjunto de inquietações que balizam a invenção das formas arquitectónicas e não podem ser lidas na intenção projectual de John Carr.

Para além da contradição evidente entre a corrente iluminista na versão importada de Inglaterra e as melhores práticas hoje em vigor entre os arquitectos modernos, há que reconhecer o edifício do Hospital Geral de Santo António como um dos mais importantes exemplos da arquitectura neopalladiana produzida fora das ilhas britânicas. Sem atender às expectativas da Mesa da Misericórdia, que esperava uma proposta apoiada nas instruções enviadas pelo provedor para York por intermédio do reverendo pároco anglicano, Carr fez questão de notar que não recebera em tempo útil as necessárias instruções. Mas afirmou que já concebera mais hospitais e edifícios grandiosos do que qualquer pessoa em Inglaterra, executando um plano capaz de juntar a utilidade à aparência.[1] Sendo admissível que o trabalho tenha sido admirado pelo seu rei e muitos nobres, dado o carácter inovador do desenho proposto, nada

[1] *Cartas de John Carr dirigidas ao provedor da Misericórdia, citadas e traduzidas por (ALVES 1988, Vol I pp. 138-140).*

Fig. 2 - John Carr imaginou para o Porto um dos mais interessantes exemplos da corrente neopalladiana fora de Inglaterra. Um grande hospital moderno, atento ao programa iluminista e capaz de oferecer uma poderosa imagem urbana.

era verdade quanto às experiências anteriores, onde não constava qualquer obra desta dimensão.

Quando Carr realizava o projecto para o hospital, entre Março e Julho de 1769, corria entre os liberais e uma larga aristocracia do campo, com forte expressão no norte e no oeste de Inglaterra, a elegante moda do estilo palladiano impulsionada desde o início desse século pelo livro de Collen Campbell *Vitruvius Britaniccus*. Integrado na segunda geração deste movimento (SUMMERSON 1993, pp.342-345), começou a projectar residências palacianas no final dos anos quarenta, tomando como modelo Holkham Hall, de William Kent, ou Wentworth Woodhouse, de Henry Flitcroft, a sul de York, ambos de 1735. O primeiro trabalho significativo neste domínio foi Harewood House, de 1758, que serviu de tema para as fachadas desenvolvidas no projecto para o Porto. Nos anos seguintes desenvolveu acção projectual sobretudo em residências e instalações municipais e, quando recebeu essa maior encomenda para o Porto estava a trabalhar no Leeds Infirmary, primeiro trabalho na área da saúde, na versão original de reduzidas dimensões (Wragg 2000, pp. 33, 172-173).

John Carr, hábil construtor de York, ter-se-á apercebido do risco que corria ao desenvolver um desenho cuja execução não iria acompanhar. Adoptou uma estratégia adequada à situação, "indicando minuciosamente as dimensões de todas as suas partes e de tal modo espero que os operários não possam cometer quaisquer erros materiais na sua execução. Não obstante tais precauções, desejo poder mandar aos operários um espécime de qualquer das suas partes ampliadas quando de tal tiverem necessidade".[2] Num outro sentido, ignorando de facto as condições objectivas do lugar onde o edifício viria a ser instalado, optou por uma solução arquitectónica de neutralidade absoluta no que se refere às lógicas de referenciação urbana. Imaginou uma plataforma horizontal sem contexto, colocando sobre o plano um objecto abstracto, portador de uma linguagem autónoma inserida na moda inovadora de imitar Andrea Palladio, como se fora uma imensa Villa Rotonda de quatro faces iguais.

Palladio explica que a sua Villa Rotonda, em Vicenza, se implantou no cimo de uma colina beneficiando de belas vistas para todos os lados, de tal modo que optou por criar *loggias* servidas por escadaria e pórtico nas quatro faces iguais (Palladio 1570, L.II p. 49). Optou por um critério de neutralidade, lembrando a concepção universalista de Donato Bramante quando quis reconstruir a Basílica de São Pedro de Roma sem direcção preferencial, peça autónoma, independente de orientações canónicas. Carr queria uma arquitectura capaz de oferecer margem de escolha para ser colocada a gosto em lugar que conviesse, ao critério dos decisores locais. Ainda assim, teve de se sujeitar à ideia de oferecer a prioridade de um eixo de simetria sobre o seu ortogonal. A ideia de colocar uma igreja monumental no centro do grande pátio obrigava-o a marcar uma direcção de entrada por oposição ao altar do templo. Por outro lado, ao desenhar torreões nas esquinas para

[2] *Carta de John Carr, citadas e traduzidas por (ALVES 1988, p.140).*

fechar os alçados, pareceu-lhe excessivo duplicar os pórticos secundários em faces não opostas.

Carr não se guiou por outros hospitais ingleses. A referência mais clara quanto à organização em planta é a dos esquemas do Renascimento saídos das experiências desenvolvidos na Lombardia. Trata-se de uma concepção de base geométrica regular, em quadrado, abrindo enorme pátio central. Colocava-se acima de qualquer consideração sobre a cultura edificatória do país e tomava os princípios clássicos no tratamento rústico das fachadas exteriores "conforme Palladio", na explicação do próprio. Era a pretensa cultura superior do povo colonizador exportando trabalho, sem cuidar de saber das conveniências particulares de cada caso ou das práticas decorrentes da opção adoptada. Tomou o modelo de um dos pátios de Antonio Averlino "Filarete" para o *Ospedale Maggiore* de Milão (Tavares 2014, p.70). Nessa época Milão discutia a possibilidade de acrescentar aos quatro pátios quadrados originais as restantes componentes previstas, juntando ao núcleo da igreja central o módulo simétrico destinado a mulheres.

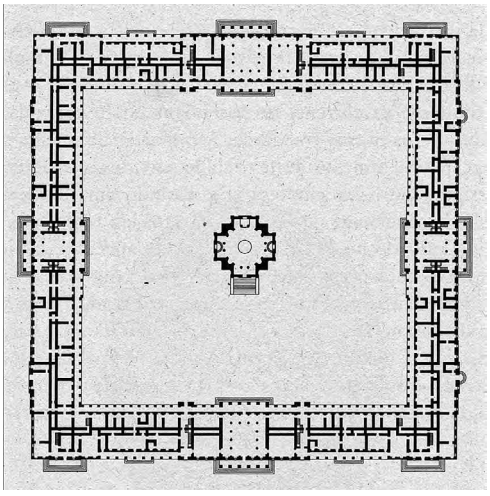


Fig. 3 - A edificação de um grande quadrado abrindo o pátio central, para ser colocado num extenso terreiro plano, sugere a opção maneirista de Giulio Romano no palácio de Mântua, mas liga-se melhor ao desenho do pátio central de Filarete.

Não seguiu o modelo do *Middlesex Hospital*, o mais recente e afamado exemplo então construído em Londres, da responsabilidade de James Paine. Este projecto teria sempre de constituir motivo de atenção porque, na linha de um certo praticismo característico da cultura britânica, revelava os aperfeiçoamentos técnicos que as ciências da saúde vinham introduzindo na organização das práticas médicas. Mas a expressão arquitectónica da obra de Paine, na linha neopalladiana então dominante, constituía mais um factor de distanciamento do que de aproximação ao espírito combativo de Carr, que via no colega actuante também no Yorkshire um concorrente promovido pelos intelectuais de Londres, em quem não reconhecia a elegância de traço e o equilíbrio formal dignos da lição de Palladio. O *Middlesex Hospital* era um bloco maciço onde a articulação formal e a regra da simetria não bastavam para superar a pouca sensibilidade à proporção e alguma frieza na marcação do estilo.

Na realidade, o arquitecto inglês foi buscar inspiração às fontes primárias, tomadas dos mais emotivos exemplos do renascimento italiano. A solução em quadrado fechado abrigando o amplo vazio central, oferecia-lhe quatro faces principais, neutralizando as problemáticas da inserção urbana, cujas condições desconhecia. Como Bramante, trabalhava a forma autónoma do objecto arquitectónico desenraizado sem direcção predominante, capaz de ser parcialmente observado de qualquer posição da envolvente sem perda de unidade e coerência clássica. Como Giulio Romano no *Palazzo del Te*, em Mântua, baixava a massa edificada estabelecendo a circulação interior perimetral por dentro dos volumes, numa lógica de sequências espaciais regradas pelo ritmo dos átrios de entrada ao meio de cada ala construída. E assim garantia

iluminação e ventilação para todas as enfermarias dispostas ao longo das fachadas, com benefício particular para as instalações viradas para o pátio, beneficiando de galerias de transição para o jardim.

Projecto tipicamente inglês inspirado no jogo clássico da experimentação mediterrânica, logo foi surgir como sinal inovador no longínquo ocidente europeu. A um neoclássico do sul de Portugal, com dificuldade de se libertar do decorativismo barroco, correspondia no norte do país a formulação depurada dos imitadores de Palladio, por sua vez imitador criativo da Roma do velho império. Repetia a extensão de cento e oitenta metros de Wentworth Woodhouse para cada face do edifício. Introduziu as janelas encimadas por frontões curvos e rectos destacando a alternância dos planos da composição. Como assinatura sobressai a "serliana", conhecida no país de Carr por janela de Palladio. Contrastando com a expressão rusticada do plano térreo, sobressai o trabalho perfeito dos pedreiros nos andares superiores, não só no afagamento e ligação geométrica das pedras, como na formação das molduras, na execução das balaustradas ou nas esculturas e vasos de definição das linhas de céu.

O corpo perimetral edificado apresentava em geral dois andares acima do nível do terreno de implantação da obra, havendo um terceiro pavimento apenas nos corpos centrais de cada ala do quadrado. Os volumes estendiam-se com uma largura de cerca de vinte metros, o que significava que para o amplo quadrado central livre onde instalava o jardim interior com o templo, restariam aproximadamente cento e quarenta metros de lado. As fachadas do pátio dispunham de uma arcada regular em todo o comprimento, apenas interrompido pelos pórticos interiores, abrigando as salas da inclemência do sol e garantindo a correcta ventilação das enfermarias. Outros cuidados técnicos foram indicados nas memórias escritas que acompanhavam o projecto, relacionados com a distribuição conveniente dos compartimentos, organização do sistema funcional, matérias de salubridade e drenagem, sempre beneficiando do largo vazio constituído sob a forma de claustro.

No centro do jardim deveria construir-se a igreja do hospital, um templo de planta em cruz grega sobre um pódio e com cúpula, em tudo semelhante à ideia de Filarete para o pátio maior do hospital de Milão. Previam-se mínimas variantes nos alçados iguais dois a dois, com pórticos de frontão nas quatro frentes reflectindo os quatro pórticos dos alçados interiores. Explorava a estranha ideia de Palladio para a *Villa Rotonda* que, por excepção, contrariava a ideia de fachadismo ordenador de frontalidades urbanas, que caracterizou toda a obra do mestre italiano. Mas para o templo propunha orientação preferencial por efeito da porta e escadório, por oposição à ábside do altar, alinhados pelo eixo de um dos pórticos exteriores do edifício principal. Pouco importava a fachada escolhida como principal, servindo aquela que melhor se adaptasse à circunstância urbana que viesse a ser encontrada. Coube à entidade local escolher o lado nascente, virado à cidade, como

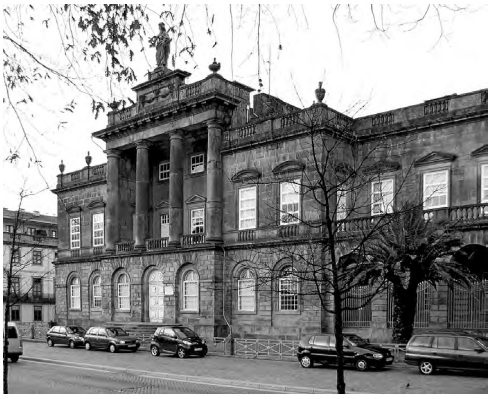


Fig 4 - A ala sul e a metade do sector nascente, com o torreão virado à Cordoaria, foram as partes concluídas até 1789.

a frente preferida e que acabou mesmo por ser a única executada.

Todo o projecto vinha criteriosamente detalhado, com indicações para a execução das paredes rústicas e divisão das pedras em todos os pés direitos, o que foi bem acolhido num espaço económico que edificava, por tradição, em granito, para a qual não faltavam artífices bem treinados. O processo era composto por plantas gerais dos pisos principais e plantas parciais, alçados exteriores e interiores, planificação da capela, além de desenhos de pormenorização construtiva. Formulação abstracta, previa a aplicação num terreno plano quando, na realidade, o sítio destinado ao hospital era bastante irregular e se apresentava com acentuados declives ligando duas margens de um ribeiro. A comunidade portuense sabia lidar com essas situações e tratou de beneficiar das singularidades da proposta, adaptando-a com sensibilidade e pragmatismo à topografia local, às condições materiais existentes, à dimensão possível e aos meios financeiros disponíveis. Usando o tempo de execução ao seu ritmo próprio.

Essa a razão porque o projecto se ficou pela metade. Mas, durante mais de cem anos, as autoridades portuenses não perderam a esperança de completar a realização da obra em conformidade com o projecto original. Superaram todas as crises do século XIX, desde a Guerra Peninsular com a queda da cidade do Porto para os franceses às ordens General Soult, até às dramáticas consequências do Cerco do Porto após a Revolução Liberal. Foi só no final de novecentos que a Mesa da Misericórdia se submeteu à ideia da impossibilidade de levar o projecto de Carr até ao fim, aprovando um projecto de conclusão das obras com uma nova formulação dos topos das alas laterais abdicando dos pórticos, e desistindo de uma solução com pórtico interior para o grande pátio, na posição oposta à entrada principal. O remate poente das alas foi redesenhado a menos de metade, bem como toda a arcaria virada para o jardim, executada seis metros acima do aterro do jardim, que foi tratada com protecções de peito sob forma de varandas.

O alçado nascente foi o único concluído, já no século XX, e mereceu cuidada conformidade com o projecto de Carr. Apresenta arcaria rústica no rés-do-chão e superfícies de granito aparelhado a pico fino formando planos de parede sobrepostos à base. Ao meio o grande pórtico de cinco vãos com colunas gigantes na ordem dórica, encimado por frontão triangular. Longo

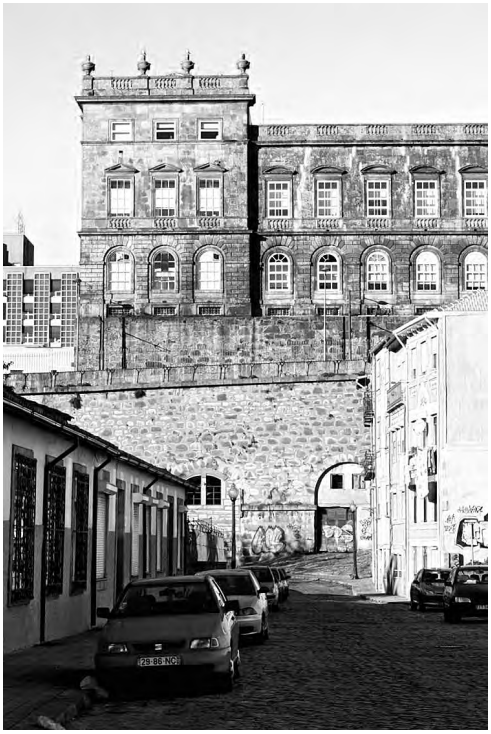


Fig. 5 - A decisão de estabelecer a cota do pátio interior cerca de cinco metros abaixo do andar principal, permitiu o aproveitamento de um andar não previsto abaixo do nível da rua, mas deixando os enormes paredões de fundação a descoberto.

de cento e oitenta metros, adopta o esquema em cinco partes, o mais apreciado na prática da arquitectura neopalladiana em Inglaterra. O bloco central ultrapassa a largura do pórtico nele contido. Fecha com dois corpos extremos sob a forma de torreões, com varanda colunada de três módulos mas com cornija recta. Os planos intermédios, mais baixos e discretos, repetem a arcaria rústica à frente de um alçado recuado. Pelo jogo dinâmico dos diferentes volumes acentuando o efeito de claro-escuro, ficou a marca de um neoclássico de delicadas proporções, que serviu de inspiração para outras obras realizadas por essa época no Porto.

No que se refere às condições de realização do grande projecto iluminista para o Hospital Central do Porto, verifica-se a extrema dependência das incidências políticas e militares que marcaram a história do país e, de algum modo, provocaram mudanças de planos e de ritmo na sua prossecução. É o caso da Viradeira que se seguiu à morte do rei José, em 1777, com a consequente queda do Pombalismo, provocando a interrupção das obras por um período de mais de dez anos. Também as invasões francesas, nomeadamente o saque e conquista do Porto que teve lugar em 1809, determinaram novo arrastamento dos trabalhos. A situação de intermitências atravessou as guerras liberais e a obra parou de vez em 1837. Faltavam o remate da ala sul, quase toda a ala norte, o pórtico e frontão do núcleo central, incluindo parte desta unidade virada ao pátio. Ainda se colocou a intenção de prosseguir a obra, mas uma tomada de posição do governo de Costa Cabral fechou definitivamente o assunto.[3]

A escolha do sítio para a localização do hospital que a cidade necessitava esteve envolvida em forte polémica e nem todas as razões ficaram devidamente esclarecidas. A primeira escolha apontava para o Campo de S. Lázaro, na vizinhança do Convento de Santo António. Local alto, bem ventilado, fora de portas, correspondia à ideia de uma relativa proximidade do centro, onde a sugestão de proximidade dos lázaros estava muito associada à tradição de um lugar para doentes. Depois foi invocada a dificuldade de obter um eficaz abastecimento de água, passando a opção para os terrenos junto à Cordoaria, igualmente bem ventilados, fora de portas, mas com melhores condições para obtenção de água e também não muito distante do núcleo urbano. Não se falará de interesses particulares de proprietários vizinhos, como fez Pinho Leal (1875, Vol. 5, p. 318), nem de critérios de política urbana como pareceria mais evidente, por força da estratégia montada por João de Almada para o desenvolvimento da cidade.

Entre Fevereiro e Abril de 1769 foram adquiridas propriedades agrícolas do Casal do Robalo, entre a Cordoaria e os Quartéis, delimitando uma cerca sobreposta ao ribeiro que corria para a encosta de Miragaia, designado Rio Frio. Na realidade a delimitação precisa do terreno não foi muito sensata, por se tratar de uma depressão acentuada no planalto por onde corriam águas formando uma fenda profunda em pântano de aluvião, com duas margens de acentuada pendente. Na parte nascente apareciam as orelhas do afloramento granítico principal sobre que assenta a cidade. Na parte contrária uma estrutura algo decomposta, com introdução de veios barrentos. A brutal diferença de cotas no interior da parcela iria provocar trabalhos e custos desmesurados para regularizar a base de assentamento do projecto (RIBEIRO 2012, p.117). Para piorar a situação, desta irregularidade não foi dado conhecimento ao projectista contratado, que imaginou um edifício extenso assente numa plataforma regular, bem nivelada.

[3] *O governo de Costa Cabral quis, então, tomar posse do edifício ainda por concluir, o que forçou a Mesa da Misericórdia a decidir fechar rapidamente a construção, desistindo de completar o projecto.*

Na posse do projecto a Mesa da Misericórdia tratou de acelerar os processos para a concretização da obra. Começou por nomear dois irmãos para o acompanhamento dos trabalhos e accionar a limpeza dos terrenos adquiridos. Com as primeiras demolições de muros e casas, foi pensando nivelar o terreno com recurso a entulhos de obras dispersas pela cidade. Abriu concurso para contratação de pedreiros e solicitou a intervenção do engenheiro militar Francisco Pinheiro da Cruz, director e primeiro responsável da Junta das Obras Públicas do Porto, para orientar os pedreiros na qualidade de inspector das obras. Pinheiro da Cruz era um técnico projectista com larga experiência, que trabalhara na reconstrução da Baixa Pombalina, no levantamento da Barra de Aveiro e dedicava larga participação nos planos de reorganização urbana da área dos Laranjais (Alves 1988, p.278). Para assumir esta nova tarefa tratou de montar a "casa do risco", ali concentrando os desenhos de John Carr e preparando eventuais peças complementares do projecto.

Neste arranque tomaram-se as primeiras medidas operativas para dar corpo ao projecto. Constatando a imensidão da tarefa, logo foi decidido começar pelo que mais interessava à Junta das Obras Públicas, que era a integração do novo edifício no quadro da reorganização ordenada da cidade antiga, seus subúrbios e equipamentos públicos (Nonell 2002, pp. 167 e 183). Os espaços de saída anexos ao exterior da Porta do Olival eram já um alvo preferencial da valorização do sector poente e o hospital constituía valor de interesse para a sociedade civil. Foi fácil perceber a potencialidade da fachada desenhada por Carr enquanto valor simbólico do pensamento iluminado, marcando uma frente urbana no alinhamento poente do campo da Cordoaria Nova, numa evidente intenção de limitar o recinto como novo centro da cidade. Mais tarde seria demolida parte da muralha para libertar a vista do Tribunal e Cadeia da Relação, articulando o lugar dos conventos da cidade alta com a dignidade monumental das instituições civis da sociedade moderna.

A obra iniciou-se pelo canto sudeste, em simultâneo com a decisão de estabelecer a cota do pátio interior cerca de cinco metros abaixo do andar principal. Isto permitiu o aproveitamento de um andar não previsto abaixo do nível da rua, deixando os enormes paredões de fundação a descoberto. A parte mais abrupta do terreno, onde se localizavam as alas, tornava mesmo inviável a execução dos pórticos com frontão ao meio desses alçados. O que não impediu a necessidade de montar enormes paredes de sustentação para manter o edifício do hospital lá bem no alto, numa cota aproximada da cidade nova que crescia por essa época fora dos limites do burgo medieval. Este procedimento pôs em evidência a vantagem de descer o nível do aterro destinado à regularização

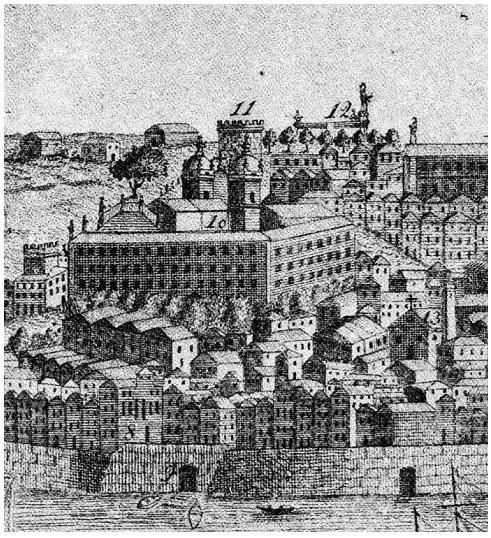


Fig. 6 - Extracto da vista geral da cidade do Porto de Teodoro Maldonado (1789), vendo-se já um terço construído da ala sul, com evidência para a estátua de Hipócrates orientada para a Cordoaria.

do pátio-jardim cerca de cinco metros abaixo da cota de soleira da rua por onde teria de se fazer o acesso principal. Justificou o aproveitamento de mais um andar em subsolo, em cave parcial, serviço preferencialmente pelo pátio. Esta solução acabou por melhorar a escala de conforto do recinto interior.

Foi estabelecida uma malha de drenagens e sua relação com o colector de passagem do rio, do qual se executou uma primeira parcela para permitir a implantação da ala sul. Estabeleceu-se uma cota de soleira do pavimento térreo em relação a um valor médio dos arruamentos fronteiros à fachada para o lado dos Conventos e da Cordoaria, resultando cerca de um metro acima da rua, como vinha recomendado no projecto de Carr. Mas, em matéria de construção, alguma coisa não ficou a bater certo, com atribuição de responsabilidades a Francisco Pinheiro da Cunha. Não passou de Abril de 1771 a colaboração deste técnico de reconhecido mérito, acusado de incompetente, autoritário, corrupto. Qual seria o verdadeiro motivo para esse despedimento? Perdeu o crédito junto da Mesa Administrativa da Misericórdia, mas continuou respeitado na direcção das Obras Públicas e junto do governador João de Almada e Mello, com quem trabalhou até 1779, com importantes intervenções na cidade.

Pinheiro da Cunha deve ter abusado da sua autoridade para adaptar o projecto às conveniências da execução. Não cumpriu os níveis previamente estabelecidos para o assentamento do sobrado do pavimento principal, baixando-o consideravelmente para poupar na altura das paredes e estruturas da cave. Foi também acusado de erros nas sapatas do esboçado torreão sul, onde a ala lateral estava a ser fechada, já sobre o aluvião. Por essa altura começaram a ser utilizadas grandes quantidades de tijolo proveniente da região de Aveiro para montagem de pilares e abóbadas desse primeiro pavimento. O material era transportado por barco até ao Rio Douro e dali era montado em carros de boi para subir até ao estaleiro, operação que significava custos elevados. Contra a lógica de utilização da pedra retirada ali ao lado da pedreira junto aos quartéis. Entretanto, a maior parte da pedra para as alvenarias e esquadrias veio do Monte Pedral, dois quilómetros a norte, utilizando-se lousa de Valongo para calçar a esquadria.

Pinheiro da Cunha foi substituído por Manuel Alves Martins, dito construtor, por ser pessoa com a inteligência da arquitectura para dirigir a obra mas também para desenhar, naquilo que fosse necessário para a condução dos trabalhos. Tomou o controlo da Casa do Risco e conservou o posto por seis anos em que a obra avançou regularmente. Ajustou os níveis de assentamento das soleiras e trabalhou sobre o pórtico secundário à esquerda da frente voltada à cidade, avançando com a parte já iniciada da ala sul. No início de 1777, pela correspondência trocada entre John Carr e John Whitehead, verifica-se que também Manuel Alves Martins tomou várias liberdades em relação ao risco original e às instruções escritas do autor da arquitectura. A Mesa da Misericórdia

Fig. 7 - Frederick William Flower (1815-1889), fotografia do pátio interior do hospital cerca de 1850. Observe-se a exploração agrícola ordenada na vertente para o rio interior. Só metade do corpo central apresenta a construção em toda a altura e a ala sul não atinge a posição da linha de água.

volta a tomar a iniciativa, agora sob o comando do governador da cidade, e o segundo responsável foi igualmente afastado da direcção do projecto, intimado a assumir os custos resultantes da necessidade de emendar os erros apontados por John Carr.

É interessante notar que as alterações ou imperfeições apontadas pelo arquitecto se referem a aspectos de pormenor na execução das alvenarias da fachada. Carr chama a atenção para a textura visível do andar rústico, insistindo no modo e dimensão das pedras enquanto elementos decorativos determinantes da sua arquitectura. Invoca Palladio como modelo para explicar a importância dos desenhos que constavam do projecto, enviando novos riscos em tamanho natural e com anotação das medidas. Formado numa família de construtores, deixou-se tomar pelo entusiasmo neo-clássico da corrente palladiana inglesa, concentrando atenção no rigor imitativo da componente fachadista do seu risco. Na mesma linha de preocupações, contra um certo automatismo de tradição dos mestres pedreiros portuenses, insiste no exacto cumprimento do desenho das janelas, entendendo que a linha de simplicidade e uniformidade se encontra compensada na variedade da composição do conjunto.[4]

Com o despedimento de Manuel Alves Martins entrou para a direcção da Casa do Risco Manuel dos Santos Barbosa, citado como mestre pedreiro da obra do hospital novo, com a responsabilidade de acompanhar a execução do projecto. Assumiu a tarefa de reproduzir os desenhos muito estragados de John Carr, organizando dois livros com todas as plantas e os textos traduzidos para português, para o que contou com a colaboração de John Whitehead (alguns desenhos têm legendas em inglês e outra letra, possivelmente aproveitados do rol dos primitivos originais). Observa-se, então, maior cuidado das autoridades em fazer cumprir com rigor o projecto de John Carr. A mesa era da confiança do governo e João de Almada e Melo já tinha sido nomeado provedor da Misericórdia em 1772, assessorado pelo filho António José de Almada. Nesse papel, teve relevância a colaboração prestada pelo cônsul inglês, recuperando a intervenção do autor do projecto quando os erros começaram a ser excessivos.

Com a morte do rei D. José I em 1777 e queda do seu ministro, o Marquês de Pombal, deu-se o episódio político da Viradeira. Maria I, a nova rainha, nomeou novos Secretários de Estado e toda a estrutura administrativa do país foi mexida, surgindo novos agentes na política. Foi designada outra Mesa para a Misericórdia que tratou de reverter todas as iniciativas de construção do hospital, procurando averiguar situações que comprometessem a anterior gestão. Como consequência, em Outubro de 1780 a obra foi interrompida sob o pretexto de mau emprego dos dinheiros. Mas onze anos depois, em Fevereiro de 1791, impôs-se a necessidade de resolver a incapacidade de resposta do velho Hospital de D. Lopo e o processo foi retomado. Manuel dos Santos Barbosa foi chamado para o reinício dos trabalhos, mas viria a falecer em 1793. Ainda assinou o desenho refeito para o alçado nascente, escolhido como principal por força dos critérios adoptados para a implantação e primeiro na sequência das obras.

Foi designado Joaquim da Costa Lima Sampaio para o lugar de Manuel dos Santos Barbosa no que se refere à produção dos desenhos e controlo da Casa do Risco. Foi reconhecido com mérito para reformar as plantas originais e preparar os moldes e medidas para o que havia a fazer. Completou o rol de desenhos deixado por Barbosa, acrescentando os alçados laterais e poente e os quatro alçados interiores sobre o pátio. Formado ao serviço de John Whitehead,

[4] *Cartas de John Carr a John Whithead, de Fevereiro de 1777. AHS-CMP.*

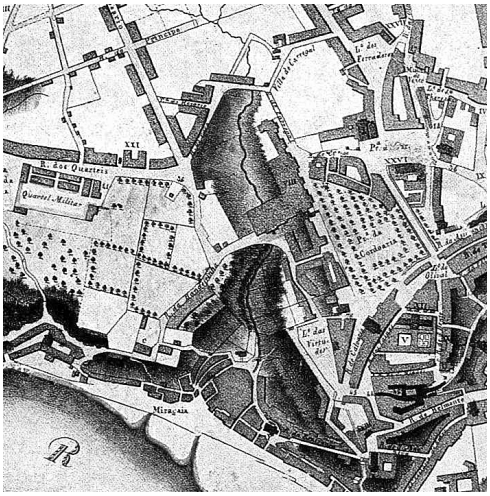


Fig. 8 - A implantação do novo hospital deixa a descoberto todo o vale do Rio Frio. A mancha mostra a vontade de levar a ala sul para além do buraco do rio, ligando o pórtico sul até uma correcção da Rua da Bandeirinha. O avanço da Rua do Rosário até à Rua dos Quartéis, já inviabiliza a forma do quadrado do hospital no canto noroeste.

adquirira competência de arquitecto que desempenhou nos anos que se seguiram. Até 1799, ano em que se dá a transferência dos primeiros doentes para o novo hospital, Sampaio foi o inspector que dirigiu todas as operações no estrito respeito pelas instruções do projecto. Estavam funcionais o primeiro bloco da ala sul e boa parte da ala nascente, a principal, com a parte norte desta frente apenas esboçada. Em 1821, antes de ser nomeado arquitecto da cidade, mantinha-se formalmente ligado à obra do hospital numa fase de tarefas interrompidas.

Através da iconografia da época é possível compreender o estado da obra nesta primeira fase, encerrada entre 1799 e a queda da cidade às ordens do exército francês em 1909. A vista geral sobre o Porto de Teodoro de Sousa Maldonado, gravada em 1789,[5] procura por em evidência a presença do primeiro corpo da ala sul, com a presença da escultura sobre o pórtico do primeiro torreão e o desenvolvimento da fachada até ao limite do que efectivamente se construiu. Mesmo que o autor do desenho se tenha limitado a reproduzir o projecto, informa claramente qual a parcela em fase de construção. Diferente é o critério da representação da mesma ala na gravura de Manuel Passos Aguilar, de 1791, onde se dá por acabado o hospital novo, mas a parte mostrada é, ao contrário, o núcleo central e poente da ala sul, que nunca foi sequer iniciado. A presença de uma torre octogonal elevando-se no centro da composição, mostra mais a vontade de repre sentar o futuro do monumento desejado do que a realidade desse momento.

A planta redonda da autoria de George Balck, impressa em 1813, transcreve com notável precisão o avanço da obra do hospital na sua relação com a envolvente urbana. A ala nascente, voltada à cidade, encontra-se completamente definida enquanto fachada recortada pondo em evidência os cinco tramos da sua composição. É evidente a intenção de encostar o alinhamento desta fachada à parte mais estável do terreno, mostrando não se ter trabalhado a continuação do edifício sobre o pântano do Carregal, representando apenas como uma fatia a banda norte desta ala. A própria rua do Carregal se afasta e contorna a parte mais alagadiça, formando um caminho fundo e redondo para atingir a rua dos Quartéis, na parte poente. O rio Frio e outras linhas de água continuam soltas, observando-se a representação topográfica das pendestes dentro da propriedade da Misericórdia. Só a ala sul nos aparece mais extensa do que na realidade foi executado, percebendo-se que a velha rua da Bandeirinha andava afastada do corpo da construção.

Dois desenhos de Vilanova, de 1833, testemunham o ponto em que ficaram as frentes nascente e sul da obra (Vilanova 1987 [1833]). A vista sobre a ala sul, virada ao Douro, mostra a regularidade

[5] *Publicada como ilustração do livro de (Costa 1789)*

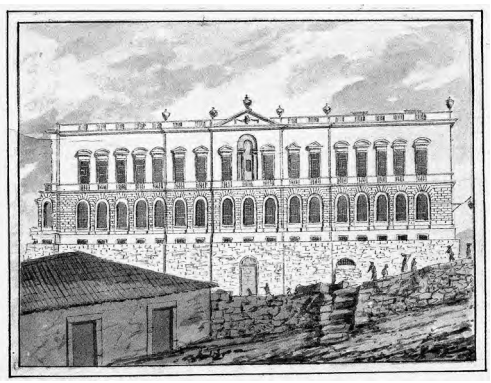


Fig. 9 - Joaquim Cardoso Vitória Vilanova, Edifícios do Porto em 1833 – fachada sul do Hospital de Santo António em 1833.

Fig. 10 - Joaquim Cardoso Vitória Vilanova, Edifícios do Porto em 1833 – fachada nascente do Hospital de Santo António em 1833.)

clássica da secção de arranque desse corpo, na sua perfeita simetria comandada por um frontão triangular pequeno e pela janela dita "de Palladio". Pousada no brutal embasamento de pedra sempre a crescer até ao vale, ainda revela o primeiro ressalto e um esboço de continuidade do respectivo alçado. Seguir-se-ia o corpo que deveria conter o pórtico para o lado das Virtudes, no sentido de cumprir o projecto original. Mas tal seria completamente ilógico dado que se transformaria numa entrada inacessível, por falta de espaço para um escadório excessivo, mesmo que se viesse a corrigir um trainel da Rua da Bandeirinha ou a concretizar o traçado desenhado para a Rua da Restauração, da autoria de Joaquim da Costa Lima Sampaio, de 1828.[6] O edifício do hospital entrara no século XIX com a evidência de que dificilmente se iria até ao fim do projecto.

Mais incompleta se encontrava a fachada nascente. O primeiro torreão lateral estava completo e até já recebera a estátua de Hipócrates ao centro do frontal de cantaria, alinhada pelo eixo do pórtico colunado. Também o corpo recuado de ligação estava completo, com o seu varandim de balaustrada sobre a arcaria rústica do rés-do-chão e um frontão triangular intermédio sublinhado pelas urnas de remate da linha de céu. Já o corpo central se apresentava bastante incompleto, sem pórtico e remates. Nem colunas, nem frontão, nem platibandas. É claro que os três andares se mostram operacionais na parte visível, mas o restante não existe e todo o sector norte estaria apenas esboçado. Impressiona como ao longo de tantos anos e com tantas incidentes, quer no plano social, quer quanto aos progressos da medicina, se manteve a vontade de respeitar o projecto inicial, como se os responsáveis, procurando sempre corrigir os acidentes negativos, tivessem a percepção do significado inovador da arquitectura que, por herança, tinham de gerir.

[6] *Planta e alçado de paredão. Arquivo Histórico Municipal do Porto (Cota, D-CDT/A3-41).*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alves, Joaquim Jaime Ferreira (1988), *O Porto na época dos Almadas* (Vol I), Porto, Centro de História da Universidade do Porto.

Cartas de John Carr a John Whithead, de Fevereiro de 1777. AHSCMP.

Colvin, Howard (1978), *A Biographical Dictionary of British Architects, 1600-1840*, New Haven and London, Yale University Press.

Costa, Agostinho Rebelo da (1789), *Descrição topográfica e histórica da cidade do Porto*.

Leal, Augusto de Pinho (1875), *Portugal Antigo e Moderno*, Lisboa, Ed. Mattos Moreira, (Vol. 5, pg. 318).

Nonell, Anni Günther (2002), *Porto, 1763/1852, a construção da cidade entre despotismo e liberalismo*, Porto, FAUP Publicações (Pgs.167 e 183).

Palladio, Andrea (1570), *I quatri libri di architettura*, Milano, (Libro secondo, pl.49).

Ribeiro, Lília Paula (2012), *A arquitectura neopalladiana portuense: o Hospital de Santo António (1769-1832)*, Porto, Tese de doutoramento, F.L.U.P., (Pg.117).

Summerson, John (1993), *Architecture in Britain 1530-1830*, (9.ª edição), New Haven, Yale University Press.

Tavares, Domingos (2014), *António Averlino Filarete, a cidade ideal*, Porto Dafne, (Pg. 70).

Vilanova, Joaquim Cardoso Vitória (1987), *Edifícios do Porto em 1833*, Porto, BPMP. Edição de 102 desenhos a tinta da china e aguarela. Manuscritos da Biblioteca Pública Municipal do Porto, (Ms 1479).

Wragg, Brian (2000), *The life and Works of John Carr of York* (editado por WORSLEY, Giles), York, Oblong.

La Ciencia Medieval de las Estructuras

Huerta, Santiago[1]*
[1]*santiago.huerta@upm.es*
**Escola Superior de Arquitectura da Universidade Politécnica de Madrid*

La construcción de iglesias y catedrales góticas no constituyó una tarea de aficionados, los constructores medievales eran verdaderos "maestros" y las estructuras góticas justifican este título. Aún en la actualidad, con una bien desarrollada teoría estructural, muy pocos arquitectos o ingenieros, se atrevería a "firmar" proyectos similares.

La ciencia de la Estática no estaba suficientemente desarrollada en la Edad Media como para permitir un cálculo científico; de hecho la teoría estructural científica originada en el siglo XVII (Galileo, Hooke), comenzó a ser aplicada solo en la segunda mitad del siglo XVIII. Entonces, ¿cómo es posible que los maestros del gótico construyeran tan magníficas estructuras? Fue el proyecto de catedrales góticas un problema de pura casualidad, el resultado de un ensayo ciego de prueba y error? ¿Está, por tanto, la historia de la arquitectura gótica plagada de colapsos y de edificios en ruina? La verdad es que no fue así. Hubo colapsos, pero muy pocos en comparación con el número de éxitos. Además, hubo tantas "mutaciones", tipos de estructura completamente nuevos, como para invalidar completamente una teoría puramente "Darwiniana" basada en la supervivencia de los diseños más aptos. El desarrollo del gótico fue revolucionario, una explosión de creatividad estructural.

Los maestros constructores del gótico tuvieron una *ciencia*, una teoría, un cuerpo de conocimientos que permitió el proyecto de estructuras seguras (Heyman 1995). Esta ciencia no fue "científica" en el sentido que actualmente damos a esta palabra; no fue deducida de leyes generales y principios científicos, no fue una "ciencia aplicada". El conjunto de reglas y procedimientos fue deducido empíricamente, de la observación de edificios existentes. De hecho, el enfoque empírico que no es en su totalidad acientífico; cada edificio fue un "experimento exitoso" y la observación de ruinas y colapsos fue también muy informativa. Finalmente durante el proceso constructivo las estructuras de fábrica se movían y se acomodaban agrietándose, adaptándose por si solas a las diferentes fases de la construcción. Estos movimientos sugirieron correcciones para mejorar la estabilidad del trabajo y pudieron llevar a nuevos modelos de equilibrio.

Entonces, ¿cuál fue ciertamente la naturaleza de esta ciencia medieval de las estructuras? Es una pregunta difícil de contestar. Se trataba de un extenso y complejo cuerpo de conocimientos. La construcción de una catedral gótica encerraba muchas operaciones y todas diferentes: replanteo y levantamiento, mecánica del suelo, proyecto de cimenaciones, andamiajes, rpoyecto de estribos y bóvedas, estereotomía, carpintería, mecanismos de elevación, organización laboral, etc. Estas son las plabras clave que asignamos hoy para algunas de las actividades involucradas. Los maestros de la obra tenían que tomar decisiones en todos estos aspectos que estaban entrelazados de una manera compleja. La profundidad en el entendimiento de todos estos aspectos se puede medir por los resultados. Considérese, por ejemplo, la catedral

de Beauvais, en donde uno puede sentir la seguridad del diseño, una ausencia de dudas, una determinación, que sólo puede venir del dominio magistral del arte de construir.

Los edificios son entonces, nuestra principal fuente y cualquier hipótesis concerniente a la naturaleza de la ciencia medieval de las estructuras debe contar como evidencia las numerosísimas iglesias y catedrales que han sobrevivido durante siglos. Las fuentes documentales del período gótico son escasas (Frankl 1960) y muy pocos manuscritos góticos respecto al diseño constructivo han sobrevivido, la mayor parte del gótico tardío.

Solamente el álbum de Villard de Honnecourt pertenece a la era del gótico clásico, la edad prodigiosa cuando fueron construidas las "mejores" catedrales. Pero Villard no dice nada respecto a materias estructurales. Sin embargo, hay bastante información sobre materias estructurales en ciertos manuscritos del gótico tardío. Algunos se podrían considerar "tratados" al contener información respecto a todos los aspectos involucrados en el proyecto de una iglesia gótica. Otros tratan solo aspectos particulares: el diseño de gabletes o pináculos, o la solución de ciertos problemas geométricos. Finalmente, algunas peritajes de maestros medievales sobre problemas estructurales también han sobrevivido; dado que debían contestar a preguntas concretas, constituyen fuente valiosísima para entender el pensamiento estructural gótico. Los peritajes de Milán, Chartres o Gerona han sido analizados muchas veces, pero muchos otros documentos permanecen inéditos o inadvertidos, enterrados en los archivos diocesanos, embebidos en los libros de fábrica.

El conocimiento estructural fue codificado en forma de reglas prácticas (Huerta 2004). Había reglas para obtener, por ejemplo, la medida de los estribos o el espesor de los nervios de las bóvedas de crucería. Estas reglas eran sino un registro de dimensiones acertadas para diferentes elementos estructurales. Por su misma naturaleza son específicas y pertenecen a ciertos tipos estructurales. La aplicación de reglas góticas para un edificio del Renacimiento, por ejemplo, llevaría a un desastre: el empuje de una bóveda de crucería gótica puede ser menor que la mitad del empuje de una bóveda de cañón del Renacimiento. Los períodos de transición eran críticos y, de hecho, hay evidencia documental en los tratados y en los registros de muchas iglesias de accidentes asociados al uso de reglas equivocadas.

En este artículo sólo se estudian algunas reglas específicas, enparticular las que se refieren al proyecto de bóvedas y estribos, con algunas notas también sobre el diseño de torres. Vamos a considerar, pues, sólo un aspecto de todo el proceso de proyecto y construcción de edificios abovedados. Nótese que esta separación, necesaria para el estudio detallado de las reglas, es arbitraria, ya que construir no es la simple suma de varias actividades independientes.

REGLAS ALEMANAS DEL GÓTICO TARDÍO

Coenen (1990) ha publicado una edición diplomática de los principales tratados alemanes del gótico tardío ("Werkmeisterbücher"), escritos todos ellos durante el siglo XV. Tres de ellos son verdaderos tratados arquitectónicos y contemplan todo el proceso del proyecto de una iglesia. Se trata de las *Unterweisungen* (Instrucciones) escritas por Lorenz Lechler para su hijo Moritz, el "Tratado de la medida del coro" (*Von des Chores Maß und Gerechtigkeit*) y el "Tratado de Viena" (*Wiener Werkmeisterbuch*). Coenen ha hecho un análisis de su contenido y Shelby y Mark (1979) han estudiado los aspectos estructurales en el tratado de Lechler. Sin embargo, todavía no hay ediciones críticas y son difíciles de leer e interpretar. En lo que sigue, intentaremos completar los estudios antes citados.

Las principales reglas estructurales se refieren al diseño de estribos, bóvedas y torres.

Un estribo debía tener una profundidad *c* tres veces el espesor *t* del muro, que se define como una décima parte de la luz *s* (*t*=s/10); el ancho del estribo es igual al espesor del muro. Esto lleva a una proporción *c* = (3)(*t*)=s/3,33; el estribo es 1/3 de la luz en su arranque; esta dimensión básica podría ser disminuida o aumentada dependiendo de la calidad de la fábrica. El espesor va disminuyendo en altura con retranqueos sucesivos. La regla se cita varias veces en los tres tratados. Esta proporción se observa en iglesias construidas de este período y, también en muchos de las trazas que han llegado hasta nosotros, como puede verificarse estudiando los dibujos de la Wiener Sammlung, la más amplia colección de trazas góticas (Koepf 1968), Figura 1. No todos los planos se ajustan a las reglas y es evidente que un verdadero maestro tenía la libertad para desviarse de las reglas establecidas.

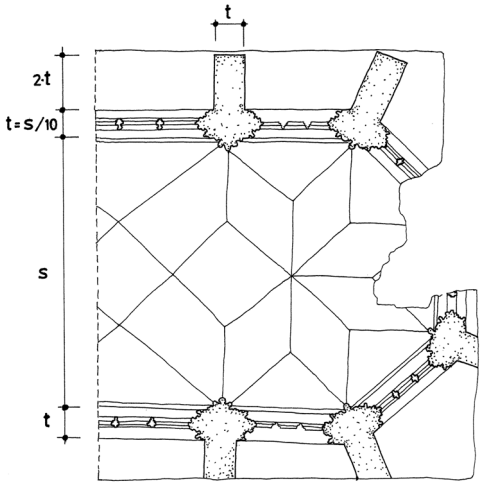


Figura 1. Proporciones de pared y estribos medidos en una "traza" gótica (redibujado, Koepf 1969: el abb. 38).

Una bóveda gótica está compuesta de nervios, claves y plementería (fábricas curvas que llenan los espacios entre nervaduras). En los tratados sólamente se mencionan los nervios. Se dice específicamente que los nervios crucero son semicirculares. Algunas instrucciones que se refieren a la geometría de otras nervaduras son muy difíciles de interpretar debido a la ausencia de dibujos. Hay varias reglas para las secciones transversales de los nervios. Por ejemplo, Lechler dice que el espesor de un nervio de crucería debía ser un tercio del espesor de la pared (esto es s/30), y que la anchura tenía que ser la mitad de su espesor. Las dimensiones de los nervios transversales estaban en función del nervio crucero. Los arcos transversales debían ser un tercio más grandes que los nervios crucero, aproximadamente, s/22.

Las altas torres rematadas por agujas son tan típicas de la arquitectura gótica como los arbotantes y las bóvedas de crucería. La medida crítica, dada la planta y la proporción general de la torre (la relación entre el lado y la altura), es el espesor del muro. Dos de los tratados dan la misma regla: el espesor del muro de la torre debe ser 1/20 de su altura. Si la torre además tenía contrafuertes, estos debían tener la misma salida que el espesor del muro y su anchura 2/3 de esta dimensión. Esta regla para el espesor del muro de las torres debió ser común en Alemania porque Alberto Durero (1525) la usó en su *Unterweisung der Messung* (Instrucciones Geométricas) en el proyecto de una torre de la ciudad de 300 pies de altura. Durero, aunque no explícitamente la regla, da 15 pies a la pared, estos es, 1/20 de su altura, Figura 2.

Podemos comparar esta regla con la propuesta por Alberti (1582) en su tratado (escrito ca. 1450); Alberti establece 1/15 de la altura; no es ninguna sorpresa que las reglas de Renacimiento sean más conservadoras.

REGLAS GEOMÉTRICAS PARA LOS ESTRIBOS GÓTICOS

Otras reglas del gótico han sobrevivido a través de los tratados Renacentistas o Barrocos de estereotomía o arquitectura. Dos de elloa son

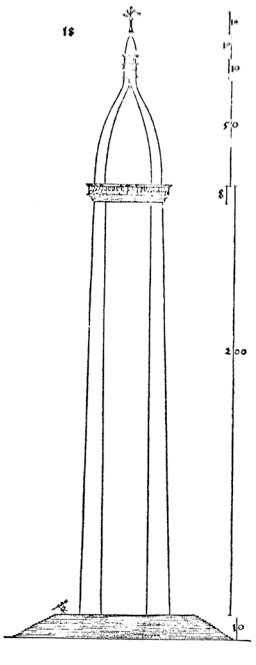


Figura 2. Proyecto para una torre de ciudad. El espesor del muro es 1/20 de su altura. (Dürer 1525).

importantes por su difusión. Ambas reglas se refieren al cálculo de los estribos góticos.

La primera, que llamaremos Regla nº 1, permite obtener el estribo para una bóveda de crucería a prtir del perfil de los arcos transversales. Derand la publicó por primera vez en 1643 en su *Architecture des voûtes*. Pero la regla se remontat mucho más atrás, y se encuentra ya en la primera mitad del siglo XVI en el tratado perdido de Baccojani (Müller 1990). Aparece de nuevo, en la segunda mitad del mismo siglo en el manuscrito inédito sobre corte de piedra de Martínez de Aranda ca. 1590. La regla era bien conocida en los siglos XVII y XVIII, y puede rastrearse en manuales de construcción hasta los años de1960 (véase Huerta 2004). Aunque desde comienzos del siglo XVII se aplica para el cálculo de los estribos de arcos simples, es una regla gótica y se aplica a los estribos de las bóvedas góticas. Derand (1643) lo dice explícitamente, mientras que Ungewitter (1859) y Ungewitter/Mohrmann (1890) la usaron en este contexto, aplicando la regla para los arcos transversales de las bóvedas góticas.

La regla es como sigue: en la Figura 2 (a) de Derand el arco *LI* se divide en tres partes iguales por los puntos (*N*) y *M*. La línea *MI* se prolonga entonces hasta que *MI* = *I*(*A*). El punto (*A*) define el borde exterior del contrafuerte (los puntos (*A*) y (*N*) se han agregado para ayudar a explicar la regla). En Figura 2 (b), de Martínez de Aranda se obtiene la misma dimensión por una construcción geométrica más simple. De nuevo se divide el arco en tres partes iguales por dos puntos, y se traza una perpendicular desde uno de ellos, *g*, a la línea de los arranques para obtener el punto *h*, la distancia *ih* es el espesor del contrafuerte. Cuando se aplica esta regla a iglesias de naves única, lse obtiene una buena concordancia, Figure 4. (Esto no necesariamente significa que esta regla haya sido precisamente usada; sólo demuestra que la regla es gótica).

La segunda regla geométrica para el cálculo de estribos, Regla nº 2, fue descubierta por el autor, en el Tratado Arquitectónico de Hernán Ruiz el Joven, un arquitecto español del siglo XVI (Navascués 1974), cuyo único manuscrito se conserva en la Biblioteca de la Escuela de Arquitectura de Madrid. Hernán Ruiz da la regla como un método para obtener el estribo para los arcos simples, pero es, de nuevo, una regla del gótico para el proyecto de estribos. La misma construcción aparece en el tratado de construcción gótica de Ungewitter (1859) como una regla para calcular los estribos de un ábside poligonal gótico. Ungewitter no dice nada de su origen, pero es muy probable que las dos tengan el mismo origen gótico. La traza de la

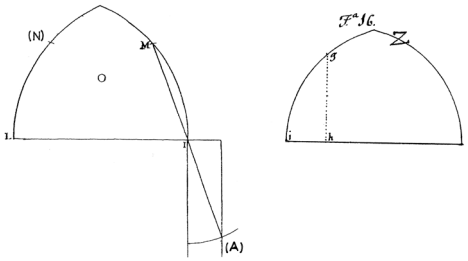


Figura 3. Regla geométrica nº 1: izquierda, Derand (1643); derecha, Martínez de Aranda (ca. 1590).

misma regla en lugares y épocas tan diferentes es una demostración de su importancia y difusión.

La regla es como sigue: considérese el dibujo de la mitad de un arco transversal de una bóveda gótica con su espesor, trácese la cuerda del semiarco, y después una tangente por el punto medio del trasdós del semiarco; el punto dónde esta línea corta a la cuerda del arco define el espesor del estribo. Los resultados son similares a aquellos obtenidos con la regla anterior.

LAS REGLAS ESTRUCTURALES DE RODRIGO GIL DE HONTAÑÓN

No obstante lo indicado, el conjunto más completo de reglas góticas aparecen en el manuscrito del tratado de arquitectura de Rodrigo Gil de Hontañón (1500-1577), talvez el más importante y prolífico arquitecto español del siglo XVI. Fue hijo de un famoso maestro constructor gótico, Juan Gil de Hontañon, de quién heredó la tra-

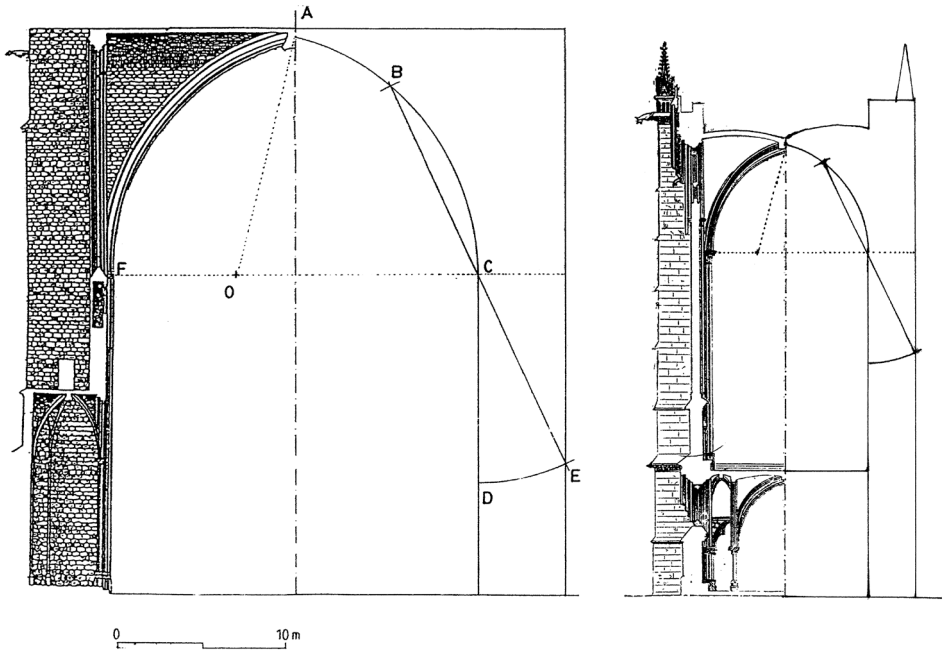


Figura 4. Aplicación de la regla geométrica n º1: izquierda, catedral de Gerona; derecha, Sainte Chapelle.

dición de la construcción gótica, pero durante su vida asimiló también el nuevo vocabulario del Renacimiento. Participó en mayor o menor medida en la construcción de nueve catedrales (Astorga, Salamanca, Segovia, Plasencia, Santiago, etc.) y construyó numerosas iglesias parroquiales y edificios civiles. Entre 1544-1554 escribió un Tratado de Arquitectura (Sanabria 1982) qué fue copiado por Simón García en su *Compendio de Arquitectura* de 1681. En este documento las referencias a las páginas del manuscrito están entre paréntesis.

El manuscrito trata de una manera sistemática los diferentes aspectos del proyecto de una iglesia del gótico tardío español. En particular, en el capítulo 6, trata específicamente la dimensión de los elementos estructurales usando ciertas reglas generales. Esta última parte convierte al manuscrito en algo único. En ninguna otra fuente del gótico aparece como aquí una separación consciente del esqueleto estructural. A pesar de esto, las reglas no han recibido gran atención: sólo Kubler (1944), Sanabria (1982,1984) y Huerta (2004) las han estudiado a detalle.

Las reglas podrían dividirse en dos grupos:

1) reglas para el proyecto de elementos estructurales de una iglesia gótica;

2) reglas para investigar el estribo para un arco en una arcada del Renacimiento.

Es importante hacer esta distinción que está justificada por su situación en el manuscrito y, sobre todo, por sus diferentes objetivos: práctico en el primer caso y, de investigación en el segundo. Sin embargo, Kubler y Sanabria no hacen ninguna distinción entre las reglas.

En el siglo XVI la mayoría de las iglesias construidas en España fueron cubiertas por un tipo especial de bóveda gótica, cuya forma se aproxima mucho al de una bóveda baída. Estas bóvedas son cupuliformes y las nervaduras están dispuestas muy aproximadamente sobre la superficie de una esfera que tiene como diámetro la diagonal del vano (las nervios cruceros son perfectos semicírculos). Todos los ejemplos en el manuscrito corresponden a este tipo de bóveda. Rodrigo Gil explica el proceso de construcción de las bóvedas, la única descripción de un maestro del gótico que ha llegado hasta nosotros: "Y por que esta

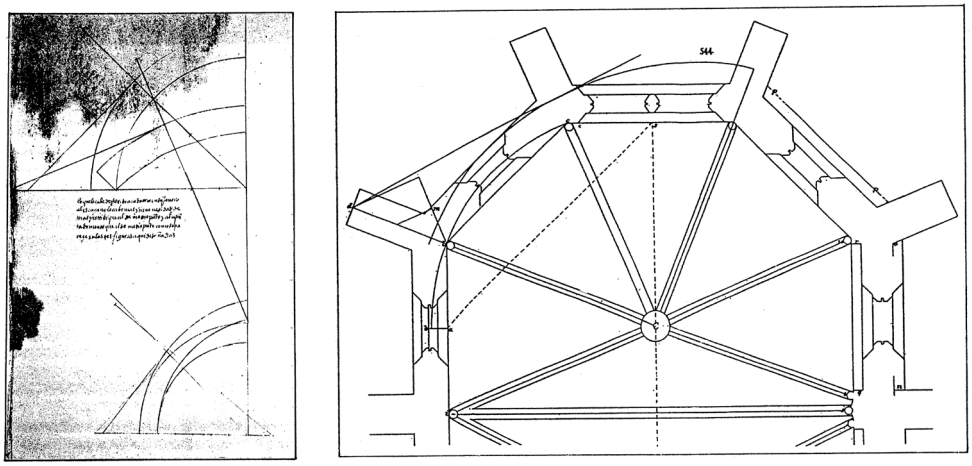


Figura 5. Regla geométrica nº 2: izquierda, manuscrito de Hernán Ruiz; derecha, Ungewitter (1859).

materia que tanto importa, quede bien esplicada y exemplicada, pondré a la buelta una demostracion [dibujo], en que se entienda esto cuanto me sea posible", Figura 6 izquierda. Sin embargo, advierte que "... estas cosas, podran ser difiçiles de comprehender faltando en quien las procura la experiencia, la practica, la profesion de la canteria, y la execuçion, o el aberse allado presente a algunos çierres de cruçeria, para haçerse capaz en el asiento de ella" (24r).

Primero, se construía una plataforma a nivel de los jarjamentos (digamos, un metro por encima de los arranques). Sobre ella se dibujaba el plano de la bóveda y las claves se colocaban en posición sobre pies derechos de madera. Entre los pies derechos se disponían cimbras (posiblemente, arcos de camones). Entonces, se construía el esqueleto de nervios y, finalmente, se cerraba el casco de la bóveda. Para que el esqueleto estuviera en equilibrio, no sólo al final, sino durante todo el proceso de construcción, nervios y claves debían tener las dimensiones correctas.

Tras esta explicación constructiva, Rodrigo Gil pasa aDespués de definir las proporciones generales de la iglesia. Después, expone sus "reglas generales", que se se refieren al tamaño de pilares, estribos, nervios y claves de la bóveda, y a las paredes de torres.

Pilares

En cuanto a los pilares interiores, Rodrigo da una regla para obtener su diámetro (los pilares eran normalmente cilíndricos). La regla es aritmética y contiene una raíz cuadrada pero se expone discursivamente mediante un ejemplo: "Pues bolbiendo a tratar de la groseza de los pilares digo, que se tomen los pies que tienen por el ancho la nave maior que son 40 y 30 que tiene la capilla de avajo, y sumense y serán 70, junto con estos 70 lo que a de subir esta columna, que son 40 pies, y serán 110, la raiz quadrada de 110 serán 10 y 10/21 abos. Su mitad son 5, 5/21 abos, tanto tenga de diametro la tal columna por la parte de abajo, y esto es lo mas cercano a raçon" (17r).

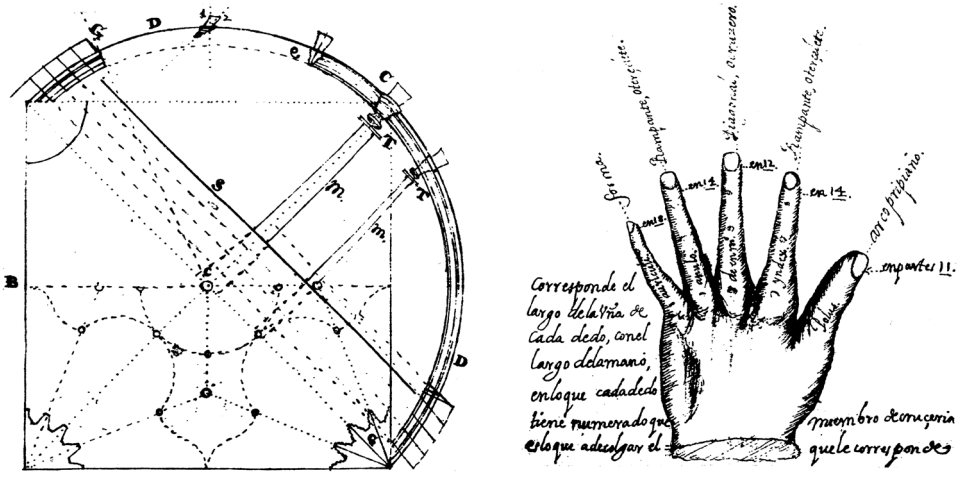


Figura 6. Izquierda: construcción de una bóveda de crucería. Derecha: tamaño de los nervios en analogía con la mano (Gil de Hontañón)

La regla puede expresarse algebraicamente:

$$d = \frac{1}{2}\sqrt{h + s + a}$$

donde, *d* es el diámetro del pilar, *h* es la altura del pilar, y *a* y *s* son el ancho y luz de ese tramo. La regla no es dimensionalmente correcta y para obtener buenos resultados los datos deben introducirse en pies castellanos (0,28 m); si introducimos las dimensiones en metros los resultados se multiplican casi por un factor de dos (Sanabria comete este error). Esta regla es fácil de verificar en las actuales construcciones; el autor ha verificado la regla en la Iglesia de Villacastín, cerca de Madrid, y en la de Fuente el Saz del Jarama. En ambos casos la concordancia es perfecta. En general, puede decirse que las dimensiones obtenidas por la regla están bastante de acuerdo con las vistas en los planos publicados.

Estribos

Para determinar el tamaño de los estribos de la bóveda se da otra regla aritmética. Rodrigo primero da la regla y después la aplica a una bóveda de ciertas dimensiones. Es una regla importante y quiso, posiblemente, que no se cometiera ningún error. El texto dice: "Para saber la salida del estrivo, toma los pies de circunferençia que tienen todos los miembros que acuden al estrivo, esto se entiende la mitad de cada miembro que es en los terçeletes hasta las claves, y los cruçeros asta la clave maior, y el arco asta su mitad, y esto se sume todo junto y de la suma saca la terçia parte; que es lo que rova el molde ordinariamente, la terçia parte y si mas o menos robare, sacalo a el respecto de como fuere; y esto se reste de lo que montó la suma de lo otro. Echo esto mira lo que sube el estrivo y lo que fuere juntalo con la suma de lo que quedó la resta; de esta saca la raiza quadrada, y lo que saliere a la raiz se parta en tres partes, la una tendra de ancho el estrivo, y las otras 2 tendra de largo con el medio pilar y pared y salida de estrivo" (17v).

$$c = \frac{2}{3}\sqrt{h + \frac{2}{3}\Sigma n_i}$$

donde: *e* = espesor del estribo en su parte superior; *h* = altura del estribo; Σ*ni* = suma de la mitad de las longitudes de los nervios que acometen al estribo(desde los arranques hasta la clave)

El ancho del estribo es el *c*/2. Después de dar un detallado ejemplo numérico Rodrigo afirma: "... y esto es lo que podra sustentar lo que embotan los arcos. Aqui podra el artifiçe añadirle un poco mas, porque mas bale que llebe de mas que de menos; pero esto es lo que podra sustentar como queda dicho" (18r).

Rodrigo Gil remarca que esta es la profundidad los estribos al nivel del arranque de las bóvedas, pero que hacia abajo aumentara formando taludes a intervalos. (La inclinación media de la cara externa de un estribo del gótico es, según Ungewitter (1890), 1:20). En la Figura 7 izquierda, se representa la manera de usar la regla; a la derecha, la relación *c*/*s* ha sido trazada por diferentes relaciones *h*/*s*, y luces diferentes (las figuras dentro de los cuadrados, en metros). Los estribos son más esbeltos según crece la luz.

La regla se cita otras dos veces en otras partes del manuscrito. La primera vez al principio del Capítulo 2 (5r) donde discute varios proyectos de iglesia; aquí aplica la regla sin explicación, como un cálculo rutinario. Aparece de nuevo al final de capítulo 6 donde Rodrigo comenta vigorosamente la bondad de la regla: "Pues queriendo buscar la intrinseca raçon, y la inrreprobable causa, combendra mirar la manera de la montea que tal templo tiene, y que miembros ofenden a el tal estrivo. . . y *açiendo todas las circunstançias arriva dichas quedará fuerte, seguro y ermoso*, como le toca" (22r, 22v. Mis cursivas).

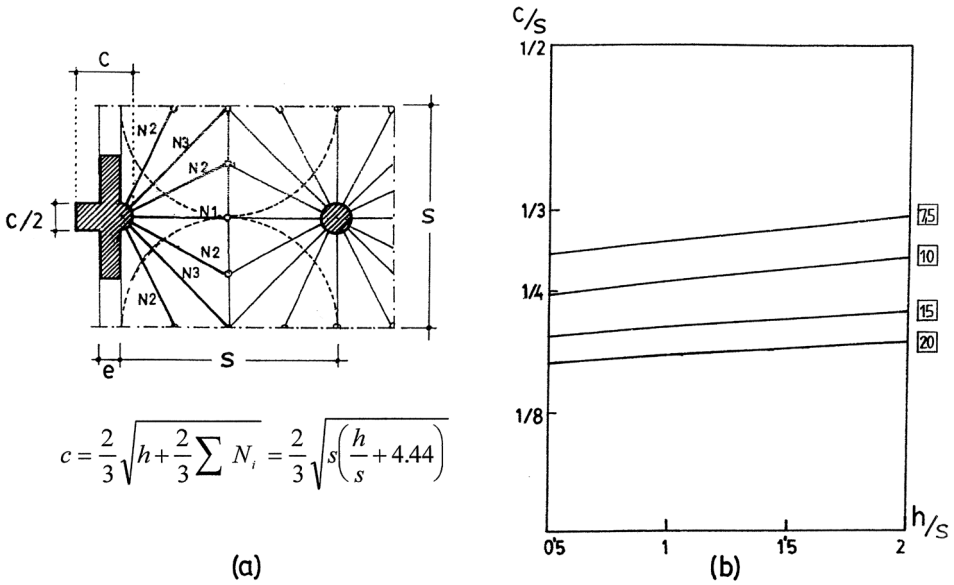


Figura 7. Regla de Rodrigo Gil para el diseño de estribos. Izquierda, la regla expresada algebraicamente; derecha; la esbeltez de los estribos c/s, para diferentes proporciones altura/luz, para luces (7,5-20 m).

Bóvedas: nervios y claves

La dimension de nervios y claves se trata conjuntamente. Rodrigo enfatiza la importancia del problema: "Por quanto bemos que en las capillas que açen de cruçeria, es bien que se sepa la grandeça que an de tener las claves, y que gruesos los miembros, por quanto bemos que muchas se arruinan, o por ser las claves mui pesadas, mas de lo que los miembros pueden sustentar, o por ser tan libianas que la gravedad de los miembros, las lebantan y açen sentimientos. Y diçen aberse apartado las paredes, lo qual es falso, porque la pared no la puede el casco de la capilla apartar, por mala que sea la montea" (22v). Rodrigo alude, probablemente, no ya a la bóveda acabada sino sobre todo al equilibrio de la bóveda en construcción.

Para los nervios da una simple fórmula aritmética. Es interesante el intento de reconciliar las reglas geométricas del gótico, con el diseño renacentista por analogía con el cuerpo humano: "Pues para tener regla general (que es lo que pretendemos) se entenderá que el dedo polus, se tenga por el arco; y el index, y el anulo por terçeletes, y el de en medio por cruzero, y el auriculi, por forma; y para saber que proporçio tengan estos con la mano, son la mitad de las onzas de estos dedos, que es el largo de la uña… partiendo lo largo o lado de la capilla en 20 partes una sera el alto del arco pripiaño, y que el largo partido de este lado en 24 partes, una sera el alto del cruzero. Y el terçelete una de 28, y la forma una de 30. Y de esta manera serán proporçionados, segun lo que travaja cada uno" (23r). Ver Figura 6, más arriba.

Los espesores de los nervios en función de la luz *s* son:

- nervios transversales	s/20
- nervios cruzados	s/24
- terceletes	s/28
- formaletes	s/30

Cuando el vano es rectangular "Si fuera perlongada no se toma, el lado maior, ni el menor mas juntese, y partase por medio" (23v).

Para las claves la regla es de nuevo aritmética. Es una de las reglas más difíciles interpretar. La regla da el peso de las claves en "quintales" (un quintal = 46 kg o, aproximadamente, el peso de un pie cúbico de una piedra mediana). En la fórmula entran de nuevo las longitudes de los nervios, pero una distinción debe hacerse entre los miembros que "sostienen" y aquéllos que "son sustentados": "En las claves se an de entender los miembros que sustentan y los que son sustentados. Porque los que son sustentados se an de restar de los que sustentan conoçese en que los que sustentan, naçen de los jarjamentos, y los que son sustentados naszen de las claves. Tambien ay claves que sustentan; y otras que son sustentadas, las que estan en el arco del cruzero, o terçelete, son sustentadas. Y las que estan en los ultimos fines de los arcos de los terçeletes, o cruçero, sustentan todas» (23v, 24r). Entonces Rodrigo da su fórmula que puede escribirse algebraicamente:

$$Q = p\sqrt{\Sigma t_i - \Sigma s_i}$$

donde Q = el peso de las cabezas en quintales; p = peso del pie de nervio crucero (quintales/pies); Σt_i = suma de las longitudes de los nervios que sostienen; Σs_i = suma de las longitudes de los nervios que son sustentados. La regla es, de nuevo, dimensionalmente incorrecta. Para usar correctamente la regla debemos poner los datos en pies castellanos y quintales, y el resultado será en quintales. Las claves sirven, obviamente, para resolver un problema complicado de estereotomia (la unión de los diferentes nervios), pero también juegan un papel fundamental que estabiliza el esqueleto nervado durante la construcción del casco de la bóveda, los tejidos de fábrica, como veremos más adelante.

Torres

Rodrigo también trata el proyecto estructural de torres. Primero discute las proporciones generales de la torre usando la analogía con el cuerpo humano, Figura 8. Luego, da las reglas para calcular el espesor del muro y de los estribos de las torres. Las reglas son aritméticas y se dan discursivamente en el manuscrito. Expresadas algebraicamente:

$$m = \frac{1}{2}\sqrt{h}$$

$$e = \frac{1}{2}\sqrt{h + a}$$

donde m es el espesor del muro y e el espesor del estribo en lo alto de la torre; h = altura de la torre; a = longitud del lado de la base.

En el manuscrito encontramos evidencia de la aplicación práctica de estas reglas. El capítulo 75 del *Compendio* de Simón García tiene el título "En que se ponen unas condiciones generales para proseguir un edifiçio arruinado". El edificio en ruinas en cuestión es una torre y el texto es un informe escrito por Rodrigo Gil que describe cuidadosamente la demolición de la ruina y la construcción de una nueva torre (alzado en Figura 8, izquierda). La torre iba a tener una altura de 120 pies. Rodrigo no cita ninguna regla pero recomienda como el espesor del muro 5 pies y como espesor del estribo 7 pies. Si usamos sus reglas el espesor del muro debería ser 5,5 pies y el estribo (para un lado de 30 pies) 6,1 pies. No hay ninguna duda que

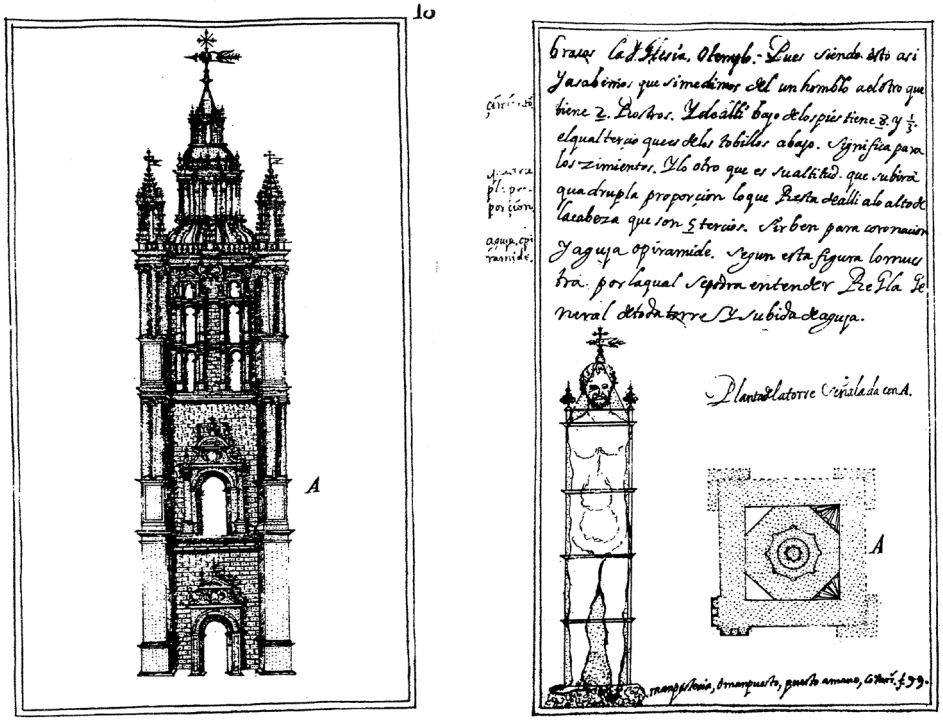


Figura 8. Proyecto de torres en el Tratado de Rodrigo Gil de Hontañón.

Rodrigo está usando sus reglas en el proyecto estructural de la nueva torre.

REGLAS PARA LOS ESTRIBOS DE ARCADAS DEL RENACIMIENTO

Rodrigo no manifiesta ninguna duda en el proyecto de bóvedas góticas, estribos y torres. Sus reglas eran un acercamiento empírico a partir de los datos de muchos edificios, datos que él habría heredado de su padre y habría obtenido en los archivos de las muchas catedrales e iglesias en las cuáles trabajó. Pero cuando llega al proyecto de unarco simple, Rodrigo se confiesa perdido. Comienza la sección correspondiente diciendo:

"Probado he muchas veçes a sacar Raçon del estribo que abrá menester una qualquiera forma y nunca hallo regla que me sea sufiçiente, y tambien le he probado entre arquitectos españoles y estrangeros, y ninguno paresçe alcançar verificada regla, mas de un solo albedrio; y preguntando por que sabremos ser aquello bastante estrivo, se responde por que lo a menester, mas no por que raçon. Unos le dan el 1/4 y otros por ciertas líneas ortogonales lo haçen y se osan encomendar a ello, teniéndolo por firme." (18v)

La palabra "razón" aquí no se refiere a una cierta teoría científica; "razón" en castellano también significa *"el orden y el método para hacer algo"*. Rodrigo quería un conjunto de procedimientos verificados, como aquéllos que usaba en el proyecto de estructuras góticas. Una bóveda de cañón simple era una estructura extraña a él (hasta donde yo sé él no construyó ninguna) y estaba perplejo.

La sección, entonces, tiene una naturaleza experimental. Rodrigo da cuatro reglas geométricas diferentes y una regla aritmética. La Figura 9 las reproduce una complicada construcción geométrica que determina el espesor del estribo y la altura de la pared que puede soportar. No hay espacio aquí para discutir los tipos y evolución de las reglas (ver Sanabria 1982, Huerta 2004) pero su carácter experimental es evidente. Sanabria incluso ha sugerido que las reglas puedan ser un registro de ensayos con arcos reales, y hay muchos argumentos a favor de esta hipótesis. En cualquier caso, es evidente que Rodrigo supo el carácter específico de las reglas góticas y ni siquiera intentó aplicarlas al nuevo tipo estructural.

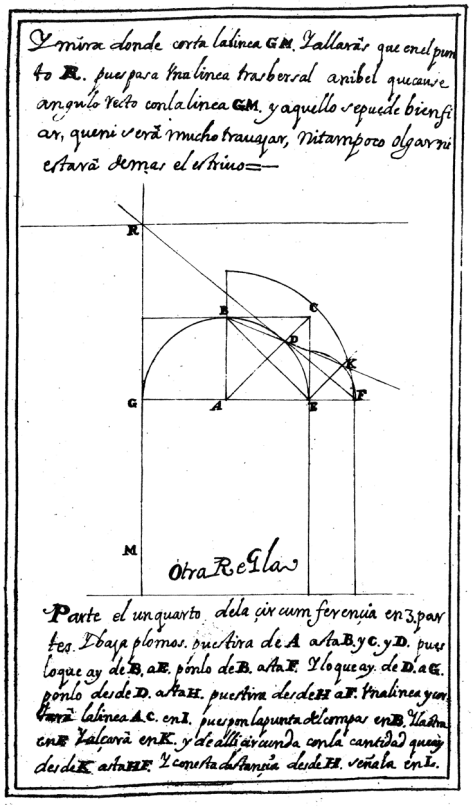


Figura 9. Regla Geométrica de Rodrigo Gil para obtener el estribo en una arcada del Renacimiento.

VALIDEZ DE LAS REGLAS

Como hemos visto los maestros constructores del gótico usaron reglas empíricas para el cálculo de los elementos estructurales de sus edificios; estas reglas eran sólo una parte de un cuerpo más complejo del conocimiento y sólo podían ser usadas con seguridad por un maestro constructor. Las reglas tuvieron una gran difusión, geográfica y cronológica, y hay abundante evidencia de su uso a lo largo de toda Europa.

Reglas proporcionales

Una gran mayoría de las reglas estructurales para construcciones de fábrica son "proporcionales", es decir, producen formas "similares" en un sentido geométrico. Por ejemplo, el espesor del estribo para un arco dependiendo de la curva de su intrados pero sin tener en cuenta su tamaño. En otras palabras, hay implícita una "ley de semajanza": una forma estructural es válida independientemente de su tamaño (Figura 4).

Galileo sostuvo la imposibilidad de la existencia de esta clase de principio: en estructuras que soportan como carga principal su propio peso, éste crece según el cubo de las dimensiones lineales mientras la sección de los miembros estructurales crce como el cuadrado; por consiguiente, las tensiones aumentan linealmente con el tamaño (la llamada ley del "cuadrado-cubo").

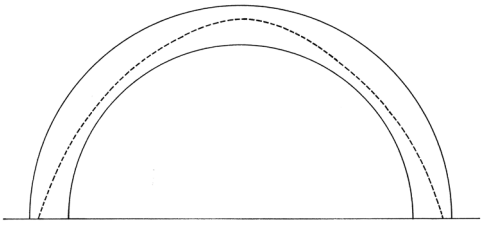


Figura 10. Arco semicircular de fábrica en un seguro estado de equilibrio.

El argumento de Galileo sólo es válido cuando el criterio de resistencia rige en el proyecto. Como ha apuntado muchas veces el profesor Heyman (1995) éste no es el caso con las estructuras de fábrica: la condición más restringida es, la estabilidad. Una estructura de fábrica será segura si es posible encontrar un sistema de fuerzas internas de compresión en equilibrio con las cargas. Ésta es una condición geométrica que depende de la forma de la estructura pero no de su tamaño. El caso de un arco simple puede usarse como un ejemplo: en la Figura 10 el arco semicircular está en un estado de equilibrio seguro con la línea de empujes confortablemente dentro de la media mitad de su espesor, y esto lleva, aproximadamente a la relación $t = s/9$, donde t es el espesor y s la luz del arco. (Esta condición es independiente del tamaño y la regla será válida para los arcos hasta, digamos, 1 km de luz, tamaño a partir del cual la ley de Galileo comenzará a regir el proyecto.) Este tipo de reglas son las que se usaron, por ejemplo, en el cálculo de los espesores de las nervaduras góticas.

Las reglas proporcionales son, por lo tanto, del tipo correcto y los antiguos maestros constructores poseían este conocimiento crucial. La misma propiedad se aplica a estructuras mucho más complejas y, por ejemplo, en una catedral del gótico las formas y dimensiones de sus ele-

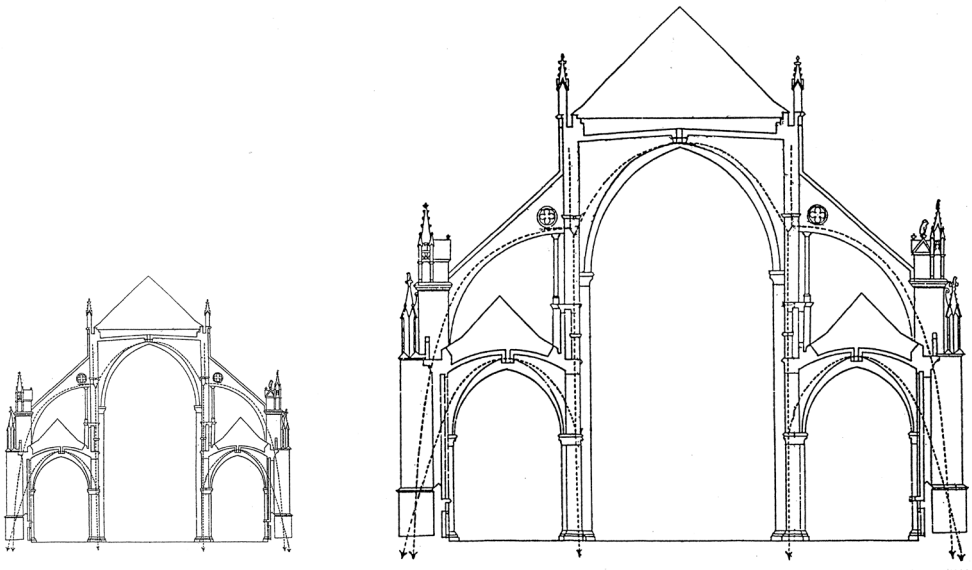


Figura 11. Los cambios de tamaño, manteniendo la forma, no afectan la seguridad de una estructura de fábrica.

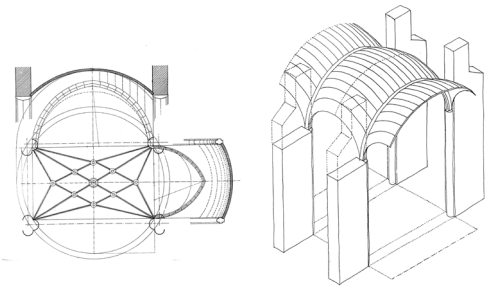


Figura 12. Sistema de bóveda- estribo de una iglesia Española del gótico tardío. (Huerta 2004).

mentos permiten un sistema de fuerzas internas compresivas, que transmite las cargas dentro de la fábrica, de la misma manera que ocurre con el arco simple. Por consiguiente, los cambios de tamaño no afectan la seguridad de una construcción de fábrica. Las reglas para el cálculo de estribos registran la proporción entre el estribo y la luz. Algunas reglas, las reglas geométricas conocidas, consideran el hecho de que el empuje es inversamente proporcional a la relación luz/altura de la bóveda. Arcos y bóvedas rebajados empujan más que los arcos o bóvedas de medio punto, apuntados o, en general, peraltados. Hay que insistir en que las reglas sólo pueden aplicarse dentro del contexto íntegro de la construcción; su profundo significado sólo era entendido por los maestros, que a veces decidían desviarse de ellas (compensando con otros cambios en la geometría).

Reglas no-proporcionales

Muchas de las reglas de Rodrigo Gil de Hontañón son no-proporcionales, incluso no son dimensionalmente correctas. Por consiguiente han sido consideradas incorrectas y sin sentido (Sanabria 1982). De hecho estas reglas son del tipo correcto, pues se refieren problemas no-proporcionales. Por razones de espacio consideraremos sólo tres casos de cálculo no-proporcional: los estribos de las bóvedas góticas, el espesor de los muros de las torres y el pso de las claves de las bóvedas de crucería.

En las bóvedas del gótico tardío Español el espesor de las plementerías es prácticamente es constante: el mínimo por razones constructivas (unos 150-200 mm, ó ½ pie). En esta situación, el peso, y por consiguiente el empuje de una bóveda gótica crece con el cuadrado de sus dimensiones lineales; sin embargo, el peso de los estribos crece con el cubo, como es evidente mirando la Figura 11. Si aumenta la luz de la iglesia, mantniendo su forma general, los estribos necesarios se vuelven más esbeltos. Es, sencillamente, lo contrario de la ley del cuadrado-cubo de Galileo. La materia se ha estudiado con más detalle por el autor en otra, computando el estribo siguiendo la regla y comparándolo con el resultado obtenido por el empuje calculado de la bóveda, pero aquí sólo queremos señalar el carácter esencialmente correcto de la regla parte (Huerta 2004, 2006)

Lo mismo ocurre con las torres altas. Aquí la carga principal es la acción de viento. El empuje total del viento crece con la superficie transversal de la torre, pero su peso crece con el volumen. De nuevo, las torres mayores podrían tener proporcionalmente menor espesor, y esta propiedad puede verse fácilmente si comparamos torres similares de tamaños diferentes. En este caso, los cálculos son bastante fáciles. En la Figura 13, la relación espesor altura t/h se ha calculado para alturas diferentes. Las líneas punteadas han sido calculadas para que la sección entera esté en compresión (la resultante dentro del núcleo central de inercia a la base, para una fábrica de peso específico 20 kN/m^3 y una presión dinámica del viento de 1.5 kN/m^2); se obtienen espesores tan pequeños que no son posibles en una construcción normal de fábrica (sólo en las agujas podemos encontrar magnitudes de tal orden). Es evidente, que la regla de Rodrigo Gil da un ajuste mucho mejor que las reglas proporcionales. La torre de la catedral de Segovia tiene casi una altura de h = 90 m ó 322 pies Castellanos; la regla del gótico da t = 90/20 = 4,5 m y la regla de Rodrigo t = 9 pies castellanos ó 2,52 m. El espesor medido en la base es de 10

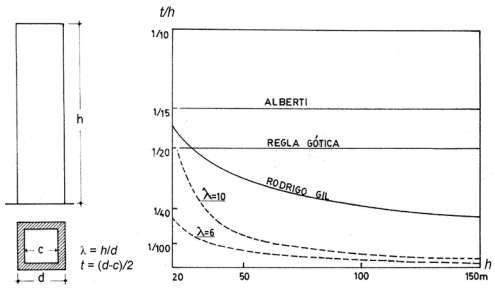


Figura 13. Proyecto de torres de fábrica. En líneas continuas las reglas tradicionales; en la línea punteada el cálculo estricto para distintas esbelteces (Huerta 2004).

pies ó 2,8 m. la regla de Rodrigo Gil representa un proyecto mucho más económico y racional que las tradicionales reglas proporcionales. Para la altura de 90 m hemos visto que el material se reduce en un 44%!

Finalmente, Rodrigo Gil enfatiza, como se ha visto, la importancia de un tamaño correcto para las pesadas claves del gótico. El esqueleto de nervios debe ser estable durante la construcción. El proyecto de los nervios es proporcional y las reglas son un fracción de la luz (véase más arriba). La construcción de la plementería progresaría desde el perímetro al centro del vano. En esta situación es posible que el esqueleto de nervios, cargado principalmente en los flancos, pudiera colapsar, o sufrir movimientos, por levantamiento de su clave central. Las claves, asentadas encima de los pies derechos de madera eran un peso pasivo que se usó, si era necesario, para estabilizar el esqueleto del nervios durante la construcción. La estática es evidente y se explica en la Figura 14, que representa el equilibrio en la fase de construcción con sólo una parte perimetral del casco de la plementería construido (los nervios se suponen "no-pesantes"; de hecho, su peso total está por debajo del 10% del peso de la plementería). La línea punteada, completamente fuera de los nervios, representa la situación sin la clave, con el consiguiente colapso de los nervios cruceros, los riñones cayendo hacia abajo y la clave subiendo. La situación sólo se vuelve estable por la presencia del peso *Q* de la clave central, en este ejemplo muy esquemático.

En resumen, las reglas no-proporcionales representan un acercamiento más preciso, a un relación no-lineal de las variables implicadas y fueron deducidas empíricamente, de una íntima observación de las estructuras existentes o de estructuras en obras. Lo verdaderamente significativo es que señalan los aspectos importantes del diseño. Una lectura crítica imparcial de los antiguos tratados góticos ha servido para descubrir algunas propiedades del diseño de estructuras de fábrica que normalmente no se perciben.

NOTA

Este artículo es una versión revisada del texto de la "James Sutherland History Lecture" dictada en la Institution of Structural Engineers en febrero de 2006.

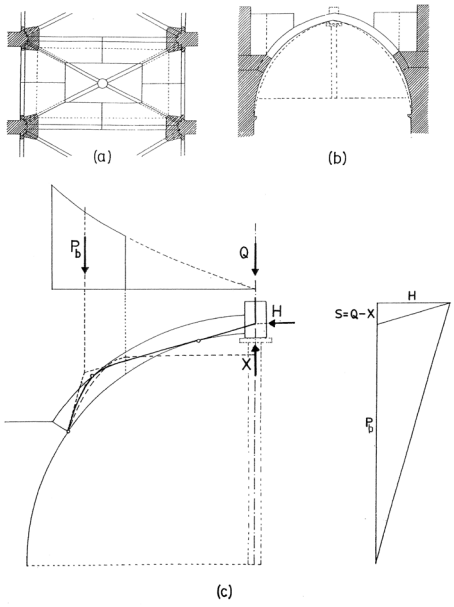


Figura 14. Función estabilizadora de la clave central durante la construcción de la bóveda (Huerta 2004).

LISTA DE REFERENCIAS

Alberti, León Baptista. Los Diez Libros de Arquitectura de León Baptista Alberto.
Traduzidos de Latín en Romance. [por Francisco Loçano] Madrid: Casa de Alonso Gómez, 1582. (Reimpr. Oviedo: C. O. de Aparejadores y Arquitectos Técnicos, 1975.)
Coenen, U. Die spätgotischen Werkmeisterbücher in Deutschland. München, Scaneg, 1990.
Dürer, A. Unterweisung der Messung. Nürnberg, 1525.
Frankl, P. The gothic: literary sources and interpretations through eight centuries. Princeton, Princeton University Press, 1960.
García, S. Compendio de architectura y simetría de los templos. Ms. Biblioteca Nacional de Madrid, 1681. (ed. facs. Churubusco, 1979. Valladolid, 1991).
Heyman, J. 1999. El esqueleto de piedra. Mecánica de la arquitectura de fábrica.. Madrid: Instituto Juan de Herrera / CEHOPU, 1999.
Huerta, S. Arcos, bóvedas y cúpulas. Geometría y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica. Madrid, Instituto Juan de Herrera, 2004.
Huerta, S. "Galileo was wrong: The geometrical design of masonry arches." Nexus Network Journal. Architecture and Mathematics 8, 2006: 25-52.
Koepf, H. Die gotischen Planrisse der Wiener Sammlungen Wien, Hermann Böhlaus, 1969.
Kubler, G. "A late gothic gomputation of rib vault thrusts." Gazette des BeauxArts, 26, 1944: 135-148.
Martínez de Aranda, G. Cerramientos y trazas de montea. Ms. Biblioteca de Ingenieros del Ejército de Madrid. (ed. facs. Madrid: CEHOPU, 1986).
Müller, W. Grundlagen gotischer Bautechnik. München, Deutscher Kunstverlag, 1990.
Navascués, P. El libro de arquitectura de Hernán Ruiz el Joven. Madrid, E.T.S. de Arquitectura, 1974.
Sanabria, S. L. "The mechanization of design in the 16th century: The structural formulae of Rodrigo Gil de Hontañón." Journal of the Society of Architectural Historians 41, 1982: 281-293.
Shelby, L. R. y R. Mark. "Late Gothic Structural Design in the 'Instructions' of Lorenz Lechler." Architectura 9, 1979: 113-131.
Ungewitter, G. Lehrbuch der gotischen Constructionen. Leipzig, Weigel, 1859.
Ungewitter, G. y K. Mohrmann. Lehrbuch der gotischen Constructionen. 3a. ed. Leipzig: Weigel, 1890.
Viollet-le-Duc, E. E. Dictionnaire raisonnée de l'Architecture Française du XI au XVI siécle. Paris: Morel, 1854-1868.

How Can Law Strengthen and Explain Construction History?

Carvais, Robert[(1)*]
[(1)]*rcarvais@noos.fr*
[*]CNRS, Centre de théorie et analyse du droit
Université Paris Ouest Nanterre La Défense

SUMMARY

My aims here are to demonstrate how the Law has contributed to the supply of construction work throughout history, and how, over eight centuries, Construction Law became a new and autonomous discipline in the legal landscape. We are aware that the rules and norms that we have discovered concerning construction were not created in one day, of course. They are not all written in legal texts. Sometimes, they are recognized by professionals, just as customs are. At the beginning, rules could be oral and were accepted by most people as evidence of common sense. However, if they are not, they could be disputed in front of a court. In French, we say that this technical law concerning construction was not expressed, that it was "unexpressed". It was also "stratified". What we mean by this is that it was made up of successive strata created over time, which did not disappear. Rules are composed like sediments. Furthermore, building laws originated from different sources and authorities and concerned various types of domains. We could say that they are disparate. If patrons were able to present some initiatives through urban institutions, most of the time contractors (masons, carpenters, and so on), but also architects and engineers and even lawyers, could play a part in making the decisions about these rules. The scope of the law could be professional, but it was mainly technical in nature. The hidden ends could be economical or useful for town planning.

Key-Words: Construction History; Legal History; Law.

For thirty years, I have tried to understand how regulations can have an impact on technology or even have a very slight influence on the potential force of invention. After school, as my father was a solicitor, I hesitated for a while over whether to study art or law and finally chose law. I went on to become a lawyer. It then proved too easy for me to follow my paternal destiny exactly: I liked history, so I became a legal historian. It was important for me not to try to follow my father's path. I decided to embark upon a thesis with a fantastic law professor - Juliette Turlan - whose courses dealt with "Architecture and Politics". What a curious but interesting subject this was! At the end of that year, I chose the subject of my dissertation: the Chamber of The Building Trades in Medieval France. At the beginning, my spheres of research concerned technology in general, and I drew upon the masters of the history of technology as my reference point: namely, Bertrand Gilles, Jacques Ellul, Jacques Guillerme, Gilbert Simondon, and Bruno Latour. I tried to engage in philosophical work. I cogitated. It was fascinating but far from practical. Then I chose the field of

medicine. Professor Claire Salomon-Bayet began to work on Pasteur and, as she wanted to understand the impact of Pasteur's discoveries on law, she asked me to join her team. Life is always made up of opportunities. My aunt worked with Jean Dausset, who won the Nobel Prize in Medicine in 1980 for his discovery of the HLA (Human Leukocyte Antigen) system in immunology. So, this was an opportunity for me to investigate the relations between transplantation and bioethics laws (in a book entitled *The Human Graft*). At the same time, throughout those years, I was working on my PhD, which followed on from my dissertation, in a study of the archives of this masons' court during the 17th and 18th centuries. I noticed that the world of construction used to function like the human body: it involved not only the same mechanical laws (let us remember the Renaissance drawings in architectural treatises, and the links between science and construction), but also the same social laws (institutions, professional organization, and liability).

What functions does the law serve for construction history? In practice, could construction exist without any regulations? Most often, historians have tended to discuss elements of construction and technological processes on building sites without paying heed to their economic, legal or human contexts. And faithfully, because no construction can be achieved without the hands of men, and because builders did not know how to live outside of the society of their times, those contexts inevitably played a part in construction history. If we take the example of Medieval France, the revival of Roman Law allowed lawyers to comment once more on the building rules of The Digest, a bit like today's Building Code, but in a less austere way.

My aims here are to demonstrate how the Law has contributed to the supply of construction work throughout history, and how, over eight centuries, Construction Law became a new and autonomous discipline in the legal landscape.[1] We are aware that the rules and norms that we have discovered concerning construction were not created in one day, of course. They are not all written in legal texts. Sometimes, they are recognized by professionals, just as customs are. At the beginning, rules could be oral and were accepted by most people as evidence of common sense. However, if they are not, they could be disputed in front of a court. In French, we say that this technical law concerning construction was not expressed, that it was "unexpressed". It was also "stratified". What we mean by this is that it was made up of successive strata created over time, which did not disappear. Rules are composed like sediments. Furthermore, building laws originated from different sources and authorities and concerned various types of domains. We could say that they are disparate. If patrons were able to present some initiatives through urban institutions, most of the time contractors (masons, carpenters, and so on), but also architects and engineers and even lawyers, could play a part in making the decisions about these rules. The scope of the law could be professional, but it was mainly technical in nature. The hidden ends could be economical or useful for town planning.

If the word "construction" refers to an object, it also refers to an action. So, we will first examine the rules and norms concerning buildings which represented a chronological superposition of professional initiatives. Secondly, we will study the right to build, which is a specific and classic question in property law.

I - BUILDING LAW: A CHRONOLOGICAL SUPERPOSITION OF PROFESSIONAL INITIATIVES

Three periods structured the history of French Building Law: builders' customs during the urban

[1] *This conference is principally based on my own published and unpublished research.*

medieval revolution; the pragmatic and academic revenge of architects in the early modern period; and the creation and registration of building laws by lawyers in the legal order since the Industrial Revolution. These three periods constituted a different and dominant profession for each of these periods. However, it is important to understand that masons continued to regulate building work with architects during the second period and with lawyers in the third, just as architects did with lawyers in the last period. This explains the principal criterion of building laws: their stratification, with each rule adding a layer onto the previous one.

THE MASONS' ROLE IN THE MAKING OF BUILDING LAWS

Masons were the dominant guild in the medieval building world. We could have talked of carpenters, plasterers, stone carvers, roofers or even of plumbers in the same way but let us take the example of masons. At that time, guilds were not all organized into a community or fraternity. Sometimes, part of the profession established a companionship, some were free, and others did not exist in theory but only in practice (for example after a non-approved project of statutes). In all these cases, they produced rules and norms in different ways. Generally, they could be delivered through three kinds of authority: justice, the police (in the Greek meaning of management), and regulation, but only if they possessed them. Controlling building sites and regulating construction work was a common occurrence for the building crafts, but solving disputes was rather rare. Moreover, there are three different situations where we can see direct or indirect interventions by building craftsmen in the making of the rules: guild statutes, urban ordinances, and community management.

Having first considered them as royal regulations or guild customs, we finally concluded that they are negotiated agreements between royal or urban authorities and the "greatest and heathiest part" of the guilds, "for the common profit". Throughout France, masons' statutes all differed in their forms, titles, structures, density, and vocabulary. Most of them appeared late at the turn of the 16th century, the end of the 17th, or the end of the 18th. Less frequent were those of the 13th or 14th centuries. Primarily, they exposed first the personnel status of contractors as master masons, as well as that of journeymen and apprentices, and secondly controls concerning work quality (usually the urban justice and police in front of which the action of wardens of the guild played a decisive role). Sanctions were also in place for building defects and the establishment of liability. However, they could also - but not automatically - contain economic considerations (on the cost of the works), the transfer of technical knowledge and sacred thoughts which, over time, became an expression of secular solidarity. The first Parisian statutes of masons, stone carvers from the Crafts' Book registered by Etienne Boileau in the second half of the 13th century, are a model on that point. This strengthened the chief of the community's authority to deliver justice amongst members of building crafts.

Moreover, city councils often had the authority to approve guild statutes. They allowed guilds to organize themselves. But sometimes - as was frequent in the Middle Ages - cities decided through ordinances to regulate not only building rules, but also their decorative aspects or even the management of urban planning. In her works, Françoise Choay showed the fundamental role those municipal edicts played from the 12th to the 15th centuries in Italy. The same was true in France but the sources have not been published as they have in Italy. Nevertheless, we can show you the late example of Besançon (a city in the east of France). On the occasion of the renewal of the urban regulations in 1688, the city council decided to gather together all the building rules

in force used by the Magistrate of the city and asked "the most skilled and experienced" members of the building communities (masters but also journeymen) to update them over the course of eight months. They said this was the best way to obtain a coherent and satisfactory legislation. The sources preserved in the city archives offer a precise illustration of the common work carried out on the text by masons and deputies.

In some cities, guilds could regulate building techniques alone, but most of the time guilds were in charge of keeping a close eye on the work conducted on the building sites. They regularly visited them to inform authorities of any issues. Sometimes guilds, and especially their representatives, could judge the small disputes between builders or between clients and contractors. These assemblies operated as courts of first instance, but important cases were usually solved by the city courts. Delegating judgments to guilds was the quickest and cheapest way to solve conflicts. Some cities in the east of France (Strasbourg, Altkirch, Kochersberg) worked in that way, with a building court and the possibility for the bailiff to take part in the judgment in the name of public order. The masons' court of Paris was really unique in France but had jurisdiction over all building disputes under the "Prevosté and Vicomté" of Paris (a large territory equal to a third of France). The only judge was the King's Master Mason. However, things changed in the early modern period.

THE ROLE OF ARCHITECTS IN THE MAKING OF BUILDING LAWS

Architects did not really exist before the end of the 17th century, except for the few king's architects or princes' ones. When, throughout the 17th century, bourgeois-amateurs wanted to undertake this role, they discovered that their role in construction was limited to the conception phase and that they were not sufficiently experienced to carry out work on building sites, or partake in any technical part of the construction work. While there was an abundant amount of architectural literature, comprising classical and theoretical treaties, new architects had a limited mastery of practical techniques (building and measuring) and did not know any legal building rules. All the construction power lay in the hands of the guilds. Architects were the direct rivals of masons, whose knowledge was acquired on the shop floor in all areas: not only technical knowledge, but also that of an economic and legal nature. After a century of judicial conflicts, they identified three ways to gain competences: participating in the building court, sharing the role of the surveyor, and writing technical books.

The Parisian mason's court was run by masons or people from mason families: judge(s), surveyors, clerks, bailiffs, and counsels. The status of the institution changed at the end of the 16th century. Decisions could be appealed directly in the court of Parliament, and no longer in the Provost's court. Thus, the Chamber of the Building Trades (*Chambre des Bâtiments*) became an ordinary royal jurisdiction, rather than a guild's court. It had three missions: to judge cases in the construction domain; to control the building sites and regulate through ordinances, based on cases or otherwise; and the art of building. The big difference compared with the medieval period is that the function of the judge had been held by three officers since 1645, compared with one before that, and architects also served as judges, together with masons, during the 18th century (Jean-Baptiste Beausire, Jacques Vinage, Gabriel Chireix, Pierre Taboureur, and Léonard, Pierre d'Osmond). Some were even masons and then architects (Jean Beausire, and Jean-Louis Giraud). As architects, they often belonged to the Royal Academy founded in 1671.

From the Middle Ages onwards, only masons had building expertise. Elected in the beginning by their community, in the 16th century they had

to acquire the function of an expert, called a "juré", from the King. After long disputes throughout the 17th century, architects convinced the King to create two corps of surveyors through the Edict of 1690: the first column comprised 25 architect-bourgeois-experts and the second one included 25 contractors-experts. Our strongly held belief is that, in their daily assessment work, building surveyors were driven by one cause only, aside from being paid of course: to serve the public good by standardizing construction practices. We are well aware that experts would also have more mundane personal preoccupations such as winning a project management bid or gaining social status. Even then, though, they unwittingly played their part in developing building knowledge. We are convinced that the corps of building experts assumed the duty of policing "public order in the field of construction," and this in two different ways. On the one hand, the "community" of experts, as they were referred to by the public authorities, structured itself as a professional elite well-versed in building uses and knowledge; and on the other, the community took advantage of the fact that its members often held multiple posts at the margins of the monarchical state and in the economic, cultural or academic fields of the construction trade.

Although masons possessed practical knowledge that they had acquired on the shop floor, architects wanted to fill any gaps in their knowledge on the subject of building economy and law. This is why Antoine Desgodets, professor of architecture at the Royal Academy between 1719 and 1728, taught not only orders and commodity, but also easements and 'toisé' (i.e. law and measurement or economy). The course on easements was the only one to be published; this was done so posthumously in 1748, probably by one of his pupils, the architect-expert Martin Goupy, under the famous title of *Les loix des bâtiments*. It is in fact a comment on the French Parisian Custom. Over the course of a century, this book became a best-seller and a bible for judges, lawyers, and builders. To write his legal course, Desgodets prepared what we refer to as a "reduction into art" of legal knowledge concerning building (gathering, organizing and disseminating legal information), by reading all the legal literature on the subject: theoretical law treatises, comments on customs, and collections of courts' decisions. Both before and after Desgodets, several books on architecture dealt with the legal regulations but in a less profound manner (e.g. Savot, Bullet, Tiercelet, and Blondel). A lot of architects tried to draw up unofficial building codes: such figures include Jean Beausire, Germain Boffrand, and the Marshall Vauban.

THE LAWYERS' ROLE IN THE MAKING OF BUILDING LAWS

With the Revolution of the Civil Code in 1804, which gave France a new and unique law for all citizens with the characteristics of being non-religious, liberal and individualist, lawyers could not stand being out of the game. Some decided to update old architectural productions (e.g. Lepage and Destrem). Others developed original works on building law. The subject is pivoted around the legal question of ownership. However, we had to wait until the middle of the 20th century for Construction Law to be taught in Law Universities.

For lawyers, Construction Law is a question of law more than of architecture. Architects were not competent enough to talk about the law. Regulations needed to be discussed between lawyers. Desgodets wrote about easements and repairs through his comment on the Paris Custom. It was time to organize the law for all French citizens according to the three-part structure of the Civil Code like a true legal treatise and to approach new and essential legal questions like construction contracts, building defects, and builders' liability. Moreover, the legal distinction between

private and public law, which was well-know from Roman Law, was missing in building law as studied by Desgodets and his followers. What were the relations between private buildings and public highways? No comprehensive study of the administrative part of building law was carried out because of old, obscure and contradictory regulations that were still in use. The Council of State did not have sufficient jurisprudence for the gap to be noted, especially as Public Works Law was growing in the legal landscape following the arrival of engineers at the time. Two very successful "codes" were published by lawyers: the first, by Frémy-Ligneville, became the "traité de la législation des bâtiments et constructions. Doctrine et jurisprudence civiles et administratives" (*Treatise on building and construction legislation. Civil and administrative doctrine and jurisprudence*, 1848). It was updated up to 1891 by Eugène Perriquet, a former lawyer of the Council of State. The second, the "Perrin Code", became, with 13 editions from 1840 to 1949, the "Dictionnaire des constructions et de la contiguités" (*Dictionary of constructions and contiguities*), and was updated by the famous lawyers Amboise-Rendu and Jean Sirey.

In the titles, you might notice the use of the word "construction" in the place of "bâtiment" (building). However, the most important thing is the transformation of the principal axis of entry into the discipline around the right of ownership instead of technical building rules. This corresponded to our understanding of the legal concept of ownership as the foundation of social order from the first Empire to the 3rd Republic, even if it only became overtly satisfactory and independent in around 1857. Throughout the 19th century, although professional societies (contractors and architects) stayed up-to-date with the law, by publishing historical and practical textbooks (*Manuel des lois du bâtiment*; *Manuel des entrepreneurs;* private books published by the public contractor Onésime Masselin), we can notice an important development in Public Works Law, which was taught at the university (Th. Dubrocq in Poitiers; G. Jeze in Paris), at the Beaux-arts (Ed. Mulle and H. Tripier) and at engineering schools (T.-A. Cotelle, Ch. Georgin, J.-B. Tarbé de Vauxclairs and B. Nadault de Buffon). Even private lawyers took an interest in that subject (G. Ripert; A. Rouast). Nevertheless, the turning point in "ownership" was permanent. Architects (Henri Ravon) and lawyers (G. Collet-Corbinière) understood the necessity in construction of combining practice and theory in legal dictionaries like the "Dictionnaire juridique et pratique de la propriété bâtie" (*Legal and Practical Dictionary on Built Property*, 1885-1915, 4 vol., 3 eds) in order to offer easy access to legal solutions. The same was true for the works of G. Durant-Farget (5 vol. 1913-1920), A. Bonpaix (1888) and P. Guillemot Saint-Vinebault (3 vol. 1929-1930).

In the beginning of the 20th century, the dominant question was how to plan cities, given the consequences of the World Wars. The first great legal text on urban planning was the Cornudet laws (1919 and 1924). However, it was only after the '50s (what we call the Reconstruction period) that French Housing Policy required the law to incite all actors in the world of construction (banks, investors, landlords, and builders) to build enough apartment blocks and individual houses to restore the housing stock destroyed by World War II. Specific texts were prepared and voted by the assemblies to renew Construction Law, especially in relation to the financial and fiscal ways to vacate land to be built upon and to persuade developers and builders to build houses. However, there were also several legal texts about new contracts with guarantees against the frequent abuse of power over vulnerable persons by investors. The first chair on construction law, termed the "droit immobilier appliqué à la construction et à l'habitation" (*real estate law applied to construction and housing*), was created in 1961 at the CNAM (the National Conservatory of Arts

and Crafts). It was given to Georges Liet-Veaux, a public law professor, and he delivered it at the ICH (Institute for Construction and Housing). It was an immediate success. More than 700 students were registered in 1963. He was a leading figure in the government and in the French Architects' Association for which he served as a barrister. Because of him, the discipline was introduced at the university, a housing agency opened in the Ministry of Justice, and a third civil chamber - specializing in Construction Law – was established at the French Judicial Supreme Court (the 'Cour de cassation'), which still operates today.

If we have showed how Construction Law was created over time in France, using different means, different institutions, and the wishes of three types of professions, it is now important to discover what building means in terms of a legal operation? Of course, we will treat this part over history and not as a present right.

II - THE RIGHT TO BUILD: A SPECIFIC AND CLASSIC QUESTION OF PROPERTY LAW.

From a legal point of view, "to build" means three things. Firstly: who decided to act? To whom did the right to build belong? Did the client need to be the owner of the land on which the building was going to be constructed? Secondly: what, in the art of building, was regulated by law? Did this concern the materials, or the process, or the two of them? We will see that law tackled this question in different ways. Thirdly: what was the legal status of the builder?

THE LEGAL DEFINITION OF THE CLIENT

Who was the holder of the right to build? Generally, the building sponsor either owned or rented the place where the building would be erected. Typically, the right to build is initially granted to the landowner. The articles of the Civil Code are clear on that subject. Art. 552 specifies that: "Ownership of the ground entails ownership of what is above and below it. - The owner may make upon the ground all the plantings and constructions that he deems proper, unless otherwise provided for in the title "Servitudes or Land Services." - He may make below the surface all constructions and excavations he deems proper and draw from these excavations all the products they can give, subject to the limitations resulting from statutes and regulations relating to mines and from statutes and regulations of police." Art. 553 prescribes that: "All constructions, plantings, and works upon or within a tract of land are presumed made by the owner, at his expense and as belonging to him, unless the contrary is proved; without prejudice to the ownership, either of an underground passage under the building of another, or of any other part of the building that a third party may have acquired or could acquire by prescription." The desire to build may stem from the landowner only, but also from State requirements to address the housing crisis for example. Given competition and land speculation on building lots, could the owner be forced to build on his land? The option selected, instead, was to compel or at least encourage the owner to make his land available for builders. Fiscal incentives were proposed, as well as binding means allowing the State to expropriate for a public interest project or to pre-empt the building lot. That is why French legal doctrine conceded that the right to build belonged not to the landowner but to the whole community. The legal question had shifted from ownership to land management.

The French legislator has devised some cunning solutions: either the landowner wanted to relinquish his right to the land or he did not want to give up his ownership of the property. Accordingly, it should have been possible for a third party to build on the land, providing that the right to

build - an essential attribute of property rights – was transferred to him. This transfer could be made through a temporary dissociation of ownership and enjoyment of the ground, which he rented or conceded [through a building lease or concession]. The transfer could also be carried out through a permanent dissociation of ground and above-ground ownership, with the latter being alienated [involving the sale of the area or of the volume]. The various property terms for construction purposes were still being discussed although the debate was an old one (see the right of area in Lower Normandy Ancient Law).

The system of capitalist, sacred, individual, abstract and absolute full ownership dates back to the Napoleonic Code. Previously, property was said to be either "dissociated" or "shared" based on the ownership and use of the plot with a variety of solutions for acting. Each culture in the world seems to use different property systems according to the period in which the situation took place [for example, in Italy there is the *emphyteutic lease* and *livello / pigione* system; the feudal property system; in England, the *trust* system; and in the Orient, the system of *waqfs*…].

THE LEGAL BUILDING ENVIRONMENT

There were two kinds of constraints upon the act of building. Firstly, the builder, as the client, had to respect private norms of ownership, according to the layout of the land and the status of the resident of the house. Secondly, more generally, they had to respect numerous public norms for different purposes, all of which were governed by public interest.

Two kinds of private rules must be respected: easements and obligations to repair the building. As it is real property, a building erected must respect relations with adjoining lots. A servitude or land service is "a charge imposed on an immovable for the use and utility of another immovable belonging to another owner" (Art. 637, Civil Code). It is a complementary link established between separate pieces of land. Very early on, these rules of law, the application of which was unlimited in relation to the service provided - all sorts of easements can be invented -, allowed adjoining lands to avoid a certain number of neighborhood conflicts. The service provided by one piece of land to another can be justified by obvious fact [for example: the physical laws of water drainage; the damage caused by being suddenly deprived of a commonly used source of light, but also by cultural requirements, such as protecting privacy which justified the impossibility of seeing a house's courtyard from the outside in Islamic towns: front doors never faced each other, and the interior courtyard was never lined up with the front door]. Today, the Civil Code regards these special property divisions as obsolete methods and has treated them unfavorably. However, doctrine considers that disputes do not stem from easements, but rather from the neighborhood situation. Established and discussed in many Ancient Legal History books (such as Desgodets'), easements were conspicuous in custom law. Parisian custom law, which was opened to construction uses and a reference for French law, was highly influential for the Civil Code. More broadly, any neighborhood dispute allowed possessory disorder concerning the use of the building to be sanctioned. However, the responsibility for neighborhood inconvenience would tend to be disconnected from property law and be associated instead with common law.

The other private rules concern the maintenance of the buildings. Who was in charge of maintaining the house? Was it the owner or the resident: the tenant or usufructuary, or the clergymen on church property or on a Charitable trust? The answer depended of the status of the holder, according the nature of the repairs: that is, whether they were necessary or useful, major or minor, urgent or non-urgent, usual or due to obsolescence factors. This personal obligation

was foretold in Roman Law and developed in Desgodets' course through the study of the Paris Custom and law in general.

Whatever the case may be, the client and/or the builder always had to respect several public rules on solidity, hygiene, and urban planning. When erecting a building, the builder was obliged to respect police rules in connection with public order. We have shown that, very early on, the rules produced by the Chamber of the Building Trades aimed to protect the public from falls, fire, and *miasma*. The purpose of law shifted from security to safety, from 'salubrity' to hygiene, and from road maintenance to town planning. Safety and hygiene are the essence of the rules of the art and technical standards which quickly became two distinct notions that complemented each other. Both rules of the art and the technical standards established through the process of standardization helped to determine the nature of professionals' obligations in their field of work and, as a result, those cases where their liability was at stake. In that respect, they constituted relatively binding references for professionals and tradesmen, who were required to carry out the rules and, to that end, could make use of the standards if they reflected the rules of the art. Important national building regulations were prepared by the Royal State, through its specific judicial institution. Each town could establish its own local building regulations. The subjects dealt with usually concerned the quality of materials (stone, iron, lead, tiles, plaster and cement) - even if they were being re-used and whether their legal status was that of movable or immovable property - and technical building processes (for instance, to avoid the collapse of entablatures). But, as early as the Middle Ages, albeit to a lesser extent, other purposes also governed construction: for example, there needed to be a minimum distance between buildings to ensure decent comfort and lighting, alignment and symmetry permission had to be attained to uphold aesthetics in keeping with times, and paving was required in front of building to promote cleanliness, etc. Generally, these town planning rules formed the very essence of cities.

THE BUILDER'S LEGAL STATUS

The main contractor was far from easy to identify in the construction process. Generally, he was the building contractor, often the mason or carpenter. However, these building trades eventually branched out, leading to the birth of the general contractor profession. Very early on, the Vitruvian figure of the architect emerged, initially as an all-around contractor who, beyond managing the project, the works and the *fabrica*, proclaimed himself the champion of ratiocination and author of the project design. Yet the truth was that most architects, including the King's, were born into contractor families: more often than not, the more skillful of them served as architects. The figure of the architect as an artist, devoted exclusively to drawing and hiring a contractor to implement his project, rendered the relationship between the actors in the building process more complex. The intermingled professions of architect and contractor gradually separated during the 18th century. From the 16th century onwards, and sometimes earlier, they were joined by another group of professionals: engineers, who were knowledgeable in the mechanical, mathematical, and hydraulic sciences, and so on, and who took part in the building process. Each of these trades would, in time, become autonomous and acquire adequate professional rules with a code of good practice and professional ethics and legal guidelines of good use concerning their behavior towards each other and their clients. Law governed such professions, which partook in the art of building, but there is more to it than that.

Most important were the guarantees of the building act which were contingent on a contract signed by different parties. These comprised: estimates and contracts, the negotiated prices, and a

host of attached intermediate documents such as specifications, the preliminary design, briefs, etc. that were also legally binding. Contracts needed to comprise precise clauses to prelude dysfunctions and lawsuits, as well as construction standards. Contracts are one of the essential sources on construction history. They offer considerable information of a technical and economic nature, but also on the relationship between the parties. Most of the time, they were written and preserved by notaries. In other cases, these contracts could be implicit only. That is the reason why reports of future *cautela* [from the Latin word: distrust, precaution], which constituted preventive investigations in a certain manner, were provided for in the South of France. This calls to mind a decision made by the Paris Parliament on 18 August 1766, which required that a building site's inventory and end-of-works minutes should specify the materials supplied and workforce costs. This was designed to allow masons to exercise their financial privilege to be paid preferentially before any other creditor, or to prelude all sorts of improper contracts allowing the attainment of excessive credit, and ensured an improved and more accurate estimate of the works actually carried out. The idea came from a British concept which has long been applied in English-speaking countries, through the precedence given to the role of surveyors. The nature of the signed construction contract determined the main contractor's decennial or two-year warranty arrangement.

In Early Modern France, the legal status of the contractor was structured around two criteria: belonging to an authorized community as a guild's master, and signing a contract. He was protected by two privileges: a financial one and a judicial one. In counterpart, he was liable for what he built. Of course, the criteria changed whenever an architect or engineer replaced the master mason, but the whole legal structure remained the same.

* *
*

Law is a social indicator that historians cannot miss because, as you will have understood, each technical process, and each material, in any civil society at any time, was governed by a legal question, if not, by a simple regulation that framed the construction world. The impact of law is variable – sometimes it is slight, sometimes constraining – but it cannot ever be overlooked. I hope construction historians will pay attention to the impact of legal history on construction in the future, if not as of now.

L'architettura Scolpita di Giovan Lorenzo Bernini
Il Cantiere del Baldacchino Di San Pietro (1624-1633)

D'Amelio, Maria Grazia[1]*
[1]damelio@uniroma2.it
**Dipartimento Ingegneria dell'Impresa, Università degli studi di Roma "Tor Vergata"*

SOMMARIO

Alla fine del '500, smantellato il Tegurium realizzato da Donato Bramante (1444-1514) per proteggere l'altare papale di San Pietro durante la costruzione della Basilica rinascimentale (dal 1506), diventa evidente il problema della visibilità dell'altare stesso nel vuoto vertiginoso della crociera e della cupola (117 metri dal pavimento marmoreo alla lanterna).
Nei decenni successivi, a copertura dell'altare – epicentro della Basilica - sono realizzati numerosi cibori con materiali effimeri e con le forme di un baldacchino processionale, cioè di un arredo liturgico montato alla bisogna; fino al 1624, quando Urbano VIII Barberini decide per un manufatto definitivo, inattaccabile dalla "polvere e dalle tarme".
Si tratta di un progetto difficile, perché il ciborio deve gareggiare per dimensioni con la crociera e non deve ostacolare lo sguardo sulla tribuna occidentale. Inoltre la sua pianta deve tenere conto di un vincolo tanto invisibile quanto ineludibile quale è quello della inviolabilità física della tomba degli Apostoli che ne detta l'intercolumnio del fronte sulla navata (7.50 m). Come noto, sulla scorta dei diari di scavo della prima metà del Novecento, la tomba di Pietro è stata localizzata da Margherita Guarducci nel cosiddetto Campo P al livello della Necropoli romana, sottostante le Grotte della Basilica.
Quale percorso progettuale è stato seguito per stabilire forme e dimensioni del Baldacchino? Soprattutto, quale processo è stato intrapreso per realizzarlo, visto che esso si pone in un limbo sfocato tra tipi architettonici diversi e tecniche esecutive trasversali a più arti?
Non è un caso che il Baldacchino, fin dall'inizio, suscita ammirazione e anche qualche critica, essendo paragonato a una chimera, cioè a una fantasticheria per non essere propriamente un ciborio e neppure un badacchino; per non essere una scultura e neppure un'architettura, ma una scultura architettonica oppure un'architettura scolpita.

Parole-chiavi: Roma; Giovan Lorenzo Bernini; Baldacchino di San Pietro; cantiere.

1. SCULTURA ARCHITETTONICA O ARCHITETTURA SCOLPITA?

Nel suo formidabile volume *Roma Barocca* (1967), Paolo Portoghesi individua nel Baldacchino di San Pietro (giugno 1624 - giugno 1633) il "manifesto" dell'architettura *barocca*, anche se ancora pervaso da un "linguaggio classico". L'affermazione può sembrare contraddittoria; tuttavia, nonostante la novità del Baldacchino, l'opera conserva l'*uniforme* riconoscibile dell'*ordine*

architettonico, ereditata dal mondo greco-romano. Inoltre, il Baldacchino è l'evoluzione dei baldacchini processionali allestiti nella Basilica, dalla fine del Cinquecento, per risolvere il problema della visibilità dell'altare papale (un prisma di marmo di spolio di 4.3x2, alto 1.25 m), montato su un crepidoma di marmo greco imetto.

E' opportuno chiarire che il termine baldacchino, inteso come arredo sostenuto da aste lignee o appeso alla muratura, è una metonimia, derivando dal nome omologo della stoffa di cui esso era formato, proveniente da *Baldac* o *Baldacco*, l'antico nome di Baghdad, centro di produzione e commercio di pregiati broccati. E questa sì che è una contraddizione, perché il Baldacchino è formalmente ispirato ai baldacchini processionali o effimeri, allestiti in occasioni solenni e realizzati, con aste di legno, con stoffa e paglia, gesso e cartapesta; infatti, fino al 1624, sono numerosi pagamenti per il montaggio e lo smontaggio sulla tomba di Pietro di baldacchini che, da quella data, sono tradotti da Giovan Lorenzo Bernini (Napoli 7 dicembre 1598 – Roma 28 novembre 1680) in un ciborio-baldacchino in materiali perenni, quali pietra, bronzo, legno foderato di rame, oro.

Il committente Urbano VIII, pur disponendo di Carlo Maderno come architetto-capo della Fabbrica di San Pietro, incarica Giovan Lorenzo, convinto che uno scultore piuttosto che un architetto avrebbe saputo calibrare un'opera commisurata alla grandiosità della crociera di San Pietro (Paris, Bibliothèque Nationale, M.S. Italien, 2084, cc. 130-131). Nel 1624, Bernini, ventiseienne, era considerato un eccellente scultore (aveva appena terminato il David ed era occupato nel completamento del grupo statuario di Apollo e Dafne) ma ritenuto inesperto nella fusione dei metalli e, per giunta, «innocentissimo di architettura» (Magliabechianus II/II 110, f. 170r, in Thelen 1967a).

In realtà, il Baldacchino si pone in una trasversalità artistica, tra arti maggiori e arti congeneri (achitettura, scultura, plastica, toreutica, oreficeria, etc.), tra carpenteria e ingegneria. Non a caso, nel regesto delle opere di Bernini, il Baldacchino è inserito tra *Opere di architettura, e miste* (Baldinucci 1682) e non solo per l'integrazione delle numerose tecniche; esso è concepito contaminando, con quella spregiudicatezza di chi non è ancora condizionato dalla professione, tipi architettonici - ciborio, baldacchino, *castrum doloris*, colonne onorarie - per confezionare un'opera marcatamente oggettualizzata nello spazio sotto la cupola. Forse, Urbano VIII trae l'idea dall'unico precedente esistente a Roma, vale a dire dalle quattro straordinarie colonne di bronzo dorato di epoca romana che le legende narrano essere state portate a Roma dalla Giudea, riempite della terra "santa" del Calvario oppure fuse da Augusto con i rostri delle navi di Cleopatra. In ogni caso, esse, che formavano un *fastigium* nella basilica di San Giovanni in Laterano, tra il 1597 e il 1600, erano state rimosse dal transetto, restaurate, integrate e rimontate nella cappella del santissimo Sacramento su progetto di Pietro Paolo Olivieri (D'Amelio 2009a). Per inciso, per il metallo occorrente per fondere i capitelli mancanti, Clemente VIII Aldobrandini aveva firmato un chirografo (settembre 1958) addirittura con l'ordine di "far consegnare (...) a Orazio Censori fonditore le girelle, le maglie di metallo ed altri ordegni occorsi all'epoca di Sisto V per alzar guglie, dovendo fonderli in servizio della nuova Cappella del Sacramento in S. Giovanni in Laterano" (Barroero 1990, solo una parte del materiale citato venne fuso).

Tornando al Baldacchino, esso è un manufatto polimaterico (e non bronzeo come comunemente ritenuto) con caratteri trans-tipologici. Una tale varietà di materia e di forma determina una sua complessa cantierizzazione: infatti, esso è, in parte, realizzato "in officina" e, in parte, in opera con lavorazioni a umido e a secco. Inoltre, il lavoro coinvolge figure professionali tanto numerose quanto diversificate, quali architetti, muratori, scalpellini, intagliatori, scultori, fonditori, rinettatori,

modellatori, spadari, falegnami, battiloro, pittori, ecc. e mette in moto un mercato particolarmente specializzato nell'approvvigionamento del metallo tra Venezia e Livorno.

Per le poche pagine a disposizione, il *focus* della comunicazione verterà prevalentemente su una criticità del cantiere che si verifica tra il 1629 e il 1633; una criticità che impone radicali mutamenti sia nella forma del Baldacchino sia nella sua costruzione.

2. STATO DEGLI STUDI

È utile ricordare che la vicenda progettuale del Baldacchino è stata ricostruita dalla storiografia del XX secolo (solo per citare alcuni: Fraschetti 1900; fondamentali Brauer-Wittkower 1931 e Lavin 1984; Spagnolo 2000) anche se, già nel XVII secolo, Filippo Bonanni (1696) ne aveva chiarita l'evoluzione compositiva.

Sono state scritte pagine ancora insuperate sulla committenza e sull'iconologia; sulla corrispondenza proporzionale tra le colonne salomoniche e l'ordine gigante della basilica; sulla ripresa simbolica dell'ordine vitineo per le colonne bronzee che, secondo la tradizione, sostenevano il tempio di Salomone a Gerusalemme; sul debito contratto da Bernini con Carlo Maderno (Thelen 1967a e 1967b; Kauffmann 1970; Schütze 1994; Marder 1998; Tuzi 2002).

Negli ultimi anni, alcuni studi hanno precisato l'apporto progettuale di Francesco Borromini (in particolare: Lavin 2008; Portoghesi 2006); hanno chiarito il millantato riuso del bronzo *spoliato* al Pantheon (Rice 2008); hanno verificato quanto il limite fisico della tomba di Pietro abbia condizionato Bernini nella definizione planimetrica del Baldacchino (D'Amelio 2005); hanno commentato nuovi documenti d'archivio (Connors 2006; D'Amelio 2009b; Nocco 2009/2010); hanno chiarito il rapporto che il giovane Bernini, ancora "innocentissimo d'architettura", è riuscito a instaurare tra Baldacchino e l'ambiente che lo circonda

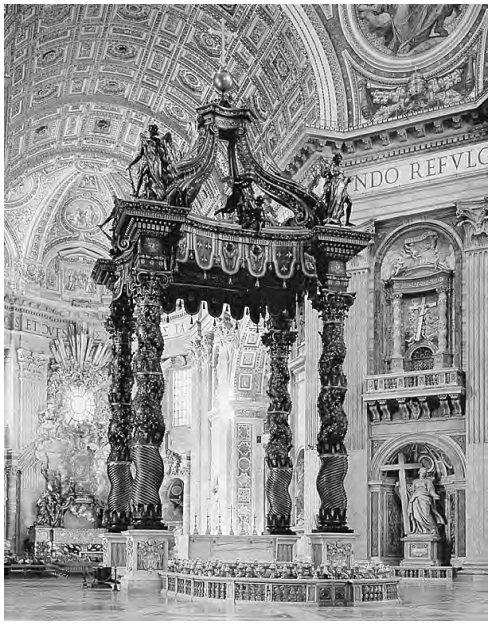


Fig. 1 – Il Baldacchino della Basilica di San Pietro.

e lo giustifica (Fagiolo 2006; Lavin 2012; Bussagli 2015); sono state rimesse in discussione alcune interpretazioni e sottolineato il ruolo di collaboratori finora ritenuti secondari (D'Amelio 2009a); è stata descritta la tecnica fusoria impiegata per eseguire le colonne, mutuata dalla produzione delle armi da fuoco (Kirwin 1985 e 1997).

Per lo studio del Baldacchino, sono fondamentali le trascrizioni dei documenti (anche se talvolta incomplete) di Oscar Pollak 1931 (1981), II, 327-422.

Tuttavia, il riesame dei materiali d'archivio e dei disegni suggerisce ancora possibili riletture dell'opera e dell'organizzazione del suo cantiere.

3. IL PRIMO CANTIERE (1624-1627)

In breve, la costruzione del Baldacchino, che sfiora con la croce i trenta metri di altezza, avviene

in due fasi. La prima tra il 1624 e il 1627, dopo l'approvazione del progetto (Nocco 2009-2010) ha inizio con lo scavo dei quattro pozzi (2.2x2.7 m) di fondazione per le colonne (D'Amelio 2005). L'operazione fondale si rivela piuttosto complessa, vista la natura del terreno che è di riporto e, soprattutto, l'affiorare di resti della Necropoli precostantiniana di cui si era perduta memoria (Apollonj Ghetti, Ferrua, Josi, Kirschbaum 1940-1949). Una serie di rinvenimenti "imbarazzanti" che determina la decisione di Urbano VIII di secretare i lavori per non giustificare, all'Orbe cattolico, la presenza di sepolture pagane accanto ai resti mortali di Pietro su cui era stata fondata la chiesa di Cristo.

I pozzi fondali (oggi visibili al piano della Necropoli vaticana) sono riempiti con *opus coementicum* e costituiscono la base per i magnifici piedistalli, placcati da marmo di Carrara e da alabastro cotognino con sovrammessi gli scudi araldici intagliati da Francesco Borromini e Agostino Radi; quelle armi del pontefice regnante che tanto hanno scatenato la fantasia degli storici (in particolare Lavin 2012). I piedistalli hanno un nucleo centrale in travertino e arrivano, dal piano del pavimento, a m 2.70. Contemporaneamente, in due fonderie appositamente costruite nell'area Vaticana, vengono fusi i venti pezzi che compongono le quattro colonne tortili in bronzo; per meglio intendere, ciascuna colonna è composta da tre rocchi di cui il primo, in basso, è scanalato, da una base e da un capitello di ordine composito.

Il processo di fusione in bronzo per le colonne e per i tronchi di trabeazione è a cera persa con metodo indiretto che consente il riutilizzo delle forme per replicare lo stesso componente più volte. Diversamente i quattro angeli apicali posti sulle colonne, essendo tutti diversi, sono eseguiti a cera persa con il metodo diretto.

In estrema sintesi, per il metodo indiretto, il procedimento consiste nel definire un modello in gesso, rivestendolo di uno strato di *terra creta* dello spessore proporzionato all'opera in esecuzione; si stende sulla superficie di *terra creta* uno strato di gesso per realizzare con le controforme - divise in parti ricongiungibili mediante riscontri – la sua impronta in negativo sulla quale, successivamente, si modellano i fogli di cera con i particolari dell'opera finita.

La forma in negativo con lo strato di cera è dapprima montata su un'armatura di sostegno e successivamente riempita con un materiale refrattario (l'anima di fusione), vale a dire una miscela semiliquida di terra (il «luto»). A questo punto la forma in gesso è separata dallo strato di cera modellata, al quale si saldano bacchette cilindriche anch'esse di cera per creare i canali di colata e gli sfilatoi; tali canali facilitano il riempimento della forma, l'eliminazione l'aria prodotta in fase di fusione e il deflusso della cera fusa.

L'operazione procede con l'applicazione sulla cera modellata – mediante un pennello – di circa due cm di «luto» (detta camicia), stemperato con acqua per una migliore adesione alla superficie e poi si continua con l'applicazione di strati successivi dello stesso materiale dell'anima di fusione (mantello), rinforzato con fili o cerchiature di ferro in modo da limitare la spinta del bronzo durante le fasi di colata.

La nuova forma - costituita da uno strato di «luto» esterno e l'anima di fusione interna con l'interposizione della cera modellata - posta al calore del fuoco lascia fuoriuscire dagli scolatoi proprio la cera creando quel vuoto che sarà riempito dal bronzo fuso versato nei canali di colata. E' evidente che, alla fine dell'operazione, i pezzi sono ancora grezzi (con i canali e gli sfiatatoi attaccati e con le imperfezioni del getto) e necessitano di una finitura superficiale praticata con seghe, scalpelli, ceselli, lime e abrasivi sempre più fini.

I documenti contabili confermano il procedimento: Bernini "Hà formato di gesso detti modelli, insieme con colonne grandi. Vi ha gettato le cere tanto delle Colonne, basi e Capitelli, quanto di tutti i modelli, et ornamenti che vi andavano.

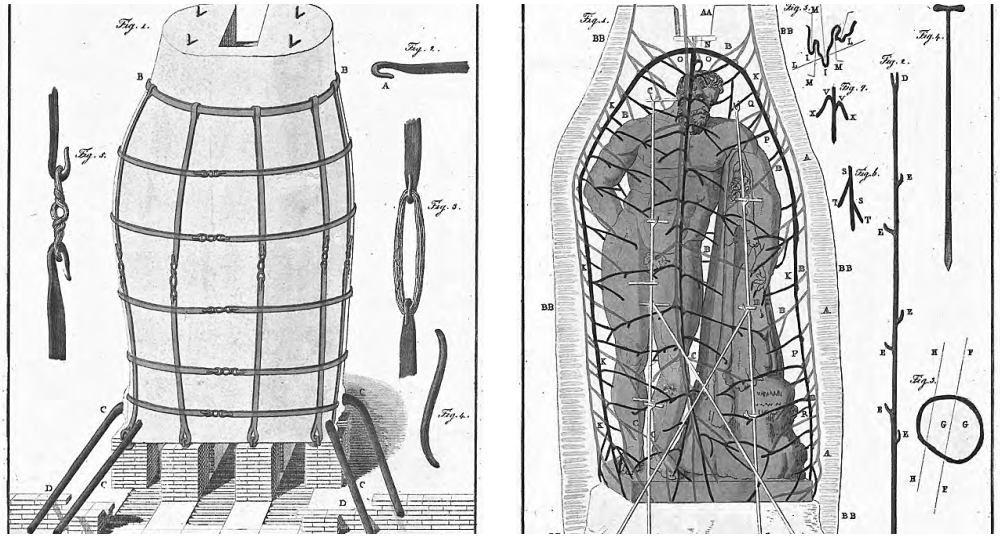


Fig. 2 – Del Bronzo, in Valadier 1828-1839 (ma 1992), II (1831), Tavv. CXLII e CXLI.

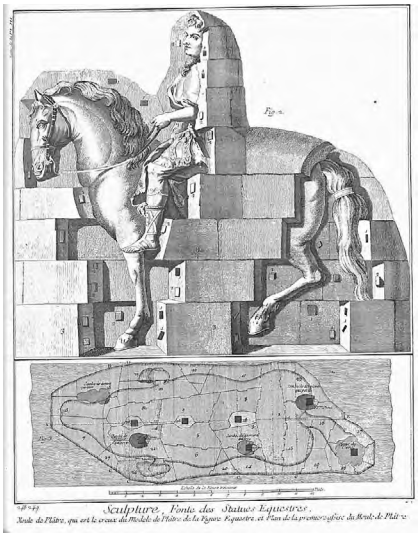


Fig. 3 – Fusione a cera persa con metodo indiretto, in Diderot - D'Alembert 1751-1580 (ma 2002).

Ha rinettato, e messo insieme tutti detti modelli di cera, riducendoli à modelli perfetti per poter gettare di metallo. Vi ha attaccato i getti, e sfiatatoro. Ha operato nelle prime mani di lutare, armar di ferro, calare, informare, cuocere, e sotterrare, fonder il metallo, e gettar di pezzi, quali sono stati 20" (AFSP, am. 1, rip. B, vol. 19).

I documenti rivelano che i modelli predisposti per le colonne sono: i tre rocchi di uno dei fusti ad andamento torzionale levogiro (per intenderci per la fattura delle colonne nord-est e sud-ovest del Baldacchino) e i tre rocchi di un fusto ad andamento destrogiro per le due restanti. Inoltre sono eseguiti i modelli di una base e di un capitello, dai quali i fonditori eseguono quattro basi e quattro capitelli in bronzo. Capitelli che sono eseguite con un *kalathos* liscio pressochè cilindrico a cui, successivamente, sono applicate le due "corone" di foglie d'acanto.

I pezzi fusi, portati in cantiere, sono montati, guadagnando le planarità tra gli elementi anche mediante l'inserimento di zeppe metalliche che

Fig. 4 – Il Baldacchino della Basilica di San Pietro, particolare del capitello e del tronco di trabeazione della colonna sud-orientale, in Spagnolo 2006, p. 37.

Fig. 5 – Il Baldacchino della Basilica di San Pietro, particolare, foto Saskia, in Kirwin 1997, fig. 66.

rimangono *in situ* e sono visibili a occhi nudo. Inoltre, i tre rocchi del fusto, la base e il capitello guadagnano la "monoliticità" mediante un getto di conglomerato che rende reciprocamente solidali i pezzi. Infatti, le colonne sono fuse cave, come fusti di cannoni, hanno un diametro di 1.44 m, l'altezza di 11.32 m e pesano, ciascuna, oltre 9 tonnellate senza tener conto del riempimento di conglomerato (vedi rilievo fotogrammetrico in Kirwin 1997).

Dunque in questa prima fase le lavorazioni a umido (le fondazioni, la fattura dei piedistalli, il getto di solidarizzazione) e a secco si alternano (montaggio degli elementi bronzei delle colonne). Di questo primo cantiere, tuttavia, la foggia delle impalcature e la natura delle macchine di cantiere non sono note; sul ponteggio costruito, si trova solo un cenno nel *Diario di Roma* di Giacinto Gigli, che nel novembre del 1626 scrive: per "alzare l'Altare di San Pietro et (con ordegni meravigliosi) sollevatolo così intiero da terra, aveva fatto aggiungere alli scalini vecchi, altri quattro scalini di marmoro, et di suo ordine in questo tempo si lavoravano 4 gran colonne di bronzo per adornare il medesimo Altare" (Gigli 1608-1644 (ma 1994), I, p. 160).

Il 29 giugno 1627, con una solenne cerimonia sono inaugurate le sole colonne salomoniche, prive di trabeazione (Pollak 1931 (1981), II, pp. 343-344); esse rimangono, sino all'estate del 1628, isolate e libere nello spazio della crociera, tanto ammirate da essere ritenute di ineguagliabile bellezza: addirittura il *non plus ultra,* "non più oltre" secondo Ioannes Guillelmus Vernerey autore di un poemetto epico sull'impresa voluta da Urbano VIII (Vernerey 1629).

4. IL SECONDO CANTIERE (1628-1633)

Il 14 febbraio 1628, Bernini firma il contratto per il completamento del Baldacchino di San Pietro (Pollak 1931 (1981), pp. 329-330, 350-352). L'ultimazione dei lavori prevista per il 1 agosto

1631, però, non verrà rispettata e l'inaugurazione dell'opera avverrà con 22 mesi di ritardo, vale a dire il 29 giugno 1633.

Tra la primavera del 1628 e quella del 1633, si procede alla fusione dei quattro angeli apicali che pesano dalle 6579 alle 7818 libbre (1 libbra 0,339 Kg), mentre nell'agosto 1628 si realizzano i modelli per i tronchi di trabeazione, anch'essi fusi in bronzo.

Nell'estate del 1628, sulle quattro colonne è issato il modello del coronamento in legno in scala 1:1, completo di statue in *papier-mâché* degli angeli, dei putti e del Cristo, poggiato all'incrocio dei due archi secondo le indicazioni del progetto del 1624, cioè come si vede nella medaglia coniata per il quarto anno del pontificato barberiniano (1626, Città del Vaticano, BAV, Medagliere, XXII-39) e nel disegno attribuito a Agostino Ciampelli, ma modificato da altra mano (in esso si intravvede la Cattedra di San Pietro che lo stesso Bernini eseguirà solo dal 1656).

Il modello a scala del reale del coronamento assolveva a più esigenze: la prima, verificare il progetto contestualizzandolo nello spazio; la seconda surrogare la parte mancante fino alla fase finale dell'opera. Questa operazione, peraltro, era resa possibile dal fatto che, come detto, il processo di fusione implicava la predisposizione dei modelli al vero, i quali montati provvisoriamente in opera, erano utili strumenti di controllo del progetto.

Eppure dall'estate del 1628 e fino al 1632, i lavori avanzano lentamente, concentrati quasi esclusivamente sulla fusione degli angeli e del Cristo. Una situazione stagnante a cui non deve essere stata estranea la morte di Pietro Bernini (Firenze 6 maggio 1562 – Roma 29 agosto 1629, padre di Giovan Lorenzo) impegnato a tempo pieno nelle fonderie; alla sua origine fiorentina si deve una certa dimestichezza con la fusione in bronzo, tecnica rifiorita in età rinascimentale proprio nella città toscana.

Peraltro, la morte di Pietro avviene nel periodo in cui si procede alla fusione del Cristo Reggistendardo che concludeva l'eroica composizione. Questa statua, più grande del naturale, per essere collocata sul vertice della Baldacchino (laddove i quattro semiarchi si saldavano a una piastra dissimulata da nubi e da putti) doveva essere la più leggera possibile per non gravare troppo sulla struttura. La leggerezza della statua poteva essere ottenuta solo riducendo al minimo gli spessori del metallo (la cosiddetta parete del getto), comportando però una fusione tecnicamente molto complessa e con un grado elevato di insucesso.

Al contrario degli angeli sulle colonne potevano avere un peso anche notevole per essere efficaci contrappesi per le colonne stesse.

Pertanto, nella vicenda costruttiva del Baldacchino, la scomparsa di Pietro deve essere ancora valutata appieno; infatti, la storiografia ha giustificato il ritardo dei lavori con alcune criticità affiorate dopo il montaggio del modello del coronamento secondo il progetto del 1624 (valido sino al 1630 ca); criticità identificate, per taluni, soprattutto nell'inadeguatezza dimensionale del Baldacchino rispetto alla crociera mentre, per altri, in una variazione del programma iconografico che avrebbe preferito il globo e la croce alla statua del Cristo Reggistendardo.

Per chi scrive, sembra più plausibile che la rinuncia alla prima soluzione del coronamento - con i semiarchi e il Cristo - sia motivata più per i rischi connessi a un sistema statico così audace, cioè quattro colonne libere sottoposte alla spinta degli archi, caricati della statua bronzea; in quel caso, anche un minimo cedimento fondale o una disarticolazione dei componenti, avrebbe causato il crollo e la rovina del Baldacchino sull'altare papale, pregiudicando non solo i 'santi' manufatti, ma compromettendo l'immagine stessa della Chiesa.

Ai primi mesi del 1631, dunque, risale la ridefinizione di Bernini per il coronamento del Baldacchino, di cui rimane traccia in tre fogli

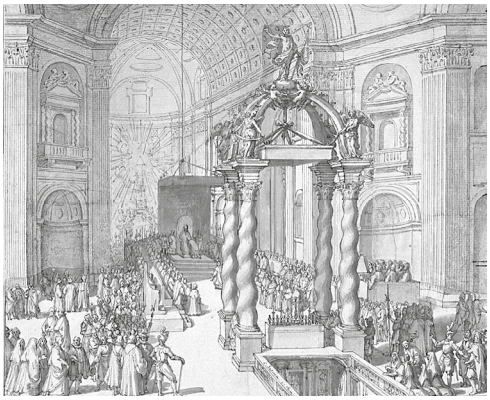


Fig. 6 – A. Ciampelli (attribuito) con modifiche di altra mano, Il Baldacchino di San Pietro, 1628 ca, New York, The Pierpont Morgan Library, Acc.no. 1969.12.

Fig. 7 – Il Baldacchino della Basilica di San Pietro, particolare del coronamento.

conservati a Vienna e a Roma (Wien, Albertina, Arch. Hdz. Rom nr. 769 r e v; Città del Vaticano, BAV, Barb. Lat. 9900, f. 2); in essi, egli propone numerose alternative fissate in rapida successione da schizzi che restituiscono con chiarezza il suo percorso progettuale.

La data del 1631 per i due fogli di Vienna sembra confermata dai pagamenti per i modelli del progetto definitivo, condotti sia in scala ridotta sia in scala al vero. Del 1631, infatti, sono i saldi per un modello ligneo, in rapporto di 1:12 (alto 2,34 m, base di 93x78 cm, Pollak 1931 (1981), II, pp. 381-382) realizzato da Giovan Battista Soria e sistemato sotto una delle logge delle Reliquie; a questo modello segue un secondo modello del coronamento, in scala 1:1, nel quale compare la variante delle volute a dorso di delfino. Il modello viene issato il 26 luglio 1631 ed è finito anche con la doratura (Pollak 1931 (1981), II, pp. 370-372).

E' il momento del passaggio dal coronamento con quattro archi di cerchio del 1624 a una soluzione con quattro semiarchi inflessi o a chiglia (per intenderci quelli indicati nella storiografia, appunto, come volute a dorso di delfino) che evocano il profilo di un baldacchino di morbido tessuto, 'annodato' in cima e allargato verso il basso.

Come acutamente hanno osservato Brauer-Wittkower (1931, I, p. 20) questa soluzione adottata verticalizza la composizione: le quattro colonne, collegate dalle quattro terne di volute, entrano in un sistema potentemente dinamico che parte dal basso e culmina nella croce.

Tuttavia al Cristo si continua a lavorare in fonderia fino alla fine gennaio del 1633 (Pollak 1931 (1981), II, p. 368), vale a dire pochi mesi prima dell'inaugurazione del Baldacchino. Tuttavia la fusione deve essersi conclusa con un insucesso visto che la statua resulta ineseguita; seppure dai primi mesi del 1631, nei disegni compare sempre l'abbinamento globo-croce, non è peregrino pensare che solo l'idea di issare una grande statua sull'apice compositivo giustifica la dimensione esuberante della piastra mistilinea di raccordo delle volute anche della seconda soluzione. Se così non fosse, la piastra è sovradimensionata come è ben evidente (D'Amelio 2009a e b, con l'ipotesi che globo e croce fossero provvisori).

Per la stessa soluzione definitiva del coronamento si può proporre una lettura in controtendenza

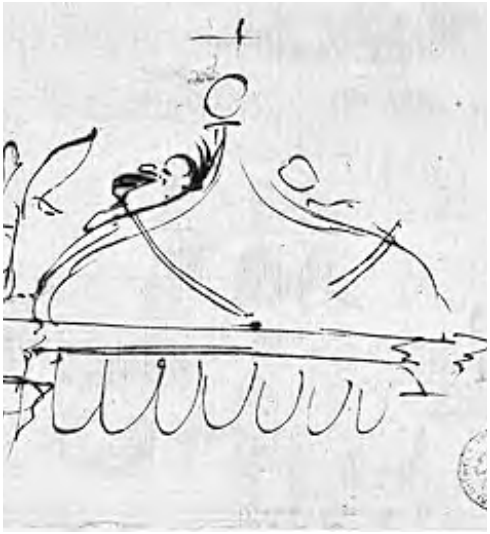


Fig. 8 – G.L. Bernini, Ipotesi per il coronamento del Baldacchino di San Pietro, 1631 ca, BAV, Barb. Lat. 9900, f. 2.

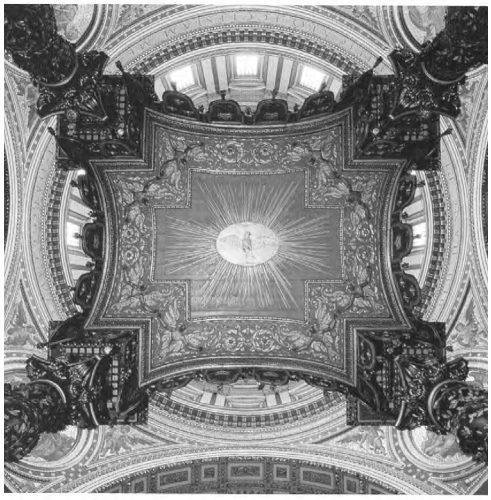


Fig. 9 – Il Baldacchino della Basilica di San Pietro, intradosso del 'cielo' con lo Splendore dello Spirito Santo.

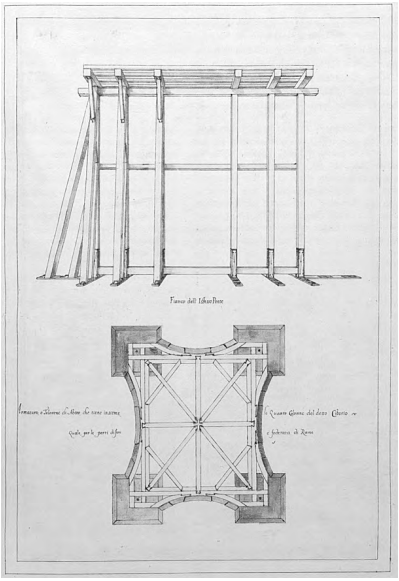


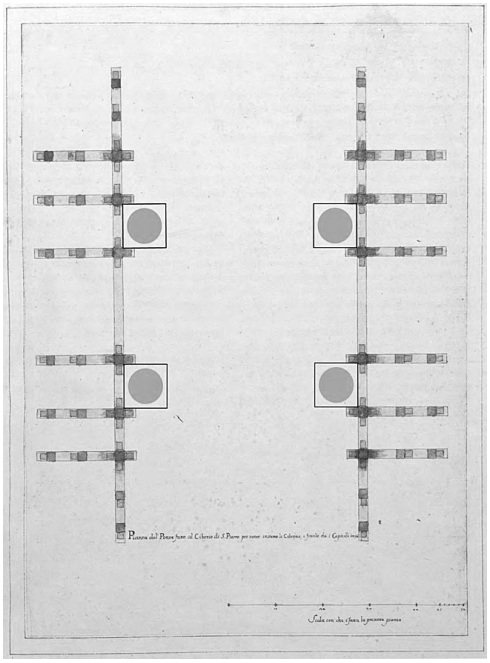
Fig. 10 – B. Drei, Ponteggio per la costruzione del coronamento del Baldacchino di San Pietro e telaio di collegamento dele colonne, Windsor Castle, UK, RL, inv. 10451, Architettura Civile, fol. 94.

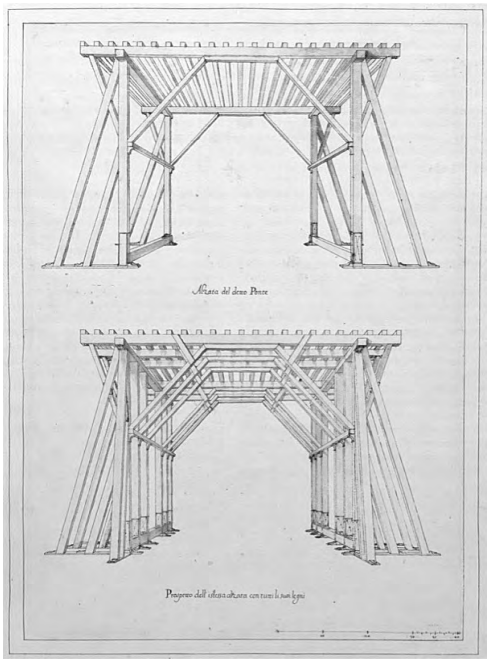
rispetto la storiografia consolidata. Infatti, nello schizzo conservato nella Biblioteca Apostolica Vaticana (BAV, Barb. Lat. 9900, f. 2), giustamente considerato dai critici un disegno di sintesi di grande efficacia, è anche possibile intravvedere il disappunto di Bernini nell'abbandonare la sua prima magnifica idea, quella di far librare a 30 metri d'altezza e nel vertiginoso vuoto della crociera di San Pietro il suo colossale Cristo interamente "d'oro" con le vesti e lo stendardo sommossi dal vento divino. E' verosimile che Bernini – allora prima scultore che architetto - abbia vissuto come un parziale fallimento la rinuncia alla statua di bronzo dorata a favore dei più modesti e, senza possibilità di smentita, inadeguati elementi quali la croce e il globo.

Anacronistici calcoli statici condotti per questi studi fanno pensare a una compiuta stabilità dell'opera. Non a caso, nella sua lunga carriera, Bernini tornerà sul tema del "peso posto in falso", come, per esempio, nella sfortunata vicenda (dal 1637) del campanile meridionale di San Pietro

(smontato nel 1646) o nel fortunato progetto della fontana dei Quattro Fiumi a piazza Navona, dove l'obelisco poggia sul vuoto, cioè su un antro scavato nel vivo di uno scoglio di travertino, quasi in procinto di crollare sotto il suo enorme peso, in modo da sorprendere e meravigliare gli spettatori.

Il disegno appena commentato determina una scelta esecutiva molto importante perchè la sostituzione del Cristo con il globo e la croce non è l'unica rinuncia che Bernini è costretto a fare. I pochi, rapidi tratti del disegno mostrano il 'cielo' del Baldacchino complanare e 'fuso' al cornicione della trabeazione. Infatti, per la sicurezza dell'opera, egli si trova costretto a imbrigliare le quattro colonne con un diaframma piano - una struttura lignea di irrigidimento - posta sopra il 'cielo' (il soffitto con lo Splendore dello Spirito Santo) del Baldacchino e, dunque, invisibile dal basso. La struttura, che è tra soffitto e un tavolato superiore, è disegnata su un foglio conservato a Windsor Castle (Windsor Castle, London, RL, 10451, Architettura Civile, fol. 94). Si tratta di un telaio chiuso (*Armatura* o *Telarone*) che collega i cornicioni dei tronchi di trabeazione delle colonne e che si trova, quindi, sotto alla quota dei piedistalli lignei su cui sono gli angeli bronzei. E' un telaio rettangolare, dai vertici eccentrici rispetto alle colonne, inanellato da elementi sagomati, in accordo con le cornici del Baldacchino. Nel disegno si contano 54 pezzi costituenti, tra loro chiodati, congiunti a coda di rondine e 'calettati' per essere solidali recprocamente; inoltre, nel centro della trabeazione è raffigurata la sezione quadrata di una barra di ferro annegata nelle colonne e celata all'interno degli angeli.





Figg. 11 e 12 – B. Drei, Ponteggio per la costruzione del coronamento del Baldacchino di San Pietro, Windsor Castle, UK, RL, invv. 10449, 10450, Architettura Civile, foll. 92, 93 (nella pianta sono posizionati i piedistalli e le colonne), elaborazione grafica P. L. Traini.

Le colonne, dunque, non sono più libere come le colonne onorarie del progetto del 1624 che, collegate dai semiarchi non erano imbrigliate da un'architrave continua. Nel progetto del 1631, esse sono sì intelaiate, ma con una vistosa "sgrammaticatura", essendo rilegate alla quota del cornicione di trabeazione e non alla quota 'canonica', cioè all'altezza dell'architrave.

Che sia una soluzione ambigua, lo conferma la scelta di Bernini che per dissimulare, almeno percettivamente, l'indipendenza tra le colonne e il 'cielo' del Baldacchino, 'ripiega' i quattro pendoni del *lambrequin* (che borda la struttura di collegamento) in prossimità della trabeazione.

I disegni conservati a Windsor Castle (Windsor, London, RL, invv. 10449, 10450, 10451, Architettura Civile, foll. 92, 93, 94) rivelano che per montare il modello del coronamento (1631) e il coronamento stesso (1633), non è stata realizzata una struttura provvisionale sfruttando le colonne di bronzo, già *in situ* dal 1627; essendo le colonne ancora 'libere' (non intelaiate), forse, esse non offrivano come sostegno un adeguato margine di sicurezza. Oppure è la delicatezza del loro decoro (putti, api, rami di alloro) che suggeriva una certa prudenza in un simile uso.

E' invece allestita un'impalcatura ideata da Benedetto Drei, al tempo fattore della Fabbrica di San Pietro. La pianta dell'impalcatura (composta da sei montanti intelaiati e controventati) può essere meglio compresa verificandola con il rilievo fotogrammetrico del Baldacchino, pubblicato da Chandler Kirwin (1997, figg. 141-142); confrontando gli elaborati, è possibile ricostruire il posizionamento del ponteggio rispetto le colonne bronzee, le quali erano incastonate tra i quattro intervalli più ampi definiti dai montanti confraffortati.

In particolare, il disegno (Windsor, London, RL, inv. 10450, Architettura Civile, fol. 93) raffigura la struttura provvisionale in due immagini didascaliche che spiegano, anche con la semplice osservazione, l'elementare operazione di montaggio dei numerosi pezzi che compongono il ponteggio, rappresentato in due momenti del suo allestimento. Sul foglio, in alto, è l'impalcatura composta da quattro montanti, piantati su elementi lignei orizzontali e bloccati da 'gattelli'. I montanti sono collegati da una traversa alla base e da una trave in alto; essi sono stabilizzati da un doppio rango di puntoni posti ad altezza diversa per contraffortare il telaio (puntone alto) e per sostenere il 'contraffisso' o 'rompitratta' (puntone basso); il loro piede è irrobustito da un 'bicchiere' metallico.

In sommità, due travi sostengono 23 travetti ('morali') che costituiscono il piano di lavoro, un autentico 'graticcio', simile a quello delle torri sceniche teatrali che consente di attrezzare il piano con carrucole e puleggie.

Il disegno in basso mostra lo stesso ponteggio completato in tutti i suoi componenti, compreso il doppio sistema di puntoni che stabilizzano, nelle due direzioni, i quattro montanti angolari. Davies e Hemsoll (2013, pp. 81-87) hanno sostenuto che, inspiegabilmente, nei disegni del ponteggio sono stati emendati i fori praticati nel piano di lavoro per allogare le colonne di bronzo.

In effetti, lo studio di queste due prospettive sollecitano ulteriori riflessioni; ipotizzando che il ponteggio sia stato impiantato sul pavimento della Basilica, il piano di lavoro si sarebbe venuto a trovare a 10.60 m, cioè sotto la quota (12.70 m) del sommoscapo della colonna. Ciò significa che per arrivare ad allestire il 'cielo' del Baldacchino e il telaio ligneo di collegamento delle quattro colonne (*Armatura* o *Telarone*, in Windsor Castle, London, RL, 10451, Architettura Civile, fol. 94) posto a circa 16.00 m, debbono essere state realizzate ulteriori andatoie e impalcati di servizio.

I tre disegni hanno un chiaro intento didattico, essendo due di essi corredati da scala grafica espressa in palmi romani. Davies e Hemsoll (2013, pp. 81-87) hanno avanzato l'ipotesi, con buona

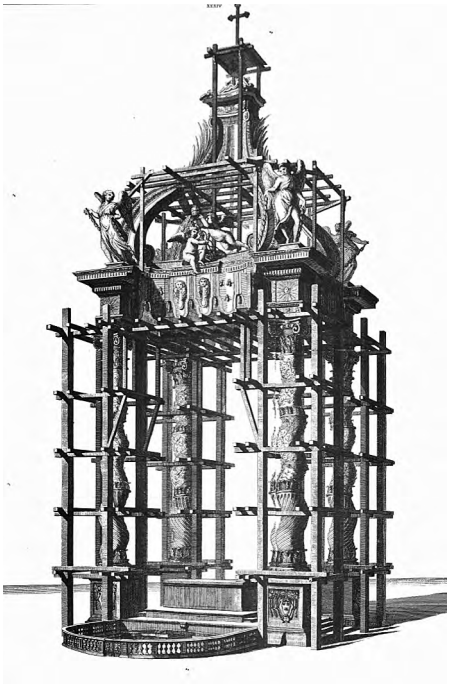


Fig. 13 – B. Gambucciari (del. e inc.), Castello servito per ripulire l'ornamento della Confessione dei SS. Apostoli nel Vaticano, in Zabaglia 1743, tav. XXXIV.

ragione, che tali disegni fossero destinati a essere incisi per illustrare un volume sul Baldacchino che perpetuasse l'operatività messa in campo per l'impresa (simile a quanto eternato nel volume di Domenico Fontana, *Della Trasportazione dell'Obelisco Vaticano*, Roma 1590). L'ipotesi trova conferma non solo per l'accuratezza dei disegni ma anche per la loro natura - piante e prospetti, ma anche prospettive - queste ultime abitualmente non elaborate per fornire indicazioni alle maestranze di cantiere.

Un progetto editoriale evidentemente mai dato alle stampe; tuttavia, quando si procederà al primo restauro del Badacchino (alla fine del Seicento e anche a quello del 1758, D'Amelio 2009b), l'impalcatura avrà foggia diversa, come mostra l'incisione di Baldassarre Gambucciari, in foglio imperiale, pubblicata nei *Castelli e Ponti di Mastro Nicola Zabaglia* (Roma 1743) che, però, nella sua rappresentazione appare troppo riassuntiva per comunicare, a chi non è navigato nel mestiere, tutte le informazioni necessarie per la replica di un ponteggio di trenta metri di altezza, svincolato dal telaio bronzeo per non danneggiarne l'ornato a rilievo.

Infine, nel foglio Windsor, London, RL 10451, Architettura Civile, fol 94 è una didascalia rivelatrice di un segreto, al tempo conosciuto da pochi e invisibile ai più; essa recita: "Armatura (...) Quale, per le parti di fori è foderata di Rame". Commenta, cioè, una struttura di legno celata da una fodera di rame e non una struttura in bronzo.

Nel 1632, è probabile che difficoltà operative insuperabili oppure il ritardo accumulato debbono aver indotto alla rinuncia della fusione in bronzo del coronamento; tempi abbreviati ed economicità nel lavoro suggeriscono un cambio radicale della tecnica impiegata, dalla fusoria al modellamento diretto delle lamine metalliche. L'idea è impiegare il legno lavorato secondo i profili delineati da Bernini ma placcandone le superfici con sottile lamine di rame, sbalzate, cesellate, brunite e dorate per simulare il bronzo. Insomma una carenatura metallica su anime di abete che permette la semplificazione del lavoro, accelerando il completamento dell'opera, con un consederevole risparmio economico e, soprattutto, una soluzione che inganna l'occhio non differenziandosi per cromia dalle parti del Baldacchino già realizzate in bronzo.

Nel 1632, dunque, si ricorre alla toreutica, una tecnica artistica remota, che richiede un lavorazione più prossima all'arte orafa che all'architettura.

Per comprendere il processo può essere utile studiare il disegno esecutivo che Borromini predispone per il *lambrequin;* si tratta di un elaborato che risale, appunto, alla fase del progetto che vede

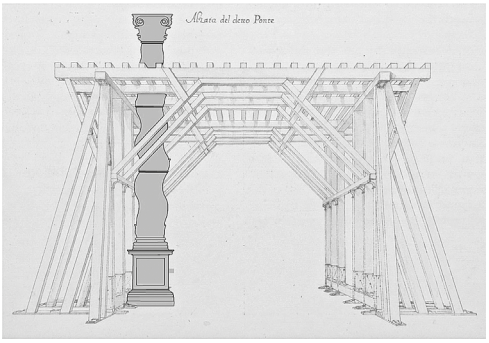


Fig. 14 – B. Drei, Ponteggio per la costruzione del coronamento del Baldacchino di San Pietro, Windsor Castle, UK, RL, inv. 10450, Architettura Civile, fol. 93 (con l'inserimento della colonna sudorientale), elaborazione grafica P. L. Traini.

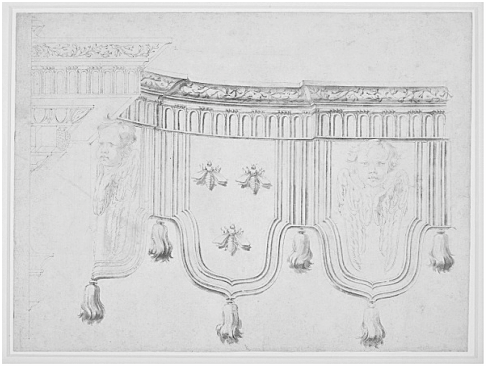


Fig. 15 – F. Borromini, Disegno per il lambrequin, Windsor Castle, UK, RL, inv. 5637 (RCIN 905637).

l'introduzione di tecniche esecutive differenti dalla fusione in bronzo.

Anche con le approssimazioni temporali legate alla corresponsione economica di un lavoro già eseguito e tarato, sulla scorta dei pagamenti contabili è possibile stabilire il momento in cui si verifica questo mutamento, verosimilmente nell'autunno del 1632; Borromini, infatti, è pagato per "disegnare e modellare gli intagli che si fanno in piastra", cioè in lamine di rame sbalzato (Pollak 1931 (1981), II, p. 374). Forse il disegno appartiene a un gruppo di "sei disegni grandi che (Borromini ndr) fa per le piastre di Rame" (15 dicembre 1632, Pollak 1931 (1981), II, p. 374). L'idea è di terminare il Baldacchino con elementi in legno (castagno-abete-ontano per volute, piastra sommitale, 'cielo', lambrequin ecc.) collegati con staffe e paletti in ferro; questo scheletro ligneo dalle sinuose forme di quattro terne di archi inflessi è celato magistralmente dietro a duttili piastre di rame.

Il disegno di Borromini illustra un tratto del *lambrequin* con pendoni (uno con un cherubino alato e l'altro con le api barberiniane) che ricordano le stoffe e i tessuti dei baldacchini effimeri; la morbidezza è evocata dal pendone angolare che si piega mollemente, a ridosso della trabeazione (di cui è tracciato il profilo), per simulare un'indipendenza fittizia del 'cielo' del Baldacchino. Una 'sericità' richiamata anche dalla passamaneria di finitura dei pendoni con una doppia bordura che ne profila i contorni e dalle grandi nappe libere di oscillare. Thelen (1967a, p. 31) ha evidenziato la cura di Borromini in questi disegni di dettaglio, condotti con "insolita finezza delle nervature nel tracciamento delle linee e con maestria per l'acquarellatura a *bistrot*"; soprattutto l'architetto ticinese è stato attento a marcare le ombre proprie e portate che servono a indicare le profondità dei piani del modellato.

La finalità del disegno, infatti, è di fornire le informazioni all'intagliatore per la realizzazione delle piastre di betulla, da scolpire in bassorilievo con i motivi da produrre, poi, sulla lamina di rame, mediante la deformazione plastica del metallo.

La lavorazione ricorre a una tecnica in auge in Egitto, Grecia e Etruria prima del V secolo a.C. specie per la realizzazione di statue di grandi dimensioni, eseguite con lamine metalliche, poi applicate su uno scheletro di legno (Maltese 1973); infatti, fino ad allora, la fusione in bronzo era riservata solo a manufatti di piccola dimensione. La messa a punto, in età ellenistica e romana, di

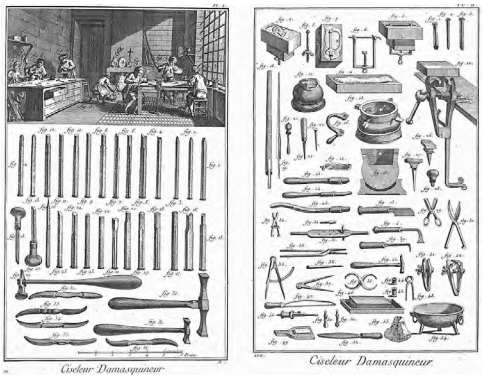


Fig. 16 – Stumenti per la martellatura diretta del metallo, in Diderot - D'Alembert 1751-1580 (ma 2002).

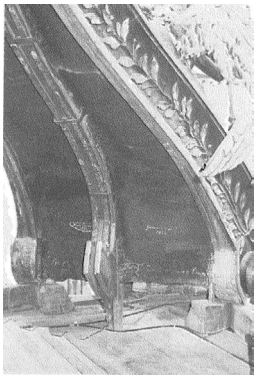


Fig. 17 – Il Baldacchino della Basilica di San Pietro, particolare (foto Saskia, in Kirwin 1997, fig. 115), foto Saskia, in Kirwin 1997, fig. 115.

un procedimento economico di doratura e di argentatura del bronzo ha relegato la toreutica alla creazione di oggetti di piccola dimensione; peraltro, nel Rinascimento e ancora nel Seicento, Roma era uno dei centri di produzione dei corami vale a dire cuoio bulinato, stampigliato, dorato, argentato, dipinto, ma anche modellato a rilievo con martellatura a sbalzo.

Dunque, la tecnica prevedeva che la lamina metallica fosse modellata a rilievo sia battendo con punzoni la superficie interna (sbalzo) sia martellando la superficie esterna su un modello di materiale duro, in modo che la lamina vi si adattasse. La lavorazione delle lamine implicava la conoscenza il procedimento della ricottura; infatti, poiché il metallo a seguito della battitura diventa più duro o incrudisce, per eseguire il lavoro si rende necessario scaldare la lamina al calor rosso per lasciarla, poi, raffreddare lentamente. In questo modo essa riacquista la primitiva elasticità (Maltese 1973). Le operazioni di martellamento e di ricottura erano ripeture tante volte fino al raggiungimento della forma voluta. Lo sbalzo e il martellamento erano in genere associate ad altre tecniche quali quelle del cesello e del bulino; tali strumenti servivano sia a tracciare sulla lamina il disegno da sbalzare sia a eseguire le necessarie rifiniture sulla faccia anteriore della lamina già sbalzata o martellata e applicata all'anima lignea.

Dunque, Borromini viene pagato per disegnare le decorazioni che si "fanno in piastra" e, ancora, per delineare "in grande tutte le Centine, piante, cornici, fogliami, et altri intagli, che vanno dentro alle Costole et Cimase, et di più sia obbligato a segnarli sul rame et rivederli acciò li falegnami et quelli che battono il rame non possono errare" (Pollak 1931 (1981), II, p. 374).

Per inciso, modellati di rame sono anche gli otto putti (alti 2.50 m ca) e i simboli di San Paolo (la spada e il libro) e di San Pietro (il triregno pontificale e le chiavi) che essi ostendono ai fedeli; anche globo (un ovoide per sembrare sferico nella vista dal basso) e croce sono di rame.

Peraltro, nell'autunno del 1632, quando è già passato oltre un anno dalla prevista conclusione dei lavori, l'idea di ricorrere alla toreutica non viene in mente a Bernini, nè a Borromini e neppure ai tecnici della Fabbrica di San Pietro.

La soluzione di realizzare il coronamento del Baldacchino surrogando il bronzo con legno le piastre di rame viene escogitata dallo scultore Stefano Speranza, abituale collaboratore di Bernini. Una scelta di ripiego, ma davvero provvidenziale per la quale a Speranza sono riconosciuti ben

"scudi 40 per havere havuto pensiero di far fare tutti gl'ornamenti di basso rilievo di Rame, che sono serviti per il Baldacchino, et aggiustarli in opera" (30 gennaio 1633, Pollak 1931 (1981), II, p. 375; D'Amelio 2005).

Un cambiamento radicale di materiale e di tecniche che consente di superare il lungo stallo nei lavori, permettendo di inaugurare il 29 giugno del 1633 - il giorno della festività dei Santi Pietro e Paolo – il Baldacchino "fatto di bronzo dorato s(opr)a l'altare de Smi Apostoli sostenuto dalle quattro grosse colonne della medesima maniera fabricate à foggia di quelle che erano nel tempio di Salomone (...), il tutto di bronzo dorato con spesa di più di 200.000 scudi" (BAV, Vat. Barb. 6353, f. 153, Avvisi).

La propaganda con gli *Avvisi*, appesi nei luoghi notevoli della città, aveva già iniziato il suo lavoro strisciante di mistificazione.

Ringrazio Pierluigi Traini (DICII, Università di Roma Tor Vergata) per il suo fattivo aiuto nell'elaborazione grafica.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Apollonj Ghetti, Bruno Maria, Ferrua Antonio, Josi Enrico, Kirschbaum, Engelbert, 1951. Esplorazioni sotto la Confessione di San Pietro in Vaticano eseguite negli anni 1940-1949, 2 vol., Città del Vaticano: Tipografia Poliglotta Vaticana.

Baldinucci, Filippo, 1682. Vita del Cavalier Gio. Lorenzo Bernini. Firenze: Stamperia di V. Vangelisti.

Baroero, Liliana 1990. La basilica dal Cinquecento ai nostri giorni. In S. Giovanni in Laterano, a cura di Carlo Pietrangeli, 145-176. Firenze: Nardini editore.

Bauer, George, 1983/1984. Bernini e i „modelli in grande". In *Gian Lorenzo Bernini architetto e l'architettura europea del Sei-Settecento*, a cura di Gianfranco Spagnesi, Marcello Fagiolo, vol. 1 (1983), 3 vols, 279–290. Rome: Istituto dell'Enciclopedia Italiana.

Bauer, George, 1996. Bernini and the Baldacchino: On Becoming an Architect in the Seventeenth Century. In *Architectura: Zeitschrift für Geschichte der Baukunst* 26, 144–165.

Bonanni, Filippo, 1696. Numismata Summorum Pontificum Templi Vaticani. Roma; Cesaretti & Paribeni caput XXIV, 119-132, tabb. 48-50.

Brauer, Heinrich - Wittkower, Rudolf, 1931. Die Zeichnungen des Gianlorenzo Bernini, 2 voll. Berlin: Verlag Heinrich Keller, I, 19-22, II, tabb. 6-8, 188a, 188b.

Bussagli, Marco, 2015. L'"addizione di Maderno": storia salomonica di San Pietro fino al „Baldacchino" di Bernini. In *Barocco a Roma. la meraviglia delle arti*, a cura di Maria Grazia Bernardini, Marco Bussagli (Rome 2015), 55–63. Milano: Skira.

Connors, Joseph, 2006. Bernini e il baldacchino di San Pietro. In *Petros eni/Pietro è qui*, a cura di Maria Cristina Carlo Stella, Paolo Liverani, Maria Luisa Polichetti, cat. mostra 2006, 105-110, Monterotondo: Edindustria.

D'Amelio, Maria Grazia, 2005, Tra ossa, polveri e ceneri: il "fuoriasse" del baldacchino di San Pietro a Roma. In *Annali di architettura* 17, 127-136.

D'Amelio, Maria Grazia, 2009a. "Costruir una "quimera": el ensamblaje y el acabado superficial de el Baldacchino de Gian Lorenzo Bernini en la Basilica de San Pedro en el Vaticano". In Actas del Sexto Congreso Nacional de Historia de la Construcción, a edited by Santiago Huerta Fernández, vol. 1, 375–384, Valencia, 21-24 octubre 2009.

D'Amelio, Maria Grazia, 2009b, Gian Lorenzo Bernini e gli ori del baldacchino di San Pietro in Vaticano: la doratura secentesca e il suo restauro. In *Annali di architettura* 21, 137-150.

Davies Paul – Hemsoll David, 2013. Renaissance and Later Architecture and Ornament, The Paper Museum of Cassiano dal Pozzo. Series A: Antiquities and Architecture (HMPMA), part ten, 2 voll. London: Royal Collection Trust in association with Harvey Miller Publishers, 81, tabb. 5-7.

Diderot, Denis - D'Alember, Jean Baptiste le Ronde, 2002. Encyclopédie. Tutte le tavole, Milano: Mondadori.
Fagiolo, Marcello, 2006. Dal Baldacchino al Colonnato: la definizione berniniana della basilica vaticana. In *Roma barocca: Bernini, Borromini, Pietro da Cortona* (Rome 2006), a cura di Marcello Fagiolo, 144–157. Milano: Electa.
Fehl, Philipp, 1976. The ‚Stemme' on Bernini's Baldacchino in St Peter's: A Forgotten Compliment. In *Burlington Magazine* 118, 484–491.
Fraschetti, Stanislao, 1900. Il Bernini, la sua vita, la sua opera, il suo tempo. Milano: U. Hoepli, 55-67.
Gigli, Giacinto (1608-1644) ma 1994. Diario di Roma, a cura di M. Barberito, Roma: Colombo.
Kauffmann, Hans, 1970. Giovanni Lorenzo Bernini: Die figürlichen Kompositionen. Berlin: Mann.
Kirwin, William Chandler, 1985. Urban VIII and Bernini in St. Peter's: Discovery through Contact. Eröffnungs- und Plenarvorträge, edited by In Elisabeth Liskar, Akten des XXV. Internationalen Kongresses für Kunstgeschichte, pp. 125–132, Wien, 4-10 September 1983.
Kirwin, William Chandler, 1997. Powers Matchless: The Pontificate of Urban VIII, the Baldachin, and Gian Lorenzo Bernini, Hermeneutics of art, 6, New York: Peter Lang.
Lavin, Irving, 1984. Bernini's Baldachin: Considering a Reconsideration. In *Römisches Jahrbuch für Kunstgeschichte* 21, 405–414.
Lavin, Irving, 2009. The Baldacchino: Borromini vs Bernini; did Borromini Forget Himself? In Irving Lavin, *Visible Spirit: The Art of Gianlorenzo Bernini*, Vol. II, 2, 1336–1384. London: The Pindar Press.
Lavin, Irving, 2012. Footsteps on the Way to Redemption: The Pedestals of Bernini's Baldacchino in St. Peter, in *La basilica di San Pietro: fortuna e immagine*, a cura di Giovanni Morello, 245-313. Rome: Gangemi.
Liverani, Paolo, 1999. La topografia antica del Vaticano. Città del Vaticano: Monumenti, Musei e Gallerie Pontificie, 133-144, 159-160.
Maltese, Corrado 1973 (a cura di). Tecniche di lavorazione dei metalli, in *Le tecniche artistiche,* 43-44, Milano: Ugo Mursia Editore S.p.A.
Marder, Tod Allan, 1998. Gian Lorenzo Bernini, Milano, Hong Kong: Rizzoli, 27-42.
Nocco, Maria Antonia, 2009/2010. Gian Lorenzo Bernini per la crociera di San Pietro: nuovi contributi ed antiche testimonianze. In *Bollettino d'arte* 7, 117–140.
Pollak, Oscar, 1931 (1981). Die Kunsttätigkeit Urban VIII, 2 voll. Wien und Brünn, Reprint: Hildesheim II, 306-421.
Portoghesi, Paolo, 1966. Roma Barocca, Roma: Bestetti.
Portoghesi, Paolo, 2006. *Concordia discors*, in *Roma barocca: Bernini, Borromini, Pietro da Cortona* (Rome 2006), a cura di Marcello Fagiolo, 24–59. Milano: Electa.
Rice, Louise, 2008. Bernini and the Pantheon bronze. In Sankt Peter in Rom 1506-2006, edited by Georg Satzinger e Sebastian Schütze, Beiträge der internationalen Tagung vom 22.-25. Februar 2006 in Bonn, 337-352. Munich: Hirmer.
Schütze, Sebastian, 1994. „Urbano inalza Pietro, e Pietro Urbano". Beobachtungen zu Idee und Gestalt der Ausstattung von Neu-St. Peter unter Urban VIII. In Römisches Jahrbuch der Bibliotheca Hertziana 29, 213–287.
Schütze, Sebastian, 2014. St. Peter und der Vatikan. In Bernini. Erfinder des barocken Rom, edited byHans--Werner Schmidt, Sebastian Schütze, Jeannette Stoschek, 136–225, Bielefeld, Museum der Bildenden Künste Leipzig/Leipzig /2014-11-09/2015-02-01.
Spagnolo, Maddalena (2006): Bernini: Il baldacchino di San Pietro. Modena: Panini.
Thelen, Heinrich, 1967a. Zur Entstehungsgeschichte der Hochaltar-Architektur von St. Peter in Rom. Berlin: Verlag.
Thelen, Heinrich, 1967b. Francesco Borromini: Die Handzeichnungen, 2 voll., Graz: Akademische Drunku Verlagsanstalt.

Tuzi, Stefania, 2002. Le colonne e il Tempio di Salomone: la storia, la leggenda, la fortuna. Roma, storia cultura immagine, 11. Roma: Gangemi.
Valadier, Giuseppe 1828-1839 (ma 1992). L'architettura pratica dettata nella Scuola e Cattedra dell'insigne Accademia di S. Luca, Roma: Sapere 2000.
Vernerey, Ioannes Guillelmus, 1629. Urbano 8. Pont. Opt. Max. erectis aeneis in Vaticana Basilica quatuor columnis. Non plus ultra. sacrum dicat elogium. Romae: apud haeredem Bartholomaei Zannetti.
Zabaglia, Nicola 1743. Castelli, e ponti di Maestro Niccola Zabaglia con alcune ingegnose pratiche, e con la descrizione del trasporto dell'Obelisco Vaticano, e di altri del Cavaliere Domenico Fontana, Roma: Marco Pagliarini.

Some Reflections on Construction History and How it May Develop

Addis, Bill[(1)*]
[(1)]*bill.addis@cantab.net*
[*]*Co-editor, Construction History*

ABSTRACT

The author notes that most construction history has concentrated on the history of construction materials, construction techniques, and the development of structural forms, augmented by the history of the theory of structural mechanics and strength of materials. The history of engineering design has been given relatively attention and, when it is discussed, it is usually portrayed as a process of 'putting theory into practice'. This does not fit well with the author's experience of engineering design and an alternative model for engineering design is proposed in which the 'design procedure' plays a central role. This alternative epistemology of structural engineering identifies design as a different type of knowledge from theory and practice. The author uses the concept of the design procedure to discuss the nature of progress in engineering design in which it plays a role similar to that of the 'scientific theory' in the history of science and the study of scientific progress. A number of 'design revolutions' are described, analogous to the 'scientific revolutions' proposed by Thomas Kuhn.
The paper follows with some discussion of the potential uses of construction history and, after a brief review of the recent development of the discipline over the last thirty years, concludes with some ideas about how construction history might develop in the future.

Keywords: epistemology, engineering knowledge, progress, discipline, history of ideas, construction history.

1. INTRODUCTION

In his keynote lectures at Construction History congresses in Chicago (2015) and in Segovia (2015), Santiago Huerta presented a history of Construction History as an emerging discipline.[1] Huerta traced the development of the discipline from its emergence in the mid-eighteenth century to the present day. Piranesi's studies of classical buildings in the 1750s were developed during the nineteenth century by Rondelet, Choisy and Durm.[2] In the nineteenth century Gothic construction attracted the attention of Willis, Viollet le Duc and Ungewitter, who have been followed by many others. Also in the nineteenth century Durm studied the great buildings of the Renaissance and

[1] *These lectures have not yet been published.*

[2] *Full details of these authors' main works can be found in the bibliography of my book Addis (2007). This is also available on the Construction History Society website, http://www.constructionhistory.co.uk/wp-content/uploads/2014/09/CHS-Bibliography.pdf*

Baroque eras and Edward Cresy devoted a large part of his great encyclopaedia of civil engineering to the history of construction, including many great buildings. (Cresy 1843) In the twentieth century, Parsons, Straub, Werner and Cowan wrote wide-ranging histories covering many types of construction during many eras. These and many other more-specialised studies have appeared since then, focusing mainly on the materials, structures and construction methods for buildings, bridges and other civil engineering works.

In parallel with these studies of completed structures, there have also been many studies of the origins and development of engineering theory, especially structural science, including the works of Timoshenko, Benvenuto, Heyman, Cowan and Kurrer.

Beyond these major constituents of our discipline, however, there are two important themes of construction history which have been largely overlooked.[3] These are:

- The histories of branches of building engineering apart from structural and materials engineering. For example: heating, ventilation, air-conditioning, acoustics, façade engineering and fire safety engineering.
- The history of engineering design methods, including codes of design practice, graphical and numerical calculation tools, design charts and the use of scale models in the engineer's design process.

I have devoted many of my publications over the last quarter of a century to some of these issues. (e.g. Addis 2006, 2007, 2009, 2012, 2013).

Finally, there is a further body of knowledge which has received even less attention than the non-structural aspects of building construction and the activity of engineering design. This is what I call the epistemology or, more loosely, the philosophy of engineering. This concerns the nature of the knowledge and understanding that design engineers and engineering scientists have, and how they use this in their work, and communicate it to one another. Of particular interest is the question of how this body of knowledge and understanding grow – by what mechanisms do engineering design and engineering science progress?[4] For those who are not familiar with this idea, there is a useful parallel to be found in the long-established discipline called 'history and philosophy of science'. This discipline, which did not exist in 1900, was created, partly due to the efforts of George Sarton[5] (1884-1956) during the first half of the twentieth century, and is now to be found in many of the best universities in the world.

I shall begin this paper by introducing the concept of the 'design procedure' as a means of looking at the history of engineering design and the epistemology of engineering knowledge, before moving on to look at where the discipline of construction history may be heading in the future.

2. ENGINEERING DESIGN AND THE EPISTEMOLOGY OF STRUCTURAL ENGINEERING KNOWLEDGE

'THEORY' AND 'PRACTICE'

My early journeys through construction history began with wondering how the great masonry structures and nineteenth century structures in cast and wrought iron were built. This led to seeking the origins of structural theory which, it was always assumed, either implicitly or explicitly, had somehow enabled the engineers of these structures

[3] *My remark concerns only the technology aspects of construction; there are, of course many non-technological themes such as commercial, economic, organisational, legal social and political aspects of construction history.*

[4] *I discuss this in my book Addis (1990).*

[5] *For an overview, see his Wikipedia entry https://en.wikipedia.org/wiki/George_Sarton (consulted 18th August 2016)*

to design and build them. Engineering history seemed to consist of two strands – the history of 'theory' and the history of 'practice', ideas which go back well into classical history, for example in the opening few paragraphs of Vitruvius' book on construction.

The tacit assumption was, of course, that this 'theory' preceded its application in practice, however, no books were able to give concrete examples of this process – a structural form that came into existence only after the development of some structural theory.

It transpired that modern structural theory began to develop in the seventeenth century and continued developing into the twentieth century, and there is no doubt that the development of this theory markedly influenced the design of some structures, notably example the pin-jointed truss.

However, what about the many remarkable structures that were built well before the emergence of even the first signs of structural theory – the mediaeval cathedrals and the great Renaissance domes, as well as the concrete vaults and domes of ancient Rome which exceeded in span most of the cathedral vaults, domes and other structures built before the late-nineteenth century. These could only have been built if practice was *not* preceded by theory. Indeed, if 'practice' could be entirely independent of 'theory', then then engineering design could not be a process of 'putting theory into practice'.

This conclusion helped explain why there are no examples of structural forms that came into existence only after the development of some structural theory.

It also suggested that engineering design seems not to fit into the epistemological world of 'theory' and 'practice'. In fact, the eminent 19th century Scottish engineer William Rankine had expressed a similar concern about the nature of engineering knowledge – he wrote of 'an intermediate kind of knowledge' and 'the harmony of theory and practice':

> *Mechanical knowledge [which includes building and civil engineering] may obviously be distinguished into three kinds: purely scientific knowledge, purely practical knowledge, and that intermediate kind of knowledge which relates to the application of scientific principles to practical purposes, and which arises from understanding the harmony of theory and practice. (Rankine 1856)*

It also suggested there may be benefits in looking at the activity of engineering design and its history in a new way:

- Might there be an understanding of engineering design which could be applied to all periods of history – before and after the development of modern structural theory?
- Rather than using the modern ideas of 'architect' and 'engineer', it could be useful to use the term 'building designer' or 'bridge designer'.
- It would be useful to address the challenges that a building designer, at any time in history, must face when planning and designing a structure, rather than look for what theory was being put into practice.

In light of these thoughts, other questions arise, such as:

- What is the role of 'theory' in engineering design?
- What should be included in the term 'theory' that could apply to times before modern structural theory?
- At any time in history, how did a building designer or bridge designer gain the necessary confidence to give instructions to the builders to start work?

It quickly became clear that this last question is fundamental to the responsibility that must be taken by the designer of a large, unprecedented structure – structures such as the domes of Hagia Sofia in Istanbul, or Florence Cathedral, or St

Peters in Rome, for example. Today we would recognise that such confidence depends deeply on philosophical issues and the psychology of an individual engineer[6], as well as his or her experience and knowledge of construction and engineering science.

At the most basic level, a designer can be extremely confident when designing a new building that is identical to a previous one that has been successfully constructed and used. Such confidence is based on inductive logic – I believe the sun will rise tomorrow based on my experience of many previous das, i.e. *because* it has always risen on previous tomorrows. Such reasoning is, of course, fallible, since it is logically possible it will, one day, not rise. Confidence built up in this way is, crudely, based on the number of previous successes. If 1000 identical masonry domes have been constructed successfully, a designer of domes can have greater confidence than if only one such dome had been previously constructed.

The caveat to an engineer gaining confidence by inductive reasoning is, however, that the previous exemplars were, indeed, identical to the new one that is now being proposed – identical, that is, in relevant ways. Thus, if the new proposal is different in a significant way, then the confidence will be misplaced. In buildings, the most common example of such misplaced confidence is when the ground conditions are different from previous examples and, unfortunately, ground conditions are nearly always different from previous examples.

This is where 'engineering judgement' comes to the aid of the designer. An engineer must make a judgement, based on experience, as to whether the next dome being designed is, in relevant ways, *sufficiently* similar to previous ones to continue to have enough confidence to proceed with construction. However, engineering judgement, being based on inductive reasoning, can also be fallible. How would a designer know what 'sufficiently similar' would embrace. For example, suppose the new dome were identical in every respect, except that the hemispherical shell were half as thick as previous domes. It is likely that it would be unstable and collapse or, at least, form highly visible radial cracks. But what if the new dome were only three quarters the usual thickness? The dome may well stand and not develop cracks. If so, the designer would have saved a great deal of masonry and created a much lighter dome, thus loading the foundations less than before, and lead to smaller outward thrusts on the abutments.

In this manner engineering progress can be made, if only by trial and error. However, in practice, 'trial and error' is a high-risk strategy and not one that most designers would follow. And, indeed, it would be unfair on engineers of former times to suggest their achievements were analogous to a child playing with wooden bricks. The designer has other means of gaining confidence and reducing the risks that may arise when deviating from previous exemplars, for example when a design for a cathedral demands a dome of an unprecedented span.

What could (can) a building designer do to gain this confidence?

- Use their own experience of building.
- Use the experience of others (but would such experience be communicated or learned)? The finished building is not enough; it is the process or procedure by which it was designed that is important.
- Make use of a design method that has been proved to be successful – nowadays this may be a code of design practice such as a Eurocode.

[6] *No study of how engineers develop their engineering confidence is known me. It would be interesting and revealing to study the psychology of how experience and the results of tests and calculations raise an engineer's confidence to a level sufficient to allow building to commence on an entirely unprecedented structure such as Apollodorus' Trajan baths in Rome, Brunelleschi's dome in Florence, or Arup's timber lattice in Mannheim (see Happold & Liddell 1975)*

- Make use of any 'theory' that is available AND considered to be relevant.
- Building and testing prototypes.
- Building and testing reduced-scale models, which would be less expensive.

THE 'DESIGN PROCEDURE'

Designing a building is, in essence, planning what will be constructed before construction begins. In the case of a building this includes choosing the geometry of the entire building and the many components from which it is constructed, as well as choosing the materials from which the building and its components will be made. However, this process of specifying what is to be constructed is not sufficient. It is also necessary for the designer to be sufficiently confident that the future building will perform or behave as desired or intended. If this confidence is not present when an initial design is proposed, then a designer must somehow raise the level of confidence in order to be able to justify that the proposed design will indeed behave as intended, and to allow construction of the building to commence.

The process by which a proposed building design is specified and a sufficient level of confidence is created, I call the 'Design Procedure'. A Design Procedure is a process or system, having an input and an output, and subject to various influences and constraints which are specific to time and place, as well as the type of building or building element. It can be represented by the following diagram.

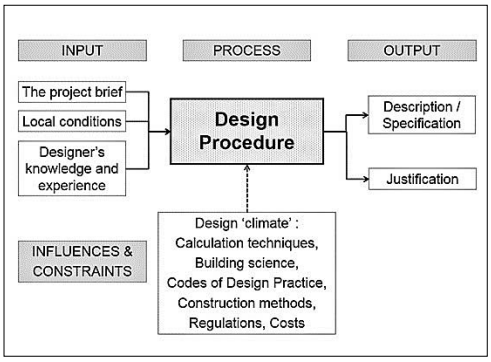


Figure 1. The Design Procedure.

The input to a design procedure

The client's brief is, of course, the key project-specific input – a clear statement of what is wanted, perhaps as a prescriptive (descriptive) brief – such as the number, sizes and functions of rooms, adjacencies of spaces or appearance, and/or as a set of performance requirements – such as structural, thermal and acoustic requirements.

The local conditions include climate and weather, soil and groundwater conditions, seismic activity, sources of environmental impact such as air pollution, noise from traffic, rail and aircraft, and so on.

The designer's personal knowledge and experience include a knowledge of relevant design precedent as well as knowledge of technical aspects of design, including two- and three-dimensional geometry, the properties and behaviour of construction materials and building structures, the behaviour of light, heat, sound and fluid flow, construction methods, and so on.

Influences and constraints on a design procedure

A building is always designed within a wider context than a particular location for a certain client. This design and construction 'climate' includes the current state of knowledge about mathematics and calculation tools, building science, construction methods and equipment, codes and regulations governing design and construction, government planning policies, environmental and safety legislation, as well as the availability and costs of materials and con-

struction skills. Recent events can also be particularly important, for example an earthquake or a dramatic structural failure.[7] All these, and more, can affect how the design of a particular building is developed.

The output of a design procedure

Of greatest practical importance in the output of a design procedure are the specification of the geometry (the dimensions of components as well as their arrangement and relative disposition) and of the materials (type and properties) for all the components of a proposed building.

Underlying the specification of a building and its components, there must also be sufficient justification by means of which a satisfactory level of confidence in a proposed design is demonstrated. Often, this can simply be that the proposed design is virtually identical to similar buildings that have previously been designed and built successfully; nevertheless it would usually still be necessary to demonstrate that a design, and the design procedure itself, comply with existing regulations and codes of design practice.

Of greater significance in construction history are those buildings which do not follow established precedent, for example a building with a greater span or height than normal, or one carrying greater loads than normal (especially live loads such as heavy vibrating machinery, seismic events, extreme storms). And even among 'normal' buildings, designers (and their employers) have long been keen to reduce their cost, for example by reducing the quantities of materials used. Any such deviation from established practice leads to less confidence that the building can be safely constructed to perform as intended. Building designers must, therefore, find ways to raise their confidence again, to a level agreed to be sufficient to allow construction to proceed.

The design procedure as a means of defining the scope of building engineering design

The Design Procedure, as shown in Fig. 1, helps to define what it is that building design engineers do, and helps distinguish this from the work of engineering (research) scientists, building contractors, and, indeed, architects. The scope of building design engineering is defined by the knowledge and experience designers have (the input to the Design Procedure), the specifications they pass to the builder or contractor, and the nature of the justification they provide to ensure that the level of confidence in the proposed design is sufficient to commence building (the output of the Design Procedure).

DESIGN PROCEDURES FOR MASONRY VAULTS

The idea of the design procedure can be illustrated by considering some developments in the design of masonry vaults. There were typically around eight variables for a mediaeval vault designer to consider: the span, the rise and the form of the arch section, the thickness of the vault shell or the height of superimposed masonry the arch could carry, the height and width of the abutments, and the type of stone. From the mid-sixteenth century many drawings are known which show how a designer could determine other dimensions based on a certain required span of the vault. (Huerta 2004, 2010) One example, by Rodrigo Gil de Hontañon, from around 1540, is shown in Figure 2.

A knowledge of Hontañon's many writings and completed buildings, give a good indication of his knowledge of geometry and his experience

[7] *The collapses of the Dee Bridge in 1847, the Tay Bridge in 1879 and Ronan Point tower block in East London in 1968 are well-documented examples in UK construction history. Following these events, great caution was necessary until the causes of the disasters were understood and, hence, could be avoided by incorporating revised sections within a new design procedure for each type of structure.*

in designing vaults. He was a leading designer of his day and was clearly seeking to develop better design procedures. He presented several different design procedures, gathered from many designers, and compared their results with vaults that had been constructed in order to determine which design procedure yielded the most effective and successful designs for vaults. In fact, he concluded that no one procedure was best, but that some yielded less massive structures than others. At a time before modern performance-based building regulations, the various current design procedures he discussed served as safe procedures that could be used with confidence. They provided a means of giving a specification of the geometry of the structure and a justification – based largely on precedent – that the structure would be safe. In fact, although not stated explicitly, the use of a design method based on the principles of classical geometry was considered at the time to give further confidence in the output of the procedure.[8]

It is worth noting that the geometric methods that Hontañon described and used were, viewed from the 21st century, based on 'invalid' principles in the sense that they were not based on what we now consider to be sound structural science. Nevertheless, the procedures were effective and largely reliable. A design procedure does not need to be scientifically 'correct' to be useful to designers, and this is as true today as it was in 1540.

The design procedures devised and used by building designers from the 16th century were very different from those used, for example, by Gaudí in the 1890s and a building designer from today. Gaudí used two and three-dimensional

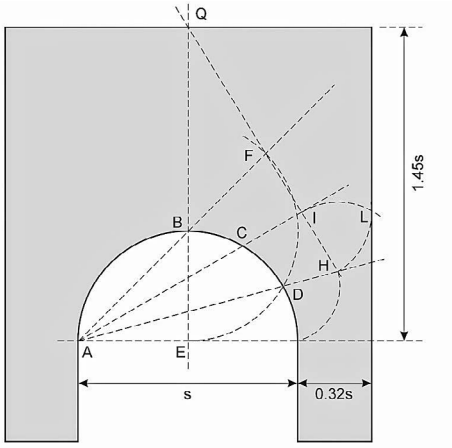


Figure 2. A design procedure for establishing the required thickness of abutment and height of superimposed masonry which a semi-circular arch-rib can carry, after Rodrigo Gil de Hontañon. (C and D trisect the quadrant. AC produced intersect the circle radius BE at K. L is the third point on the semicircle FLH. A vertical dropped from L establishes the abutment thickness. Q, at the intersection of EB and HF produced, gives the height of superimposed masonry the arch can carry) (Addis 1990 p.141)

models made with hanging weights and strings to determine suitable forms for his vaults, in combination with statical calculations of the line of thrust and the stability of the masonry structure in order to specify the complex forms he wanted to build, and to provide a justification that the proposed vault would be safe and able to be built. If an engineer living today were to design and build a masonry vault, he or she would have no more need of physical models, since computers can now be used both to generate and to justify a vault of any suitable shape (rather than the unique shape found by inverting a hanging structure, as Gaudí did). The developments in building design methods over these four centuries can .thus be described and evaluated in terms of the designer's knowledge and input to their respective design procedures, as well as

[8] *This view of the power of geometry to give justification dated back to classical Greece when geometry was seen as the earthly manifestation of the rules the gods had used to create the universe and, in a manner that we emulate in our use of modern science, geometry provided an explanation of how the world behaved. (See Von Simson 1956)*

the design 'climate' that influenced them, and the outputs of the design procedure, i.e. the means by which the specification and justification were provided.

PROGRESS IN ENGINEERING DESIGN

A central theme in the History and Philosophy of Science is studying how science progresses, partly in order to understand and explain what has happened in the past, and partly to help determine how science might progress in future.[9] Central to the work of scientists is the scientific theory. The set of currently accepted theories defines what scientists do, either using the theories to generate new information or to design experiments to test their limits. When a theory is found wanting, it might be modified or replaced by a new theory.[10]

Likewise, a central theme in the History and Philosophy of Engineering is studying how engineering design progresses. The design procedure can serve as an analogue of the scientific theory by providing an epistemological framework for the activity of engineering design. Thomas Kuhn's model for progress in science was the 'scientific revolution'. In similar manner, the history of structural engineering design includes a number of 'engineering design revolutions' in which an earlier design procedure was replaced by a new one which was better in various ways and fundamentally different in nature. (Fig. 3) One example in the 18th/19th centuries was the replacement of stability- and strength-based design procedures by design methods based on the elastic behaviour of structures.[11]

In order to describe, understand and explain the progress in engineering that results from a design revolution, it is first necessary to assess the effectiveness of the earlier design procedure, using the criteria that designers use – their reflection of current understanding of the behaviour of real structures, their reliability, robustness, accuracy, ease and speed of use, their ability to create sufficient confidence in the proposed design, as well as the economy of the resulting design. This needs then to be compared with a similar assessment of the new design procedure, bearing in mind that while it may have advantages, it would lack a long track record of success which would diminish confidence in its reliability. The process by which a new design procedure displaces an older one, as is the case when any new ideology challenges and replaces a previous one, requires considerable powers of persuasion and will probably never succeed in convincing all designers of the benefits of the innovation.

CONCLUSION: THE DESIGN PROCEDURE AND CONSTRUCTION HISTORY

The Design Procedure, together with the designer's relevant knowledge and experience (input), the design 'climate' (influences) and the specification and justification (output), provide an epistemological framework for the study of the design process for buildings and other engineering structures, both in the present day and in the past. The history of building design can, thus, be addressed under the following main headings which may also serve to identify fruitful themes for future specific research:

- The type and nature of a designer's knowledge and experience;
- How the output of a design procedure was expressed and conveyed from designer to builder, for example the use of geometry and material properties to specify buildings and their components;
- How engineers raised the level of their confidence when facing untried and unprecedented

[9] *Two classic works in this field are Popper (1959) and Kuhn (1970).*

[10] *A good example is the heliocentric model of the solar system which replaced the many geocentric models used until the 16th century.*

[11] *A detailed study of design revolutions is given in Addis (1990)*

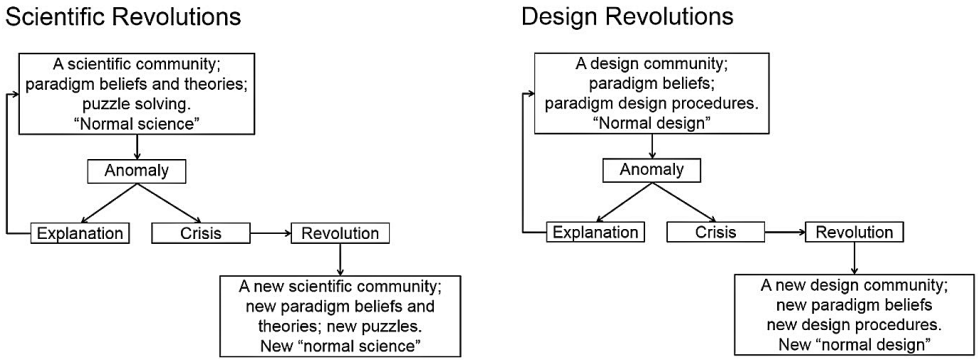


Figure 3. Diagrams illustrating the analogous structures of scientific and design revolutions

challenges, for example by extrapolating from precedent, undertaking full-size tests, testing reduced-scale models (see Addis 2013) and making appropriate use of engineering science;
- The design 'climate' at a certain time, for example the current codes of design practice and building regulations, the mathematical tools and techniques that were available, the engineering science that was available and the tools, skills and methods of the construction workforce.
- The development of design procedures for different aspects of building design (structure, building envelope, heating cooling and ventilation, acoustics).

Building design, like composing music perhaps, can be both an act of original creation and yet be subject to constraints. (Addis 1997) Like composing music, the act of designing a building can be studied as a process. Unlike musical composition, however, the history of designing buildings is rich in documentary and graphical evidence that can help reveal, understand and evaluate both the design process and the work of the designer.

Nevertheless, studying the work of design engineers is not easy. Very few of them record exactly what they have done and why they did it. Engineers are notoriously reticent about their art.

3. WHAT USE IS CONSTRUCTION HISTORY?

By studying the historical development of engineering design procedures, I hope I have been able to help people understand the nature of design in structural engineering, both today and in the past, and, perhaps in some other engineering disciplines too. In other words, I hope this has been useful.

The question of the usefulness of construction history is important and, will, I believe, become more so in the future. Although relatively few authors have looked at this question[12], there would seem to be six main views that various people have put forward regarding the possible uses for construction history, apart from its inherent interest.

The first is that construction history has no direct use. It is a branch of a wider academic discipline of history and thus sits among the humanities. It aims to discover and record what happened in the past and to explain this in the

[12] *See Hamilton 1946, Pugsley et. al. 1974 and Mainstone 1977)*

context of the contemporary states of technology, economics and society.

The second view is that construction history is a cousin of the disciplines of History and Philosophy of Science and History of Technology. It thus belongs within the broad spectrum called 'history of ideas' and seeks to understand the knowledge and understanding in its field, and to discover the nature and mechanisms of progress in the field. In doing so, it identifies the main personalities and organisations involved in the discipline, and the part they played in contributing to progress within the discipline.

The third view is held by many engineers who believe that, by studying engineering failures in the past, engineers can further their understanding of the behaviour of structure and materials and improve their skill as engineers. Today this process is sometime called 'forensic engineering' and has been practised for at least two centuries, and probably very much longer.[13]

Taking a more positive view of historical events, many engineers also argue that a knowledge of engineering successes in the past can be a source of ideas that can be applied when designing buildings and structures today – at the very least by avoiding 'reinventing the wheel' and, at best, increasing engineers' knowledge of precedent beyond their own direct experience.

Another view taken by many engineers is that studying the historical engineering structures of the past and the engineers who created them, is an essential part of developing a self-esteem for the profession, identifying role-models to inspire young engineers and to make non-engineers more aware of the contribution that engineers make to society.

Finally, perhaps the most direct use of construction history is linked to extending the life of existing structures – whether conservation, rehabilitation, refurbishment or 'retrofitting'. Compiling the 'construction history' of a building, bridge or other structure will reveal construction details of the original structure and any subsequent repair, alterations or conservation it has undergone during its life. Such information is virtually essential to assessing the current condition of the structure and its materials, and to devising appropriate interventions which respect and conserve what remains when extending the life of an existing structure.

In summary, there are three main origins of interest in construction history:

- as an independent academic discipline in the humanities, with limited application to the modern built environment;
- as means to enhancing the engineering professions, both technically and in their standing;
- as an essential part of the process of extending the life of existing structures and conserving our built environment.

Clearly, there is no single preferred or correct use for construction history, and a single study or piece of research into the subject may partly fulfil any or all of the uses listed above. Nevertheless, recognising that there are different reasons for studying the subject, and that there are different uses to which the results of such study may be put, can help researchers and authors give their work a considered focus.

It is worth noting that the Construction History Society in Britain and its Journal *Construction History*, are unique in treating the discipline exclusively as a branch of history, placing it firmly in the humanities rather than the applied sciences. As it says on its website 'Construction History is the study of the development of the building industry'.[14] Other construction history

[13] *This argument differs from other history disciplines, such as some military history, which seek to learn from the mistakes made by others. Few engineering 'mistakes' are due to poor engineers. Rather, they are mainly due to unknown local conditions or the emergence of previously unknown technical phenomena such as metal fatigue or creep.*

[14]. *http://www.constructionhistory.co.uk/about-construction-his-*

societies and congresses incorporate both the historical purpose and the many aspects of extending the life of existing structures including conservation, refurbishment and 'retrofitting'. The limited scope which the Construction History Society embraces is partly explained by the fact that there are over a hundred societies in Britain which deal with building conservation and architectural heritage, and many of these have their own journals.[15] Also, the Institution of Civil Engineers in the United Kingdom addresses engineering aspects of extending the life of existing structures via its website and the journal *Engineering History and Heritage*.[16]

4. THE CURRENT STATE OF CONSTRUCTION HISTORY

The phrase 'Construction History' probably dates back to the founding of the Construction History Society in the UK in 1983 and, from 1985, was brought to a wider audience through the Society's journal *Construction History*. At about the same time in the Institute of Lightweight Structures at the University of Stuttgart, Rainer Graefe began a research programme into the history of construction (Geschichte des Konstruierens) which led to several international conferences and seven publications with the same title. Already in the early 1970s, however, two informal study groups were formed by enthusiastic British engineers in the Institution of Structural Engineers and the Chartered Institute of Building Services Engineers. Both of these had their roots in the Newcomen Society which was formed in 1920, and the field of Industrial Archaeology which had begun in Britain in the late 1940s.

In 1986 Santiago Huerta formed the Spanish Construction History Society which led to regular Spanish congresses on the subject from 1996 and led to the first International Congress in 2003. Some key dates in the growth of Construction History since the early 1970s are given in Tables 1 and 2.

To date there has been no comprehensive survey of the place that construction history holds in courses at academic institutions.[17] The integrated nature and modular structure of most degree courses mean that there are no undergraduate degrees dedicated entirely to construction history and, sadly, the masters course run by Santiago Huerta in Madrid between 1998 and 2014, is now no longer running. At research/doctoral level, activity tends to be focused by the mechanism of financial support. This can be difficult in a peer-review culture since there is still little or no representation of the construction history discipline in the grant-giving bodies or among the academic referees. Nevertheless, many individuals have been successful in getting funding for research projects in construction history.[18]

5. WHAT FUTURE FOR CONSTRUCTION HISTORY?

As a discipline, albeit not yet a fully autonomous one, construction history is clearly in a healthy state and the numbers of researchers who contribute to congresses and the journal *Construction History*, and the number of funded research programmes, have been growing steadily since the first international congress in Madrid in 2003.

tory-society/construction-history/ (Consulted 20/08/2016)

[15]. See http://www.theheritagealliance.org.uk/ (Consulted 20/08/2016)

[16]. See https://www.ice.org.uk/disciplines-and-resources/best-practice/conservation-resources-for-civil-engineers and http://www.icevirtuallibrary.com/toc/jenhh/current (Consulted 20/08/2016)

[17] Some information on university activities is provided in Becchi et. al. (2015).

[18] For example Tullia Iori in Tor Vergata University in Rome, http://www.tulliaiori.com/SIXXI/, and several collaborating research teams at theUniversité libre de Bruxelles (ULB) and the Vrije Universiteit Brussel (VUB) in Belgium, http://www.constructionhistory.eu/ (consulted 20/08/2016)

Table 1. The growth of interest in Construction History

Construction History Interest Groups	**International Journals of Construction History**
1972 History of Structural Engineering Study Group (Institution of Structural Engineers, IStructE) UK	From 1985 Construction History
1973 Heating, Ventilation and Air conditioning Heritage Group (Chartered Institute of Building Services Engineers, CIBSE) UK	From 2016 Aedificare
1984 Geschichte des Konstruierens (History of constructing) Institute for Lightweight Structures, University of Stuttgart, Germany:	**Research reviews**
	2004 Construction History. Research Perspectives in Europe (Kim Williams Books)
	2015 L'histoire de la construction - Un méridien européen / Construction History - A European Meridian (Association francophone d'histoire de la construction)
National Construction History Societies	
1983 UK	**International congresses**
1997 Spain	2003 Madrid
2007 USA	2006 Cambridge
2010 Francophone countries	2009 Cottbus
2012 German-speaking countries	2012 Paris
2015 Portugal	2015 Chicago
	2018 Brussels

Table 2. National Construction History Congresses

Spain	**USA**	**German-speaking countries**
1996 Madrid	2008 Atlanta	2013 Aachen
1998 Coruña	2010 Philadelphia	2015 Innsbruck
2000 Sevilla	2012 Boston	2017 Potsdam
2005 Cádiz	2014 Minneapolis	
2007 Burgos	2016 Austin	**Great Britain**
2009 Valencia		2014 Cambridge
2011 Santiago de Compostella	**Portugal & Brasil**	2015 Cambridge
2013 Madrid	2010 Lisbon	2016 Cambridge
2015 Segovia	2010 Minho, Portugal	2017 Cambridge
2017 San Sebastian	2013 Vitória-Espírito Santo, Brazil	
	2015 Lisbon	
Francophone countries	2016 Porto, Portugal	
2008 Paris		
2014 Lyon		
2017 Nantes		

In a world which increasingly focuses on research outcomes and usefulness, even in the humanities, it will be increasingly important to develop clear statements of the benefits of studying construction history, both to those who undertake it, and to society at large, especially to our built environment. Such well-argued statements are certain to increase the likelihood of successful applications for research funding.

Concerning the delivery of courses on construction history, there also a need to articulate their benefits. All undergraduate courses are, of course, already full, and robust arguments are needed to cut certain lectures to make way for some construction history.[19] The modular structure of courses can allow courses to be offered, and to be delivered if they attract sufficient interest. Engineering students, however, are notorious for their unwillingness to study anything that will not reward them with marks or credits in their course examinations, or which does not clearly contribute towards their degrees. And, in Britain especially, the universities themselves will not offer courses that do not contribute to gaining membership of

[19] *The possible content of taught courses in construction history is a debate for another day.*

the professional institutions such as the Institution of Civil Engineers and Institution of Structural Engineers, neither of which currently place any value on including historical subjects in their entry requirements. Sadly, in some countries, we are now seeing the traditional history of architecture content in architecture degrees being reduced or even dropped altogether. In such a climate, the introduction of construction history faces even great barriers.

My own view is that some construction history should be included at every opportunity in all courses related to the built environment. This might be as little as two or three lectures on the history of construction in timber, iron or concrete in modules devoted to these construction materials; or a review of all aspects of construction technology available to architects and builders at particular periods of history, such as the mediaeval era, or the late-nineteenth century. To my mind it is utterly impossible to understand the architecture of a certain period and a certain place without knowing something of the construction materials and methods available, and this includes, especially, the technical limits to their use.

However, I think the best opportunities for raising the profile and the impact of construction history will arise from a closer collaboration with university courses and departments dealing with conservation, including buildings, other engineering structures, and the built or urban environment in general. Many such courses still contain remarkably little technical content on construction materials and methods, and that is limited mainly to timber, brick and stone, generally as used in relatively small buildings. To this end, there needs to be greater attention devoted to the benefits that construction history can bring to conservation, especially for structures constructed with iron or concrete in their various forms.[20] There is already a growing need for knowledge of other construction technologies from the early- to mid-twentieth, including the countless building systems developed in the 1930s and 1950s, both for building structures and for façades and the building envelope.[21]

In conclusion, I give my heartfelt thanks and congratulations to all the researchers I have met, and many more I have not, during the last forty years for their contributions to creating a wonderful and extremely rich new discipline.

[20] *I hope to return to this theme in a future paper.*

[21] *As a model, see the excellent work recently completed by Stephanie van de Voorde in Brussels http://www.vub.ac.be/ARCH/ae-lab/projects/post-war (Consulted on 20/08/2016)*

REFERENCES

Addis, W. 1990. Structural Engineering – the Nature of Theory and Design. Chichester: Ellis Horwood.

Addis, W. 1997. 'Free will and determinism in the conception of structures'. *Journal of the International Association for Shell and Spatial Structures*, Vol.38 No.2, pp.83-89.

Addis, W. (Ed.) 1999. Structural and Civil Engineering Design. (Vol.12 of the series 'Studies in the History of Civil Engineering') Aldershot: Ashgate (Variorum).

Addis, Bill. 2006. 'The use of Scientific Calculations in Design Procedures for Heating, Ventilation, Day Lighting and Acoustics from the eighteenth century to the mid-nineteenth century.' Proceedings of the Second International Congress on Construction History, Cambridge, England pp.127-151.

Addis, Bill. 2007. Building: 3000 years of design, engineering and construction. London: Phaidon.

Addis, Bill. 2009. 'A Brief History of Design Methods for Building Acoustics', Proceedings of the Third International Congress on Construction History, Cottbus, Germany, 2009, pp.1-10.

Addis, Bill. 2012. 'The Development of Design Charts and other Graphical Calculation Tools for use by Building and Civil Engineers up to the Early Twentieth Century', Nuts and Bolts of Construction History (Proceedings of the Fourth International Congress on Construction History, Paris, 2012), vol.1, pp.201-10.

Addis, Bill. 2013. ' "Toys that save millions" – a history of using physical models in structural design'. *The Structural Engineer*, vol.91, Issue 4, April, pp.11-27.

Becchi, A., Carvais, R. & Sakarovitch, J. (Eds) 2015. L'histoire de la construction - Un méridien européen / Construction History - A European Meridian. Paris: Association francophone d'histoire de la construction. Downloadable at http://www.histoireconstruction.fr/rapport2015/ (consulted 20/08/2016).

Cresy, Edward. 1843. An encyclopædia of civil engineering historical, theoretical, and practical. London: Longman.

Hamilton, S.-B. 1946. 'Why engineers should study history.' *Transactions of the Newcomen Society* Vol. 25, pp.1-10.

Happold, E. & Liddell, I. 1975. 'Timber lattice roof for the Mannheim Bundesgartenschau' *The Structural Engineer*, 1975, Vol.53, No.3, pp. 99-135.

Huerta, Santiago. 2004. Arcos, bóvedas y cupolas: Geometria y equlibrio en el cálculo traditional e estructuras de fábrica. Madrid: Instituto Juan de Herrera, 2004.

Huerta, Santiago. 2010. 'The safety of masonry buttresses'. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Engineering History and Heritage,* Vol. 163, Issue EH1. pp. 3–24.

Kuhn, T.S. 1970. The Structure of Scientific Revolutions. by 2nd Ed. University of Chicago Press.

Mainstone, R. 1977. The uses of history. *Architectural Science Review*. Vol.20, No.2, pp. 30-34.

Popper, Karl. 1959. The Logic of Scientific Discovery. London: Hutchinson.

Pugsley, A., Mainstone, R.J. & Sutherland, R.J.M. 1974 'The relevance of history.' *The Structural Engineer*, Vol.52, No.12, pp.441-445; Discussion, Vol.53 (1975), No.9, pp.387-398.

Rankine, W.J.M. 1856. Introductory Lecture on the Harmony of Theory and Practice in Mechanics. London & Glasgow: Griffin.

Von Simson, Otto. 1956. The Gothic Cathedral: Origins of Gothic Architecture and the Medieval Concept of Order by. New York: Pantheon Books, 1956. (3rd edition Princeton University Press, 1988).

Uma Espreitada na Memória da Construção em Concreto

Oliveira, Mário Mendonça de[1]*
[1]mmo@ufba.br, mmo1936@gmail.com
**Universidade Federal da Bahia, DCTM/PPGAU, NTPR*

RESUMO

Normalmente, os conservadores do patrimônio construído, especialmente no Brasil, não levam muito em conta os métodos de preservação das estruturas de concreto, artefatos importantes da memória da construção, porque lhes ocorre sempre a imagem do concreto armado como material de idade mais recente e por isto merecedor, quando muito, de atenção secundária. O texto pretende destacar a antiguidade da história do concreto enfatizando a necessidade de se estudar edifícios que empregaram esta técnica, até mesmo a partir de momentos mais próximos de nós, em que as armaduras metálicas foram incorporadas para reforço desse material. Pretende-se mostrar que a historiografia verdadeira não omite ou privilegia momentos da ciência da construção. Felizmente, são cada vez mais frequentes, investigadores que estão se dedicando à memória da arqueologia industrial e muitos outros que se conscientizaram da necessidade de sua preservação material. Mostram-se, inclusive, exemplos importantes da história do concreto que desapareceram ou estão desprezados à espera de que a inclemência do tempo lhes apague da nossa memória. Acenos são feitos, igualmente, sobre a contribuição que o Brasil deu no emprego e na divulgação do concreto armado, material de grande importância no aparecimento da nossa Arquitetura Moderna e de muitos outros países.
Em vista do que foi exposto é feita uma exortação aos que se dedicam à historiografia da construção e à conservação do nosso patrimônio edificado que se dediquem mais ao estudo e à conservação do nosso patrimônio edificado em concreto armado.

Palavras-chave: Construção concreta; história do concreto; concreto armado.

O CONCRETO ENTRE OS ANTIGOS

As primeiras manifestações da construção de edifícios e obras públicas com uso do concreto vêm de muito longe. Por exemplo, a arqueologia comprovou que a barragem de Sadd el Khafara, que tinha cerca de 14m de altura, foi construída com paramentos externos de alvenaria, e o interior com concreção de fragmentos menores. Os restos desta obra, da antiga engenharia hidráulica, encontram-se vizinhos a Helwan, no Egito, e sua construção pode ser situada entre os anos 2900 – 2600 a.C (JANSEN, 1988). É o sistema que os italianos chamam atualmente muratura a sacco, designado por Vitrúvio como opus cæmenticium, que lembra no seu texto, também, a velha

designação dos gregos de emplekton *(ἔμπλεκτον)*. Estes empregavam muito tal técnica construtiva, principalmente nos muros das suas fortificações. Plínio, igualmente, faz ligeira referência a esta forma de construir empregando a mesma expressão grega para indicar o sistema construtivo (Plinio, 1962, p.137). As pedras utilizadas neste tipo de construção monobloco[1] eram, normalmente, de maiores dimensões ("pedra de mão", como denominadas no Brasil), em relação à nossa brita, embora fragmentos menores semelhantes a esta pudessem ser encontrados, já que era empregado largamente o rejeito das obras na mistura, racionalizando a construção e evitando o desperdício, além de utilizar muita mão de obra não qualificada. Tivemos a oportunidade de observar nas ruínas do Palatino, em Roma, um opus implectum cujos agregados eram, exclusivamente, fragmentos de mármore de Carrara, resíduos dos trabalhos de cantaria, um concreto de luxo!

Assim sendo, não se pode afirmar que a edificação, através do sistema da concreção, seja uma invenção dos engenheiros e dos arquitetos do Império Romano. Muito antes do estabelecimento desta extraordinária civilização, lá pela altura do 8º século a.C, a história da arquitetura nos aponta, como já referimos, culturas mais antigas que ergueram as suas edificações reduzindo o emprego das alvenarias e utilizando misturas de agregados graúdos, miúdos e aglomerante, este, basicamente a cal aérea ou então a hidráulica.

Foram, porém, os descendentes de Rômulo e Remo aqueles que melhor racionalizaram o emprego desta técnica, aproveitando as diversas formas de construir, das quais nos fala Vitrúvio Polio (Vitruvio, v.1, p.141), no seu famoso tratado *Arquitectura decem libri*. Neste texto demonstra, além do *opus cæmenticium*, outras técnicas de construção, como o *opus testaceum* e o *opus reticulatum*, que pressupunham o emprego do concreto no interior dos muros, cujos paramentos externos eram designados, desde a Grécia, de *orthostatos*[2]. As coberturas abobadadas receberam, também, a técnica construtiva do concreto, só que apoiado em cimbres, coadjuvados por placas de cerâmica cozida e ladrilhos.

Graças às acuradas investigações de um engenheiro do século XIX, que se dedicou à historiografia da construção, cujo nome era Auguste Choisy (1841-1909), temos boa notícia destes procedimentos construtivos, descritos, de maneira geral, na sua *Histoire de l'Architecture* (Choisy, 1954) e, de maneira bem específica e ilustrada, na *Art de batir chez les romains* (Choisy, 1873). Com imagens deste último texto apontamos dois empregos da construção concreta romana: o *opus caementicium,* no qual o concreto era lançado em formas, com o emprego de taipais de madeira "encostelados", geralmente usados em fundações (Fig. 1), ou então aquele aplicado entre paramentos bem acabados de cantaria ou de *lateris trigonis*, formato de tijolo triangular, que reduzia a quantidade do material a ser queimado e aumentava a aderência do paramento externo ao núcleo de concreto (Fig. 2). Destas formas mais simples de emprego de concreto nos muros, passaram os romanos à sua utilização em abóbadas, com a aplicação de sistemas nervurados, com tijolos, suportados com cimbramento deslizante, o que reduzia o custo da operação e o gasto de madeira (Fig. 3 e 4). Tais artifícios tornaram-se busca incessante dos construtores romanos na direção da racionalização da produção empregando, muitas vezes, a mão de obra ociosa da soldadesca que servia nas coortes e legiões, quando não estava em guerra, ou os abundantes servidores escravos.

[1] *Vamos observar, posteriormente, que esta construção não se comporta realmente como um monobloco, do ponto de vista estático, pois o módulo de elasticidade dos dois sistemas construtivos (paramentos e enchimento) diferem entre si, o que veio ocasionar alguns problemas estruturais quando as paredes e pilares construídos com este processo, trabalhavam com cargas vizinhas ao limite de sua resistência.*

[2] *O termo apresenta também outras designações para peças verticais aplicadas à construção dos muros como placas decorativas parietais.*

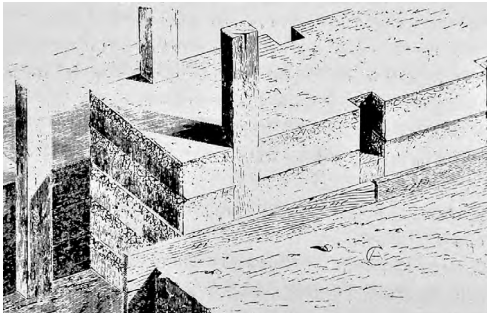


Fig. 1 – Fundação de um edifício romano, em concreto, com camadas compactadas dentro de formas. Fonte: Choisy, *L'art de batir...*

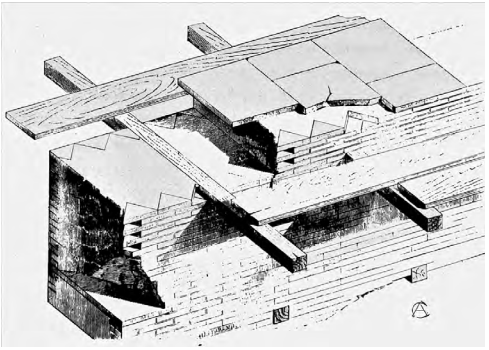


Fig. 2 – *Opus testaceum* em ladrilhos triangulares (*lateris trigonis*). Fonte: Choisy, *L'art de batir...*

O concreto difundiu-se, possivelmente, por via dessa necessidade.

Auguste Choisy também nos mostra que o sistema da concretagem poderia mostrar duas técnicas diversas de aplicação. Uma delas, em que o concreto era lançado em formas, ou entre paramentos de pedras ou tijolos (*opus testaceum*), sem compactação, e outra através da qual nota-se, claramente, a formação de estratos, com o agregado de granulometria mais grossa concentrado na parte superior destes, por via da compactação (Fig. 1). Este adensamento mecânico evitava inconvenientes na qualidade estática dos muros, pois facilitava a penetração da mistura concretícia nas irregularidades do paramento, especialmente nos casos do emprego do *opus reticulatum* ou da construção com paramentos em *lateris trigonis*

Cozzo nos apresenta outra versão deste tipo de construção concreta (Cozzo, 1970, p.164): Quando pretendiam executar um subsolo, a ser escavado posteriormente, abriam cavas profundas e colocavam concreto até o nível superior do mesmo, usando estas aberturas de cavas para a moldagem do concreto, economizando formas e paramentos de alvenaria. Em seguida levavam a efeito a escavação para desentulhar o ambiente.

Tal aprimoramento de tecnologia da *ars ædificatio*, conduziu à construção de arrojados sistemas abobadados, sempre com o emprego do

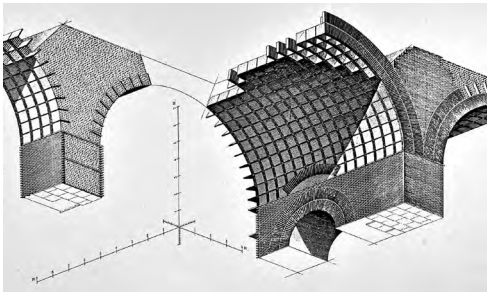


Fig. 3 – Uma abóbada do palatino, em Roma. Fonte: Choisy, *L'art de batir chez...*

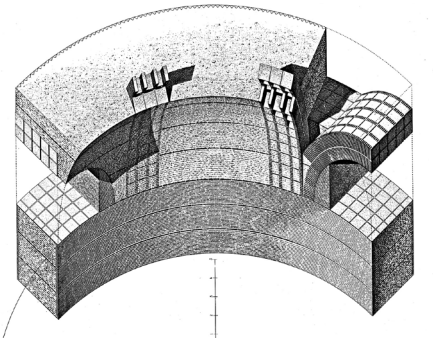


Fig. 4 – Cúpula da terma de Agripa, em Roma. Fonte: Choisy, *L'art de batir chez...*

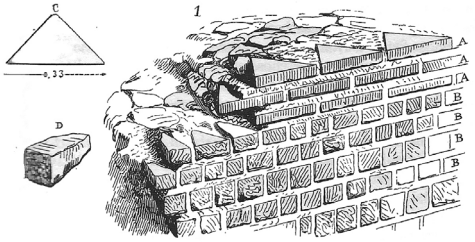


Fig. 5 – Detalhe construtivo de muro carolíngio com paramentos e enchimento de concreto. Fonte : Viollet-le-Duc, *Dictionnaire Raisonné*.

concreto, que nos trazem perplexidade, até hoje, dando enorme passo na conquista de vãos, cada vez mais dilatados, sem apoios intermediários, meta dos grandes estruturalistas do passado e do presente. O auge desta investigação, ainda sob o domínio do empirismo das soluções, encontra-se no Panteon de Roma construído pelo imperador Adriano, que alguns atribuíram equivocadamente a Agripa, pela inscrição observável no pórtico. Esta abóbada, em concreto, com os seus 43,5m de vão livre, foi recorde soberano em toda antiguidade, até o advento das estruturas metálicas, quando se construiu a Galeria das Máquinas, obra dos engenheiros Victor Contamin e Charles Louis Ferdinand Dutert, com seus 115m de vão livre (Giedion, 1968, p.276) (Benevolo, v.1, p.179).

Vitrúvio faz referência, no seu texto, ao uso de armaduras metálicas, para travar os paramentos das paredes construídas através do sistema do *opus implectum,* um modesto primeiro passo na direção do concreto armado (Vitruvio, v.1, p.141). No Panteon têm-se notícias, também, de armaduras metálicas, no concreto, constituídas de barras de bronze embebidas no material para reforçá-lo, quando endurecido, nos locais em que os construtores, intuitivamente ou por experiência, reconheciam a necessidades de controlar eventuais deformações. Com o emprego desta liga metálica fugia-se ao problema da corrosão da armadura.

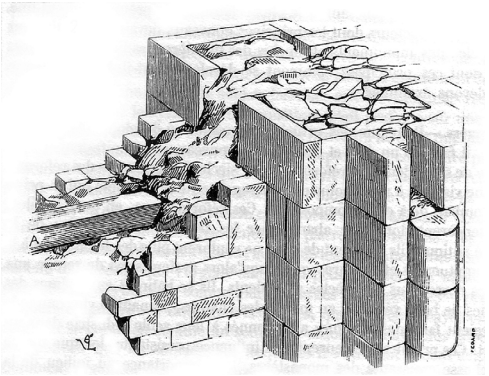


Fig. 6 – Detalhe construtivo de muro medieval, em cantaria e preenchido com concreto ciclópico. Fonte : Viollet-le-Duc, *Dictionnaire Raisonné*.

Durante o Período Medieval, o uso prevalente da pedra talhada tinha, certamente, suas motivações simbólicas, na construção dos mosteiros e das catedrais, as "bíblias feitas de pedra". Além de constituir afirmação de perenidade e solidez da Igreja, espelhava a palavras do Cristo relatadas no evangelho de S. Matheus (16, 18) quando se dirigiu a Pedro nomeando-o pastor principal da Igreja: [...] et ego dico tibi quia tu es Petrus et super hanc petram ædificabo ecclesiam meam et portae inferi non praevalebunt adversum eam[3]. Não obstante isto, o opus implectum ainda mostra o seu emprego, de maneira discreta, no interior das paredes de cantaria, procedimento que tem sido causador de alguns problemas de conservação das estruturas desta época, pela diferença do módulo de elasticidade e resistência mecânica dos materiais líticos e do concreto de cal daqueles tempos. Viollet-le-Duc (1967, t. IV, p.5), no seu Dictionnaire Raisonné, oferece alguns exemplos desta sobrevivência construtiva tanto na Baixa Idade Média, do Período Carolíngio (Fig. 5), como em construções a partir do século XI (Fig, 6) (Viollet-le-Duc, t.IV, p.12). Os desenhos sugerem

[3] *[...] E eu te digo que es Pedro e sobre esta pedra edificarei a minha igreja e as portas do inferno não prevalecerão contra ela [...].*

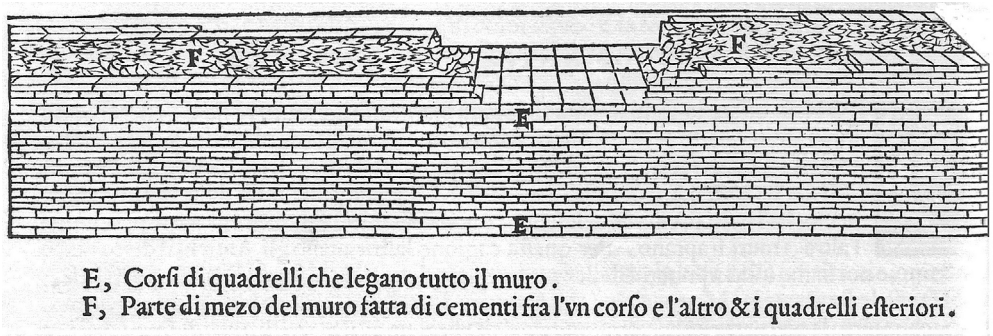


Fig. 7 – Desenho de muro em *opus testaceum*, segundo Palladio. Fonte: Palladio, *I quattro Libri...*

a aplicação prevalente do "concreto ciclópico", como designamos no Brasil.

No primeiro caso, observa-se uma atavismo mais estreito às construções da Roma Imperial, com os ladrilhos triangulares em fiadas de regularização e de elementos de alvenaria de pedra, de formato piramidal, que eram utilizados no antigo *opus reticulatum*. Do ponto de vista formal, porém, a arquitetura toma novos rumos na busca do "elã de verticalidade" e da "espiritualização da matéria".

Os renascentistas voltam-se, por sua vez, para as antigas práticas da Civilização Clássica, já que as suas reflexões encontravam-se influenciadas pelas antiguidades greco-romanas e Vitrúvio era a referência de todos os tratadistas daquela época culturalmente brilhante. Os sistemas construtivos do passado são, pois, frequentemente invocados, como encontramos no diversos escritores, dentre os quais Andrea Paladio da Vicenza (1570, p.12) (Fig. 7), que nos oferece um repertório de muros baseado em modelos romanos, na maioria, com uso do concreto.

O advento do Século das Luzes (XVIII) traz consigo a Revolução Industrial, que já se encontrava em gestação, desde o Período Barroco, quando as ciências físicas e matemáticas experimentam extraordinário florescimento. Na arquitetura do Iluminismo**,** mesmo com suas raízes fincadas no classicismo, rompem-se alguns dos seus cânones procurando formas mais ousadas, do ponto de vis-

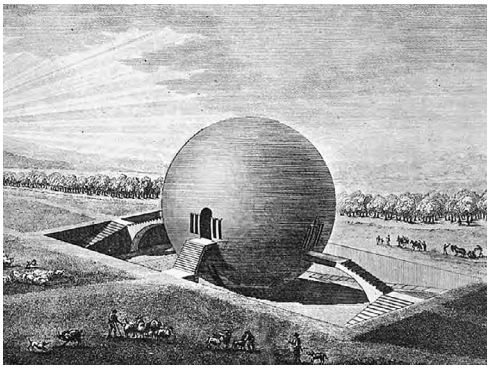


Fig. 8 – Projeto visionário de Claude Lédoux. Fonte: BNF.

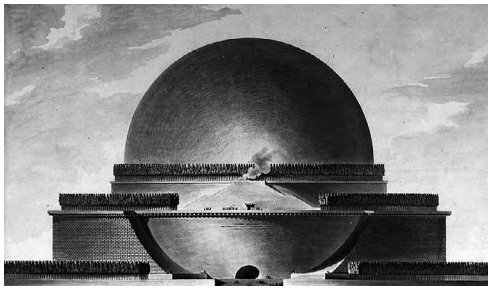


Fig. 9 – Cenotáfio para Newton de Etienne-Louis Boulée. Fonte : BNF.

ta construtivo, que passaram a exigir a contribuição de novos materiais para a sua concretização. Estas propostas de projetos foram protagonizadas, principalmente por Ledoux (1736-1806) e Boullée (1728-1799), grandes personagens da arquitetura do iluminismo (Fig. 8 e 9).

A partir deste momento são abertas as possibilidades das investigações que conduzirão ao moderno cimento/concreto armado.

É bom que se destaque um particular curioso. A armadura metálica, que será a alma desse novo sistema construtivo, aparecerá antes mesmo da descoberta do cimento moderno, empregada que foi em técnicas construtivas de cantaria ou em abóbadas e arcos de tijolos, o que poderia soar estranho! Tal é o exemplo da construção do famoso Panteon de Paris, obra projetada inicialmente por Soufflot (1713-1780) e concluída por Rondelet em 1790. A aplicação de armaduras metálicas em sistemas estruturais antigos já era conhecida, em outras culturas e, nós mesmos encontramos, por ocasião do reforço estrutural das abóbadas do claustro do Convento de São Francisco (Século XVIII), barras de ferro forjado, de secção quadrada, que contraventavam o empuxo transversal das abóbadas de aresta do claustro, que não estava anulado na direção do pátio. Neste trabalho, embora tivéssemos empregado sistemas mais modernos de estabilização, conservamos na restauração as velhas barras de ferro, do século XVIII, como testemunho da memória de um procedimento construtivo do passado.

OS PIONEIROS DOS TEMPOS MODERNOS

O excelente comportamento, de argamassas hidráulicas romanas, verificado em construções de outros tempos, que atravessaram os séculos sofrendo pouca degradação e com excepcional resistência, foi o ponto de partida para a busca do cimento moderno. Não há livro de história da engenharia e da arquitetura que não fale da construção do farol de Eddystone, na Inglaterra, como ponto de partida da criação do moderno cimento, tendo como protagonista principal a figura do engenheiro John Smeaton (1724-1792). O emprego de argamassas com misturas pozolânicas demonstrou a eficácia da composição e a sua durabilidade superior, quando o velho fanal, destruído tantas vezes pela fúria do mar, conseguiu, finalmente, tornar-se uma construção duradoura.

Mas os inventos, embora possam acontecer pela obra do acaso, realmente andam através da investigação dedicada, mesmo que os verdadeiros cientistas, nem sempre, estejam ligados na possibilidade de auferir lucros do seu achado. Quem é pesquisador sabe disto. É o caso, por exemplo, de um dos pais da ciência dos materiais, Joseph-Louis Vicat (1786-1861), que, com seus estudos e trabalhos, trouxe enorme contribuição aos materiais de construção. Em 1818, ao publicar seu texto clássico *Recherches expérimentales sur les chaux de construction, les béton et les mortiers ordinaires* (VICAT, 1818), através do qual estabelece a famosa fórmula da hidraulicidade, fala da fabricação de um ligante obtido pela cocção simultânea de rochas carbonáticas e argilominerais, ou seja, em linhas gerais, o nosso moderno cimento (CIMBÉTON, 2009, p:7). Esta composição foi empregada, com todo êxito, logo em seguida, na ponte de Souillac, executada em concreto, mesmo que sem armadura. Foi, todavia, sempre atribuída a Joseph Aspdin (1778-1855), empresário da construção, a invenção do cimento Portland, que a patenteou em 1824. Aspdin chegou a este resultado quando procurava encontrar uma argamassa com ligante, que fingisse as pedras de Portland, que, acredito eu, deveria ser uma marga semelhante às rochas calcárias da nossa Ilha da Boipeba, muito explorada pelos nossos antigos.

Dentre os arquitetos, aquele que primeiro empunhou a bandeira do uso do concreto foi, possivelmente, François Martin Lebrun (1779-1849), de Montauban, quando, nos anos trinta do século

XIX, projetou o templo protestante de Corbarieu e a prefeitura de Graillac, na França.

Mas, naquela altura, estavam prontos, na história da ciência das construções, os ingredientes que trariam o nosso concreto armado: o uso de reforços metálicos e um aglomerante hidráulico de excelente desempenho. Foi, aproveitando este estado do conhecimento, que Joseph-Louis Lambot (1814-1887) concebeu o seu famoso barco de "cimento armado", em 1848, empregando uma malha metálica de reforço. Este artefato foi exibido na exposição Universal de Paris, em 1855. Coetâneo de Lambot foi o grande pioneiro e empreendedor do concreto armado, François Coignet (1814-1888), que levou esta técnica ao prestígio internacional, quando com ela fez uma ponte no parque do Brooklyn, em New York, cidade na qual abriu um escritório da sua companhia de construção. Com a aplicação deste sistema, Coignet obteve sucesso empresarial, sendo um homem de negócio preocupado com o bem estar dos seus servidores, coisa rara naqueles tempos, quando projetou e construiu um edifício pluridomiciliar para os seus funcionários, em concreto armado. Tal construção foi considerada como patrimônio nacional francês e, por isto mesmo, encontrava-se em estado de eversão, pois é proverbial a falta de visão de certos homens de governo ou de negócios, que não enxergam o significado cultural e da memória da engenharia e da arquitetura, nestes exemplares do passado. Situação idêntica aconteceu com a casa de Coignet, nos arredores de Paris (Saint Denis).

Sobre a aplicação do concreto armado na construção civil, os estudiosos do assunto como, Nelva e Signorelli (1990, p.11), costumam sempre dividir em quatro etapas principais. A primeira delas, conhecida como dos "inventores e primeiros experimentos" (metade do século XIX); a segunda, que reúne os "primeiros realizadores" (nas duas últimas décadas do século XIX); a terceira que compreende o período do "desenvolvimento das teorias e métodos de cálculo" (Início do século XX, aos anos 30)[4] e, finalmente a quarta, na qual se desenvolvem o "estudo das teorias elasto-plásticas".

Sabe-se que o emprego de reticulados nas armaduras de concreto, principalmente para as lajes, nasceu dos experimentos práticos de Joseph Monier (1823-1906), empresário que se dedicava à construção de jardins. Isto explica, justamente, a decoração fitomorfa da ponte de concreto armado, que fez para o jardim do palacete Chazelet, em 1875. Com esta concepção de reticulado ortogonal de armadura, Monier fabricou vasos, tubos, escadas, placas, caixas d'água e outros artefatos, registrando patente destes processos. Tais patentes foram vendidas para a firma alemã Wayss & Freitag, em cujo país de origem implementou grande parte dos estudos teóricos originais que conduziram ao cálculo estrutural do concreto armado. A referida firma teve muita relação com o Brasil, pois aqui instalou uma representação e transformou-se, na Companhia Construtora Nacional, que atuou até 1974.

Entretanto, outro francês, François Hennebique (1841-1821), foi o responsável pela racionalização da estrutura de concreto em sistema integrado de pilares lajes e vigas armadas, cujo conhecimento é fundamental ao moderno restaurador para a sua identificação, nos edifícios a sofrerem intervenção. Para exibir as potencialidades da nova técnica de construção, edificou Hennebique a sua casa, em Bourg-le-Reine, lançando mão de verdadeira pirotecnia estrutural, com balanços sucessivos, que alcançavam os 4m, feito que, para a época, é passível de ser considerada ousadia.

Este grande gênio da ciência da construção na França foi, talvez, o profissional que maior influência teve nos tempos heroicos da difusão do concreto armado pelo mundo. Pode ser atribuído este fato à sua extraordinária intuição, criatividade e tino empresarial mas, igualmente, ao fato de

[4] *É comum entre os estudiosos atribuir ao alemão Emil MÖRSCH contratado pela Weiss & Freytag, em 1901, como um dos iniciadores do moderno cálculo estrutural do concreto.*

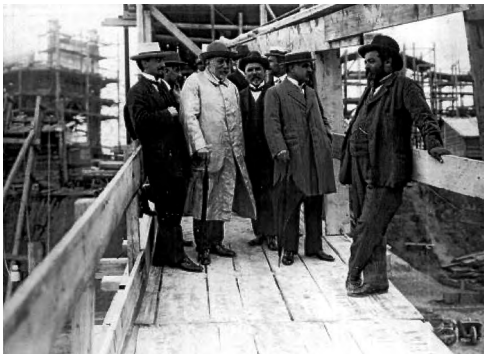


Fig. 10 – Hennebique visita uma obra com sua patente, em Turim, com o representante italiano Porcheddu. Fonte: *Sistema archivistico Nazionale.*

Fig. 11 – Ponte do Mirante, em Piracicaba, primeira ponte brasileira, em concreto, iniciada pelos irmãos Rebouças. Fonte: IGH de Piracicaba.

ser um conhecedor profundo dos misteres da construção. Quando jovem trabalhou em cantaria e, mais tarde, dirigiu importantes canteiros de construção e/ou restauração de edifícios franceses, demonstrando dominar com maestria os ofícios das estruturas de carpintaria. As suas patentes espalharam-se pelo mundo inteiro influenciando a Europa[5] (Fig. 10) e mesmo o continente americano. No reparo e restauração de antigas estruturas que levamos a efeito no Brasil encontramos a marca do sistema Hennebique no uso do concreto armado. Ele conseguiu, principalmente, vender a imagem do concreto armado como material capaz de suportar, além de cargas superiores, os incêndios, que sempre foram o flagelo dos edifícios, destacando na sua publicidade o slogan: *Plus d'incendies desastreux*[6].

Hennebique era um empreendedor moderno que acreditava na propaganda. Procurou sempre cercar as suas criações, no campo do concreto armado, de toda a divulgação possível, reunindo congressos anuais, dos seus agentes espalhados em todo o mundo, para troca de experiências e, até mesmo, financiou uma revista editada em Rennes, cujo primeiro número circulou na metade do ano de 1898 (Nelva e Signorelli, 1990, p.13). A historiografia da construção civil no Brasil faz sempre referências ao emprego do concreto no sistema Hennebique, em diversos palacetes em Copacabana, no Rio de Janeiro e a ponte construída pelo empreiteiro Echeverria, na mesma cidade, com 9m de vão, tem seus cálculos atribuídos ao próprio Hennebique. O nosso Estado, porém, não ficou atrás quando, em 1905 o engenheiro Alexandre Goes fez uso do sistema em questão na construção de um pavilhão da antiga penitenciária do Estado, bairro da Calçada.

O Brasil, pelo seu lado, teve seus pioneiros na aplicação do cimento e do concreto armado. Até onde chegam os nossos estudos, os irmão Rebouças, André e Antônio, engenheiros baianos da cidade de Cachoeira e de ascendência negra, foram os responsáveis pela introdução do concreto armado no Brasil. A eles é atribuída a primeira ponte construída com esse material, na cidade de Piracicaba (Ponte do Mirante) (Fig. 11), bem como o primeiro emprego do cimento Portland, no porto do Rio de Janeiro. Sobre o último particular, André Rebouças (1838–1898), responsável

[5] *NELVA e SIGNORELLI relatam que, na Itália, o principal difusor do sistema Hennebique foi o engenheiro G.A. Porcheddu. Através do estudo detalhado dos documentos da extinta Società Porcheddu conseguiram levantar cerca de 2.600 obras nas quais foi empregado o concreto armado.*

[6] *Nunca mais incêndios desastrosos.*

pelas obras portuárias referidas, assim escreve no seu diário, em 27 de dezembro de 1866: [...] *Recebi uma proposta da casa Léon Lacomte & Cia. para o fornecimento do cimento Portland natural a 113 frs. a tonelada* (REBOUÇAS, 1938, p:143). Este profissional extraordinário da Engenharia Brasileira foi, sem favor algum, um dos engenheiros mais importantes do Segundo Império. Corroborando esta afirmativa basta citar o que dele dizia o grande estadista Joaquim Nabuco: *Matemático e astrônomo, botânico e zoólogo, industrial e moralista, higienista e filantropo, poeta e filósofo, Rebouças foi, talvez, dos homens nascidos no Brasil, o único universal pelo espírito e pelo coração. Somente ele foi capaz de refletir em si, ao mesmo tempo, a universalidade dos conhecimentos e dos sentimentos humanos* (Nabuco, 1978, p: 135).

Neste panorama não podemos deixar de olhar para o nosso Estado e para a nossa Escola Politécnica. Estivemos investigando sobre a evolução da nossa arquitetura do ecletismo para o modernismo observando que, se os primórdios da modernidade já tinham encampado a linguagem do concreto armado, como no Instituto Normal Isaias Alves, na Central dos Correios e Telégrafos, da Cidade Baixa, no Edifício a Tarde, no Edifício Dourado, no Edifício Oceania, no porto de hidroaviões da Ribeira e outros tantos edifícios, quase todos filiados ao movimento *Decô*. O Ecletismo que lhe antecedeu fazia, também, uso do concreto, principalmente, através do emprego da argamassa armada (cimento armado), embora combinada, muitas vezes com o concreto e, por vezes, associado a estruturas metálicas em perfis. Frequentemente, a simples observação de um edifício eclético não denuncia esses sistemas construtivos com emprego do cimento, em virtude de estarem camuflados sob a linguagem decorativa. O nosso Teodoro Sampaio (1855-1937), engenheiro dos mais cultos e preparados do fim do século XIX e início do XX, ao assumir a restauração, ou melhor, a reforma da velha Faculdade de Medicina, consumida por incêndio, em 1905, utilizou largamente o cimento armado e o concreto, como se constatou na sua restauração. Em alguns espaços, o referido engenheiro empregou lajes de concreto armado sobre vigas apoiadas em pilares de alvenaria, como no espaço do atual Museu de Arqueologia. Em outros, optou por estrutura de perfis metálicos apoiando lajes de argamassa armada com tela *deployée*, sistema muito empregado no início do século, cuja restauração é praticamente impossível quando afetado pela corrosão. Como já referimos, desta época é também o projeto de arquitetura e de estrutura para os pavilhões da antiga Penitenciária do Estado, de 1905, feito pelo engenheiro Alexandre Góes. Este projeto

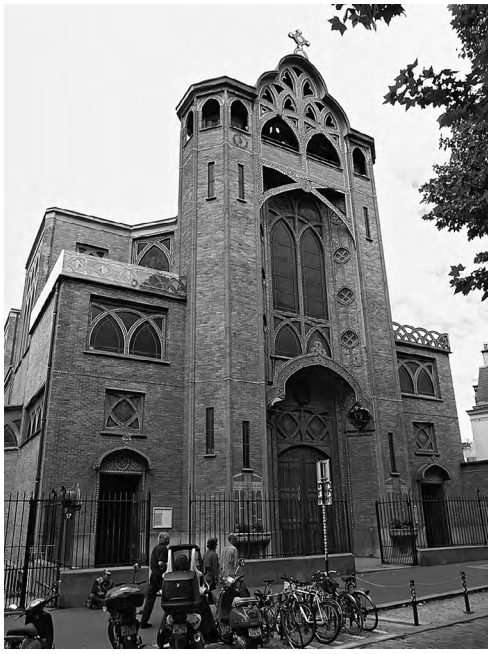


Fig. 12 – Igreja de Saint Jean de Montmartre de Anatole Baudot.
Fonte: Acervo do autor

foi objeto de publicação assinada pelo autor, onde se vê, com clareza, o sistema Hennebique de armaduras aplicado no embasamento, em concreto armado, dos pavilhões.

Vamos retornar, porém, para o panorama internacional da aplicação do concreto armado nas construções, como se desenvolveu a sua tecnologia e qual a contribuição da arquitetura para a aplicação do novo sistema construtivo. Como já destacamos, a tecnologia do concreto armado tornou-se popular, em todo o mundo, principalmente graças ao sistema Hennebique, que consegue patentes, franquias e representações em muitos países.

No fim do século XIX, alguns arquitetos passam a incorporar o concreto armado, não somente como simples material construtivo de suas obras, da maneira que já tinha experimentado Lebrun, mas conseguindo desfrutar da sua plasticidade e possibilidade de obter novas formas, de linguagem estética inovadora. Assim, um antigo discípulo do mestre Viollet-le-Duc, que foi o arquiteto Anatole Baudot (1834-1915), concebe a famosa igreja de S. Jean (1894), no bairro boêmio de Montmartre, em Paris (Fig. 12), uma referência emblemática dos primórdios da Modernidade na arquitetura, não obstante a sua linguagem eivada de elementos herdados dos "revivals", principalmente o neogótico. Neste edifício o cimento armado preponderou no sistema construtivo, permitindo a execução de nervuras, ogivas e outros detalhes decorativos.

Temos, todavia, na figura do arquiteto Auguste Perret (1874-1954), o expoente máximo da arquitetura na contribuição para a aplicação do concreto armado nesta nobre arte. Foi ele o criador do sistema de edifício pluridomiciliares de apartamentos, com estrutura independente de concreto, ao projetar e construir o edifício 25bis da Rua Franklin, no ano de 1905, em Paris (Fig. 13). Não obstante os mais de cem anos de sua construção é uma edificação de fazer inveja aos contemporâneos: pela qualidade de sua forma movimentada, do seu sistema estrutural flexível, pela durabilidade dos materiais empregados e pela técnica de sua aplicação. Está sob a proteção dos serviços de patrimônio histórico e cultural da França.

Em 1903, já tinha Perret projetado uma garagem, na rua Ponthieu, cujo número de porta era 51, com total estrutura de concreto, na qual, segundo o seu criador, tentou fazer a "primeira tentativa de concreto armado estético" (Fig. 14). Ainda a conhecemos, mas a insensibilidade e a ganância da especulação imobiliária a devorou. Uma perda enorme para a história e para a memória do concreto armado!

Perret ainda produziu muitas obras importantes, sempre privilegiando o uso do concreto armado, porém destacaríamos a Igreja de *Notre Dame*, de Raincy, na qual fez uso do concreto aparente no interior e conseguiu combinar a transcendência da espiritualidade dos espaços, através do uso diáfano e policromo dos vitrais, com a rudeza do sistema românico de uma abóbada de berço central ladeada por abóbadas de berço justapostas. No exterior deste templo, a verticalidade da arquitetura gótica estava presente, reinterpretada pelas linhas do Modernismo.

O engenheiro Armand Considère (1841-1914), que viveu também nesta quadra extremamente fértil, da segunda metade do século XIX e início do século XX, foi um egresso da famosa *École des Ponts et Chaussées*. Teve grande importância principalmente nos estudos de comportamento dos metais das armaduras do concreto. Isto lhe valeu a obtenção da patente das colunas ditas fretées ou cintadas, que suportavam cargas superiores àquelas construídas com armadura tradicional. O mote da sua investigação foi a convicção de que combater o efeito Poisson é combater o esmagamento de um apoio. Foi decisiva a sua contribuição para as Normas Francesas para o Concreto Armado, aprovadas em 1906, cujos trabalhos do comitê foram iniciados desde 1892.

O primeiro decênio do século XX traria vôos mais ousados para o concreto, tanto na criação mais arrojada de estruturas, como pela criatividade na concepção e belezas das formas. Vem imediatamente à nossa memória o nome do "poeta das pontes", o suíço Robert Maillart (1872-1940), o inventor das "lajes cogumelo". A sua obra corrobora os princípios de plasticidade (que os afeitos aos ensaios de materiais não queiram tomar esta a expressão ao pé da letra!), explorados na arquitetura por Perret, mostrando que as grandes obras, mesmo viárias, são capazes de comunicar valores estéticos inimagináveis, valores dos quais, tempos depois, valeu-se Pier Luigi Nervi para nos emocionar com as suas criações geniais de estruturas de concreto.

Faz parte desta safra de profissionais extremamente criativos, neste período de ascensão e prestígio da técnica do concreto armado, outra figura notável que foi Eugène Freyssinet (1879-1962), o pai do concreto protendido. Sobrevivendo à primeira grande guerra como oficial do *Génie Militaire*, deixou-nos, em seguida, aquelas obras memoráveis que foram os hangares para dirigíveis do aeroporto de Orly. Porém, além do protendido, a criatividade de Freyssinet, adquirida com o domínio do concreto armado, legou-nos muitos inventos, como o concreto vibrado, os macacos planos para ajuste de peças, o tratamento térmico do concreto, as aduelas pré-fabricadas para montagem de arcos e outras invenções patenteadas.

De posse destas inovações e com o amadurecimento da tecnologia do concreto, a arquitetura do século XX ousou sonhos mais arrojados. Foi baseado no emprego deste material que Charles Édouard Jeanneret, conhecido por todos pelo pseudônimo de Le Corbusier, teorizou os famosos cinco pontos da arquitetura moderna: casa sobre pilotis, planta livre, fachada de composição livre, janelas em faixa e terraços jardins. Na mesma linha de pensamento e baseado no emprego do mesmo material e sistema construtivo, criou Corbusier as casas *Dominó*, que funcionavam como um módulo a ser acoplado, de diferentes maneiras, para produzir habitações plurifamiliares de caráter popular. São dezenas de outros grandes criadores de renome internacional, que poderiam ser referidos com suas obras, mas não temos disponibilidade de tempo e poderíamos incorrer na perda de foco do nosso argumento. Tomo a liberdade de citar, somente, a Casa Kaufmann, conhecida como Casa da Cascata, uma obra emblemática de autoria de Frank Lloyd Wright e para exemplificarmos com a nossa arquitetura brasileira, a Igreja da Pampulha de Oscar Niemayer, calculada pelo mestre Joaquim Cardozo, homem de rara cultura. Sua capacidade técnica insofismável, porém, não impediu que os vôos da imaginação de Oscar nos trouxessem alguns problemas de durabilidade e de conservação do concreto do edifício.

Não se poderia, porém, antes de fechar a exemplificação de grandes nomes, que muito contribuíram para a história do concreto armado, de dizer mais algumas palavras sobre a grande estrela que foi Pier Luigi Nervi. Ele fez das estruturas de concreto armado uma verdadeira poesia. Sobre ele, conta-se, em relação ao hangar de Orbetello que, quando indagado sobre o que tinha sentido na ocasião em que os nazistas colocaram cargas de explosivos nos apoios e o botaram abaixo. Ele então respondeu, mais ou menos, o seguinte: foi o dia mais triste da minha vida, porém o mais glorioso, pois ao tombar a cobertura esta permaneceu intacta na sua forma sobre o terreno.

Diante de toda esta riqueza do patrimônio da história da engenharia e da arquitetura, vem a pergunta do que podemos fazer para conservar o seu testemunho material. Sabemos que, como nos lembra Riegl: "a conservação eterna não é possível, porque as forças da natureza, em última instância, são mais fortes do que toda a inteligência humana" (1990, p:54). Temos consciência, porém, de que é nosso dever conservar, o mais longe possível, os exemplos daqueles que contribuíram para a trajetória da arte de construir e os exemplares que lembram esse percurso. É, como se sabe, um dever

Fig. 13 – Edifício 25-bis da Rua Franklin: Fonte: acervo do autor.

Fig. 14 – Garagem da Rua Ponthieu, nº 51. Construção desaparecida. Fonte: Acervo do autor.

ético, moral e profissional a ser assumido diante dos especialistas que virão e da sociedade que observa os nossos feitos. Esta conservação, porém, tem dois problemas fundamentais. Um deles é de consciência e, neste aspecto, está incluída a falta de cultura, o descaso administrativo, a falta de sensibilidade e de amor pela profissão, além da ganância da especulação, que nada perdoa. O outro é o do caráter transitório das coisas e dos seres que ocupam o nosso universo, como já acenamos pela voz de Riegl. Mesmo assim, cabe-nos levar avante, o mais longe possível, a conservação dos testemunhos materiais mais expressivos desta epopeia, que foi o aparecimento do concreto armado nas construções. Eles são de utilidade nos estudos de durabilidade deste material (ou sistema), observando o seu comportamento ao longo do tempo e, como corolário, os estudos são imprescindíveis para restaurar e conservar esta preciosa memória.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Benevolo, Leonardo. 1966. Storia dell'architettura moderna. Bari : Laterza, p. 179.

Cimbeton. Histoire du béton – naissance et développment, 1818 – 1970. 2009. In: Cahier des modules de conférence pour les écoles d'architecture. Paris: Amprincipe Paris.

Choisy, Auguste. 1954. Histoire de l'architecture. Paris : Vincent Fréal et C^{ie}, 2v.

Choisy, Auguste. 1969. L'art de batir chez les romains. Bologna: Forni Editore, Edição facsimilada do original de 1873.

Cozzo, Giuseppe. 1970. Ingegneria Romana. Roma: Multigrafica Editrice, p.164.

Giedion, Sigfried. 1968. Espacio, tempo y arquitectura. Barcelona: Editorial Científico-Médica.

Jansen, Robert B. 1988. Advanced dam engineering for design. construction, and Rehabilitation. New York: Van Nostrand Reinhold.

Lima Neto, Alfredo Telles de. 2005. O uso do concreto e da argamassa armada na Arquitetura Eclética, em Salvador. Salvador: PPGAU. Dissertação de Mestrado.

Nabuco, Joaquim. 1949. Minha formação. São Paulo, Instituto Progresso.

Nelva, Riccardo – Signorelli, Bruno. 1990. Avvento ed evoluzione del calcestruzzo armato in Italia: Il sistema Hennebique. Milano: Edizioni di Scienza e Tecnica/ AITEC.

Palladio, Andrea. 1968. I quattro libri della'architettura. Venetia: Dominico de' Franceschi, 1570.

Edição facsimilada por Ulrico Hoepli. Milano: 1968v
Pevsner, Nikolaus. 1980. Pioneiros do Desenho Moderno – de William Morris a Walter Gropius. (1a. Ed. 1936), São Paulo, Martins Fontes.
Plinio. 1962. Natural History. Tradução e comentários de Eichholtz. London: William Heinemann Ltd/ Harvard University Press. v.X, Livro 36, p.137
Ragon, Michel. 1971. Histoire mondiale de l'architecture et de l'urbanisme. Tournai: Casterman.
Rebouças, André P. 1933. Diário e notas autobiográficas. Anotações de Ana Flora e Inácio José Veríssimo. Rio de Janeiro: Livraria José Olympio.
Riegl, Alois. 1990. Il culto moderno dei monumenti. Bologna: Nuova Alfa Editoriale.
Vicat, J.L. 1818. Recherches expérimentales sur les chaux de construction, les bétons et les mortiers ordinaires. Paris : Chez Goujon.
Viollet-Le-Duc, Eugène E. 1967. Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI^{e} au XVI^{e} siècle. Paris : F de Nobele. Ed. facsimilada do original.
Vitruvius, Marco. 1962. On architecture. Tradução de Frank Granger. London: William Heinemann Ltd. v.1.
Vitruvio, Marco. 1997. De Arquitectura. Org. de Pierre Gros, trad. e comentários de Antonio Corso e Elisa Romano. Torino: Giulio Einaudi, v.1, p.141.

MATERIAIS E TÉCNICAS DE CONSTRUÇÃO

Abobadilha Alentejana
"Características e Processos Construtivos"

Rei, João[(1)]*; Sousa Gago, António[(2)]**
[(1)]jcmrei@gmail.com, [(2)]antonio.gago@tecnico.ulisboa.pt
**Academia Militar*
***CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa*

RESUMO

A presente comunicação debruça-se sobre uma solução construtiva de pavimentos abobadados, tradicionalmente utilizada nas regiões a Sul de Portugal: Alentejo e Algarve e popularmente conhecida como abobadilhas alentejanas.
Esta solução construtiva partilha uma base comum com técnicas semelhantes disseminadas um pouco por todo o mundo, mas que, dada a proximidade geográfica, tem mais semelhanças com soluções desenvolvidas em países mediterrânicos vizinhos, como são os casos do Sul de Espanha e do Sul de França, Itália e alguns países do norte de África.
Trata-se dum processo construtivo conhecido desde tempos imemoriais e que foi apresentado cientificamente no século XVIII, tendo-lhe sido reconhecido méritos comparativamente com as alternativas correntes da época.
O presente artigo apresenta e descreve a técnica construtiva das abobadilhas tipo alentejanas, nomeadamente a sua forma e os materiais correntemente utilizados. Aborda-se o processo construtivo, as geometrias adotadas e a particularidade de ser executada, muitas vezes, sem cimbre.
Apesar da frequente utilização deste processo construtivo no Sul de Portugal, existe pouca informação escrita e os tratados de construção portugueses não traduzem esse conhecimento. No entanto, esta técnica foi, também, muito utilizada em determinadas zonas de Espanha, França e Itália, onde a prática está bem documentada em alguns tratados de construção. No presente artigo faz-se uma síntese do que se encontra escrito nesses tratados e noutros documentos anteriores ao séc. XX e relevam-se algumas singularidades.
É de salientar que esta solução apresenta um conjunto de particularidades estruturais, construtivas e ambientais que resultaram de um longo processo de evolução, as quais incorporam aspetos construtivos técnico-económicos que são dignos de registo. Não obstante a sua já longa utilização, esta solução é desconhecida da maioria dos projetistas de estruturas que revelam dificuldade na avaliação da segurança estrutural das abobadilhas existentes e no dimensionamento de novas estruturas deste tipo.
A divulgação desta técnica construtiva (suas características, geometrias e processos construtivos) junto da comunidade técnica, nomeadamente, Arquitetos e Engenheiros Civis, visa promover uma abordagem adequada, não só, aquando da sua manutenção e conservação, mas também em intervenções de reabilitação e de novas construções.

Palavras-chave: alvenaria; arco; abóbada; abobadilha alentejana.

1. INTRODUÇÃO

Muito do património arquitectónico legado pelos nossos antepassados está materializado em edifícios históricos de alvenaria que ostentam soluções estruturais abobadadas apuradas por uma evolução contínua ao longo de vários séculos. Encerra, portanto, em si mesmo, o emprego duma série de técnicas construtivas que resultam da aplicação de regras empíricas de concepção que eram transmitidas de geração em geração pelos antigos mestres construtores e que são hoje um dos ex-libris dos manuais da história da construção.

As abobadilhas tipo "alentejana" são uma manifestação dessa evolução que, sendo características do Alentejo, são também utilizadas com menos frequência noutras regiões do país e, duma forma mais generalizada, nos países da bacia do Mediterrâneo, como são os casos de Espanha, França e Itália onde são designadas respetivamente por bóvedas tabicadas, voûtes à la Roussillon e volte in folio ou a la volterrana. No entanto, estas estruturas abobadadas foram difundidas um pouco por todo o mundo, havendo exemplos da sua aplicação nos Estados Unidos da América, em alguns países da América do Sul, na Ásia, e mais recentemente, na África Subsariana. Muito resumidamente, trata-se duma técnica de construção de abóbadas finas de tijolo, caracterizada pelo assentamento dos tijolos ao baixo recorrendo a argamassa à base de gesso, ligante que lhe permite a dispensa de cimbres durante a execução.

Entretanto, o aparecimento de novos materiais proporcionou aos técnicos a possibilidade de adoção de novas técnicas construtivas e, lamentavelmente, a perda do vínculo à tradicional construção abobadada. Entre os antigos construtores era possível estabelecer uma aprendizagem direta mestre-aluno, muitas vezes de pai para filho, um sentimento, uma intuição, um tipo de fio condutor entre umas construções e outras. Atualmente a "passagem de testemunho" já não é possível e restam muito poucos artesãos que conhecem e executam esta técnica, facto que comporta um elevado risco destes know-how tradicional e experiência prática, em breve, poderem já não estar disponíveis e de, assim, se perder uma técnica construtiva que faz parte do nosso património cultural.

Não obstante tratar-se duma técnica muito utilizada no sul de Portugal, a bibliografia disponível em português é muito escassa e não reflete, portanto, o vasto conhecimento existente no país sobre este processo de construção tradicional. Assim, efetua-se um levantamento de âmbito internacional acerca da tratadística afim até ao séc. XIX, com especial incidência nos tratados espanhóis, franceses e italianos.

O termo abobadilha refere-se a um tipo particular de abóbada executada com tijolos maciços (ou tijoleiras) assentes ao baixo, isto é, com a sua maior dimensão segundo a superfície da abóbada, em contraste com a abóbada corrente em que os tijolos são assentes ao cutelo, ou seja, com a sua maior dimensão normal à superfície abobadada (Fig. 1.1). As dimensões dos tijolos dependem da região em causa e dos mestres construtores, mas são, normalmente, próximas de 30 cm x 15 cm, com 3,5 cm de espessura.

2. ABÓBADAS FINAS DE TIJOLO NA TRATADÍSTICA

2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

A literatura que aborda as abóbadas do tipo das abobadilhas alentejanas não é muito extensa, e a existente nem sempre é muito explícita. Grande parte dos tratadistas têm-nas contornado nas suas obras, seja por não serem consideradas de categoria suficiente no elenco do portefólio arquitectónico ou simplesmente por desconhecimento. Por outro lado, as abobadilhas apresentam, em geral, a sua face inferior rebocada, não se manifestando de forma explicita as suas particularidades

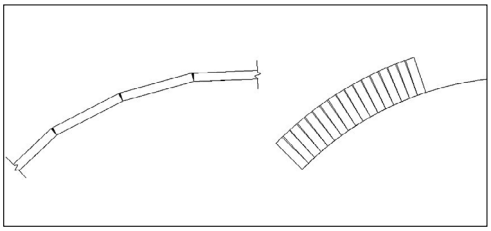


Fig. 1.1 – Distinção entre abobadilha (à esquerda) e abóbada (à direita).

construtivas. Por essa razão e, também, porque os aspectos construtivos só recentemente começaram a interessar aos historiadores, a maior parte dos estudos não diferenciam esta técnica construtiva de outras. De facto, salvo raríssimas exceções, os livros de arquitetura e de história de arte, quando se referem às abóbadas não se detêm a descrever a sua constituição interior, nem a técnica construtiva utilizada (Luna e Bernal 2007).

2.2 REFERÊNCIAS PORTUGUESAS

Em Portugal, apesar da sua expressiva utilização, principalmente na região do Alentejo, escasseiam referências escritas sobre a técnica das abobadilhas alentejanas. A mais antiga encontrada na presente investigação data de 1757, e consta numa pequena publicação intitulada *Advertências aos modernos que aprendem o ofício de pedreiro e carpinteiro*, da autoria do mestre pedreiro Valério Martins de Oliveira (Oliveira 1757). Neste livro, faz-se uma brevíssima alusão à forma como se executam as abobadilhas e referem-se algumas obras onde elas foram utilizadas.

Muito mais tarde, no manual de construção, *Curso elementar de construções* (Leitão 1896), o engenheiro militar Luís Leitão refere as abobadilhas alentejanas como um dos trabalhos com mais interesse que na se fazia altura, descrevendo o tipo de argamassa utilizada, a possibilidade de poderem ser simples ou forradas[1], o seu traçado e geometria.

[1] *Abobadilhas constituídas por duas fiadas de tijolo sobrepostas e juntas desencontradas.*

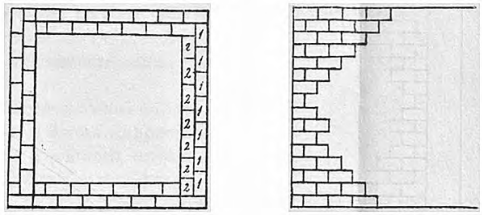


Fig. 2.1 – Variantes de assentamento dos tijolos nas abobadilhas alentejanas (Aguiar 1899).

Em 1899, na sequência dum questionário sobre a construção da cobertura dumas enfermarias em Tancos, outro engenheiro militar, João D'Aguiar publicou na Revista de Engenharia Militar um artigo intitulado *Abobadilhas de tijolo no Alentejo* (Aguiar 1899). Apesar de se tratar dum pequeno artigo, aborda-se a execução da técnica com algum detalhe (Fig. 2.1).

2.3 A CONGÉNERE FRANCESA DA ABOBADILHA TIPO ALENTEJANA

Não obstante a técnica ser conhecida em França desde meados do séc. XVII, é um amador que se interessa pela matéria, o conde francês Félix d'Espie escreve em 1754 o primeiro livro dedicado exclusivamente ao assunto e dá-lhe enorme projeção. Trata-se dum pequeno livro intitulado *Manière de rendre toutes sortes d'édifices incombustibles ou Traité sur la construction des voûtes, faites avec des briques et du plâtre, dites voûtes plates, et d'un toit de brique, sans charpente, appelé comble briquete*, que, apesar de conter algumas incorreções, como por exemplo o facto de considerar este tipo de abóbada como monolítica e de não empuxar, despertou um grande interesse, tendo sido traduzido para inglês (1756), alemão (1760) e espanhol (1766). Além disso, tratadistas de renome fizeram eco deste "novo" sistema construtivo, como são os casos de Marc-Antoine Laugier (1713-1769) no seu tratado, *Essai sur l'architecture* (Laugier 1753), de Christian Rieger (1714-1780) na sua obra *Elementos de toda*

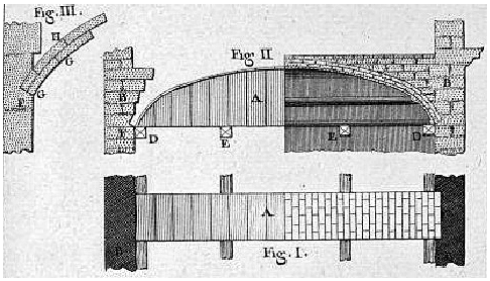


Fig. 2.2 – Pormenores de construção duma abobadilha tipo alentejana (Blondel e Patte 1777).

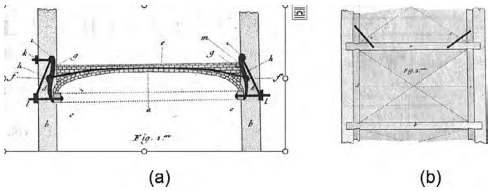


Fig. 2.3 – Soluções propostas por Rozier para o contra-arresto das abobadilhas tipo alentejanas: (a) corte onde é visível o uso dum tirante curvo; (b) planta mostrando o uso de barrotes de madeira (Rozier 1776).

la architectura civil (Rieger 1763) - original em latim de 1756, traduzido para espanhol em 1763 - e especialmente de Jacques-François Blondel (1705-1774) e Pierre Patte (1723-1814) através dum dos tratados mais importantes da época, *Cours d'architecture* (Blondel e Patte 1777), o qual expõe a técnica com algum detalhe e acompanha com excelentes figuras o seu processo construtivo que contribuíram para a sua divulgação (Fig. 2.2).

Apesar das vantagens enumeradas pelo conde d'Espie no seu tratado, poucas pessoas se atreviam a dar preferência a estas abóbadas em detrimento dos pavimentos de madeira, dada a preocupação motivada pela ausência de medidas de absorção do empuxo. Como esta questão suscitava dúvidas, o abade Jean-Baptiste Rozier (1734-1793) apresentou em *Observations sur la physique, sur l'histoire naturelle et sur les arts* (Rozier 1776) duas soluções que, permitindo utilizar a técnica, acautelavam o efeito do empuxo resultante. A primeira, bastante engenhosa, recorre à introdução dum tirante curvo com duas alavancas nas extremidades (Fig. 2.3 (a)) e a segunda baseia-se na aplicação de frechais e de barrotes de madeira na base das abobadilhas (Fig. 2.3 (b)).

Já no século XIX Jean-Baptiste Rondelet (1743-1829), numa das obras mais influentes desse século intitulada *Traité théorique et pratique de l'art de bâtir* (1ª edição, 1802 – Rondelet 1802) e que foi traduzida para alemão e italiano, reproduz o trabalho de Blondel e Patte, com maior detalhe, divulgando ainda mais este processo construtivo (Fig. 2.4).

Rondelet associa ainda, implicitamente, esta técnica construtiva à construção romana através do assentamento de tijolos romanos ao baixo sobre cimbres de madeira para prevenir eventuais fissuras durante o processo construtivo, caso os cimbres tenham que ser removidos antes da argamassa ter adquirido consistência suficiente (Fig. 2.5).

Jean-Louis-Nicolas Durand (1760-1834) num manual intitulado *Précis des leçons d'architecture données à l'École Royale Polytechnique* (Durand 1802-1804) aborda também esta prática construtiva. Começa por se referir às vantagens destas abóbadas em relação aos pavimentos de madeira, que em sua opinião são mais baratas, têm maior durabilidade e resistem aos incêndios. Descreve ainda, com algum detalhe a sua execução, não só como pavimento, mas também como cobertura (Fig. 2.6).

Urbain Vitry (1802-1863) na segunda parte do seu tratado de arquitetura e construção, *Le propriétaire architecte* (Vitry 1827) faz uma breve referência à aplicação das abobadilhas tipo alentejanas, tanto ao nível dos pisos intermédios, como das coberturas. Também, de acordo com este autor, a solução substitui os pavimentos de

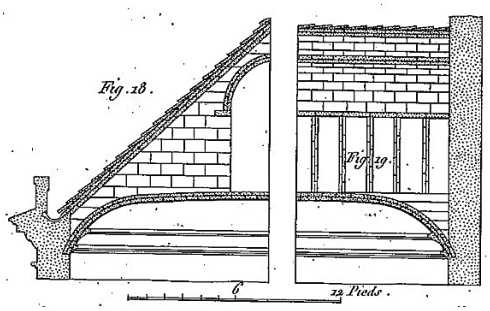


Fig. 2.4 – Cortes numa abobadilha alentejana: transversal (esq.); longitudinal (dir.) (Rondelet 1830).

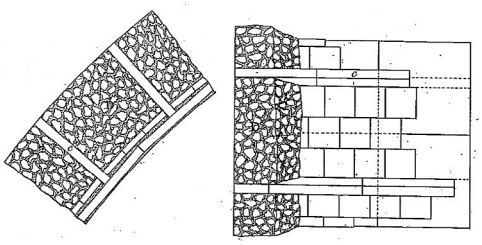


Fig. 2.5 – Utilização da abobadilha tipo alentejana pelos romanos: corte transversal (esq.); perspetiva (dir.) (Rondelet 1830).

madeira, utilizando um material mais durável e que confere maior proteção aos incêndios, não exigindo paredes muito mais espessas.

Vitry indica as variantes de berço e de barrete de clérigo como as mais correntes neste tipo de construção e descreve pormenorizadamente a sua execução, referindo-se, em particular, à solução de aplicação das abobadilhas tipo alentejanas nas coberturas preconizada por d'Espie, a qual considera inadequada, por ser pesada e não permitir o aproveitamento do sótão e reitera a solução preconizada por Rondelet, a qual recomenda por suplantar estes inconvenientes (Fig. 2.7).

Durante o século XIX a expansividade do gesso foi assinalada como a causa da queda dalgumas destas abóbadas, em resultado do incremento do empuxo. Com o intuito de ultrapassar esta questão, o engenheiro militar d'Olivier publicou nos *Annales de ponts et chausées*, uma memória *Relatif à la construction des voûtes en briques posées de plat, suivi de recherches expérimentales sur la poussée de ces sortes de voûtes* (Olivier 1837) na qual apresentou um tijolo com um formato especial, à *crochet* ou de rebordos laterais, semelhante à *tegulae* romana usada como revestimento na cobertura dos edifícios (Fig. 2.8 (a)). D'Olivier descreveu na sua memória os ensaios que realizou sobre uma abóbada forrada, semelhante às abobadilhas tipo alentejanas, executada com os tijolos que pantenteou, os quais se destinavam a determinar o empuxo destas abóbadas, utilizando apoios fixos e móveis e um dinamómetro (Fig. 2.8 (b)).

Em 1850 surgiram dois tratados que abordam esta técnica construtiva. Um deles, o *Nouveau manuel complet du constructeur en général et des agentes-voyers*, é da autoria de Lagarde (Lagarde

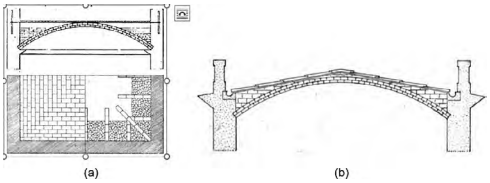


Fig. 2.6 – Aplicação da abobadilha alentejana (planta e cortes): (a) como pavimento; (b) como cobertura (Derand 1802).

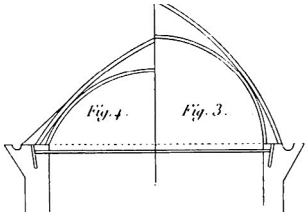


Fig. 2.7 – Proposta de Rondelet para o uso da abobadilha alentejana na cobertura (Vitry 1827).

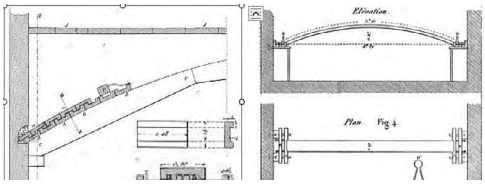


Fig. 2.8 – Trabalhos de d'Olivier: (a) tijolos com rebordo lateral: aplicação e pormenores; (b) ensaios em corte e planta e dinamómetro (Olivier 1837).

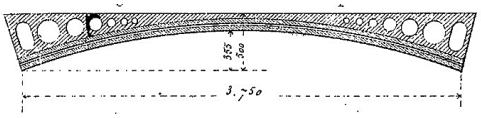


Fig. 2.9 – Abobadilha de rins alveolados ensaiada (Fontaine 1865).

1850) e o outro intitulado *Pratique de l'art de construire, maçonnerie, terrasse et plâtrerie* foi publicado em mais três edições em 1859, 1863 e 1870 por Joseph Claudel (1815-1880) e L. Laroque (Claudel e Laroque 1870).

A necessidade dum conhecimento mais rigoroso das características mecânicas das abobadilhas, nomeadamente da sua capacidade resistente, motivou a realização de ensaios durante o século XIX. Primeiro Laroque (Claudel e Laroque 1859), ensaiou uma abobadilha em arco de circunferência de cinco metros de vão, com um comprimento dum metro e uma flecha de meio metro, forrada com tijolos de três centímetros de espessura, perfazendo uma espessura total de sete centímetros, assente com cimento de Vassy. Nesse ensaio Laroque submeteu a abóbada a uma carga uniforme crescente, sem que se que se tenha observado qualquer cedência para valores de carga da ordem de 90 kN/m^2, o que lhe confere uma extraordinária resistência para este tipo de solicitação. Pouco depois, Fontaine (Fontaine 1865) protagonizou uma série de ensaios, cujos resultados foram publicados nos *Nouvelles annales de la construction*, sob o título *Expériences faites sur la stabilité des voûtes en briques*. Num dos ensaios, Fontaine ensaiou uma abobadilha forrada de rins alveolados de unidades de cimento, com um vão de 3,75 m, uma flecha de 0,355 m e uma espessura de 0,10 m, assente com cimento (Fig. 2.9).

Na sequência dos resultados obtidos, Fontaine citou o ensaio realizado por Laroque, afirmando que a carga de colapso obtida por este (90 kN/m^2) deveria estar equivocada e que a mesma deveria ser dividida por 10, isto é, seria da ordem dos 9,0 kN/m^2, valor próximo daquele que ele próprio obteve.

2.4 AS ABOBADILHAS TIPO ALENTEJANAS NOS TRATADOS ESPANHÓIS

Phillipe Araguas (Araguas 1999) fixa o nascimento da *bóveda tabicada* em Espanha no ano de 1382, com base num documento do rei D. Pedro de Aragão, onde se descreve a invenção de uma nova técnica como "… *una obra de guix e de rejola fort profitosa, fort espeegada e de pocha messio,* …" (Lluch 1921). No entanto, o primeiro tratado espanhol onde se abordam as abobadilhas tipo alentejanas é a obra de frei Lorenzo de San Nicolás (1593-1679), com o título *Tratado y uso de arquitectura* (Nicolás 1639). O facto de ser frade, arquiteto e mestre-de-obras repercute-se na sua obra, uma vez que a mesma é escrita na perspetiva de construtor de abóbadas, com uma abordagem consolidada pela própria experiência. O autor coloca as abobadilhas ao nível das abóbadas de tijolo e de cantaria e destaca a associação entre as abóbadas tabicadas e o gesso que era, na altura, o único ligante de presa rápida, imprescindível para este tipo de construção.

Sobre a execução das abobadilhas, frei Lorenzo destaca a necessidade de amaciçar os rins até um terço da altura e de levantar muretes de tijolo pelo extradorso, até dois terços da altura, justificando estes procedimentos com uma evidente melhoria de desempenho mecânico.

Nos tratados posteriores, a abordagem das abobadilhas não é tão minuciosa e só amiúde surgem nos textos. É o caso de Tomás Tosca (1651-1723), autor do tratado de matemática, *Compendio mathematico* (Tosca 1707-1715), no qual as abobadilhas são tratadas como sendo duma classe inferior.

Outros arquitetos fizeram referência às abobadilhas, nomeadamente através da reprodução das regras de frei Lorenzo (Tab. 2.1), como foram os casos de Briguz y Bru, autor dum tratado de arquitetura (Bru 1738), García Berruguilla, que escreveu um livro de geometria para arquitetos (Berruguilla 1747) e Plo y Camin, autor do tratado *El arquitecto prático, civil, militar, y agrimensor* (Camin 1767).

Tabela 2.1 – Regras de frei Lorenzo para as dimensões de pés-direitos de abobadilhas de berço com lunetas em função do vão, L (adaptado de frei Lorenzo, 1639)

Tipo de pé-direito				
Simples	**Composto**			
Parede	**Parede**	**Contrafortes**		
Espessura	**Espessura**	**Espessura**	**Largura**	**Espaçamento**
L/5	L/8	L/4	L/9	L/2

Nota: Considerando proporções altura/largura da nave habituais em igrejas. Espessuras para o tipo de igreja duma nave com abóbada de canhão e lunetas, muito comum em Espanha no séc. XVIII (Huerta 2004).

A tradução do livro de d'Espie de Joaquín de Sotomayor, que tal como o autor não era arquiteto nem construtor, influenciou alguns tratadistas espanhóis, como foi o caso do matemático Benito Bails (1731-1797). Numa pequena parte denominada de *Arquitectura civil* que compõe os seus extensos *Elementos de matemáticas* (Bails 1779-1787), o autor refere-se de forma extensiva às abobadilhas tipo alentejanas, reproduzindo uma série de autores como é o caso de frei Lorenzo e Blondel. No entanto arquitetos como Ventura Rodríguez (1717-1785) e Ortiz y Sanz (1739-1822) contestam a publicação de d'Espie pelo facto de considerar o monolitismo da abobadilha e a ausência de empuxo, e de ser apresentada como uma solução inovadora, respetivamente.

No século XIX, o tratado que mais se destacou na análise das abobadilhas tipo alentejanas foi o da autoria do arquiteto Fornés y Gurrea, intitulado *Observaciones sobre la pratica del arte de edificar* (Gurrea 1841) que, tal como frei Lorenzo, era um construtor experiente. Tal como frei Lorenzo, Fornés y Gurrea afirmava que todas as geometrias podem ser conseguidas com abobadilhas do tipo abobadilha alentejana, nomeadamente escadas, abóbadas de claustros, abóbadas de berço, cúpulas. No seu tratado, Fornés y Gurrea descreveu detalhadamente como executar escadas com recurso a abobadilhas do tipo abobadilha alentejana, o que era corrente em edifícios particulares, como executar cúpulas (recorrendo a uma pequena ripa de madeira como apoio - Fig. 2.10) e como utilizar esta técnica complementada com muretes no extradorso para apoio do revestimento da cobertura.

A partir da segunda metade do século XIX começaram a surgir nos tratados espanhóis referências ao cimento, para além do gesso, como ligante na primeira fiada de tijolos. A primeira referência surge no *Manual de construcciones de albañileria* (Espinosa 1859) do engenheiro Pedro Espinosa, a que se seguiram os tratados de *Construcción general* (Rebolledo 1875), do engenheiro José Rebolledo, e *El constructor moderno* (Nacente 1884), de Francisco Nacente. De referir que Espinosa e Rebolledo referem nos seus tratados o uso das abobadilhas do tipo abobadilhas alentejanas como cimbre para abóbadas de betão (Fig. 2.5). Nacente aponta, ainda, uma nova técnica em que as abobadilhas são executadas entre perfis metálicos.

Outro tratadista espanhol que fez referência à técnica das abobadilhas foi o arquiteto Marcos y Bausá no seu *Manual del albañil* (Bausá 1879). Num texto, nitidamente influenciado pelo trabalho de Fornés y Gurrea, Bausá fez recomendações

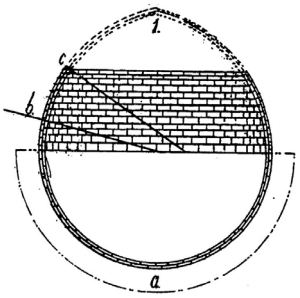


Fig. 2.10 – Processo construtivo duma cúpula em abobadilha alentejana forrada: a. planta da cúpula; b. eixo de madeira fixo no centro; c. eixo fixo a 2/3 do vão que descreve a curvatura da cúpula ao longo da linha de pontos 1 (Fornés y Gurrea 1841).

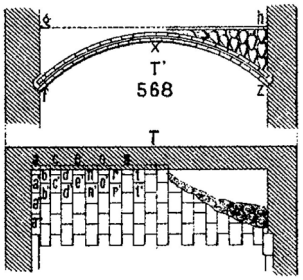


Fig. 2.11 – Processo construtivo duma abobadilha tipo alentejana (corte e planta) (Ger y Lobéz 1898).

relativas à execução das abobadilhas, como empregá-las em escadas e como cimbre.

Ger y Lobéz publicou um tratado de arquitetura intitulado *Construcción civil* (Lobéz 1898) onde, na linha de frei Lorenzo e Fornés y Gurrea, descreveu detalhadamente o processo construtivo das abobadilhas tipo alentejanas (Fig. 2.11).

Ger y Lobéz referiu-se, ainda, ao emprego desta técnica em Valência, antes de 1383, para preenchimento entre as nervuras das abóbadas em cruzaria (Lozano 2003 e Araguas 2003) (Fig. 2.12).

Rafael Guastavino (1842-1908), foi um construtor de abóbadas de origem espanhola que desenvolveu a sua atividade nos Estados Unidos da América, foi o primeiro a tentar compreender, de forma científica, o comportamento estrutural das abobadilhas tipo alentejanas. Guastavino apresentou os seus estudos numa série de conferências na Sociedade de Artes do Instituto Tecnológico de Massachussets, em 1889, posteriormente publicados em artigos de revista. Guastavino escreveu, ainda, um livro sobre o assunto, intitulado *Essay on the theory and history of cohesive construction, applied especially to the timbrel vault* (Gustavino 1893). Nesse livro, Gustavino, na sequência dos recentes desenvolvimentos da teoria das estruturas e da teoria da elasticidade tenta uma nova abordagem de avaliação estrutural da técnica.

Nesta sua obra, o autor divide as construções de alvenaria em dois grupos, em função do respetivo comportamento mecânico: "construção mecânica" ou construção por gravidade e "construção coesiva" ou construção por assimilação, na qual inclui as abobadilhas tipo alentejanas. Com o intuito de distinguir entre dois tipos de construções e evidenciar as vantagens da construção coesiva, compara dois arcos representativos de cada uma destas construções (Fig. 2.13).

Considera, então, que no arco constituído por uma fiada (Fig. 2.13, esq.) há juntas entre os tijolos e que, portanto, o seu funcionamento mecânico, condicionado pelas aduelas, é o dum arco por

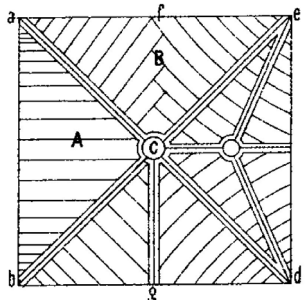


Fig. 2.12 – Variantes da utilização da abobadilha alentejana no preenchimento do espaço entre nervuras de abóbadas em cruzaria (Ger y Lobéz 1898).

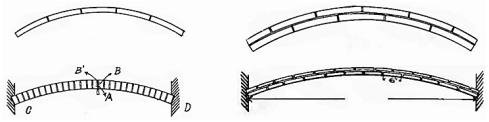
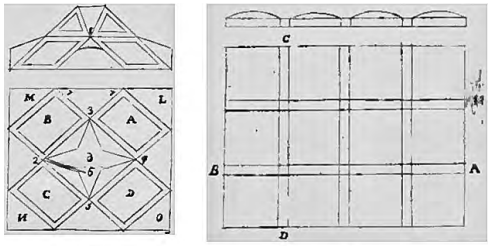


Fig. 2.13 – Arcos representativos das construções "mecânica" (esq.) e coesiva (dir.) (Adaptado de Guastavino 1892).



(a) (b)

Fig. 2.14 – Abobadilhas tipo alentejanas volteadas a partir de vigas de madeira: (a) Variante 1: vigas de madeira no contorno dos retângulos, alçado (em cima) e planta (em baixo); (b) Variante 2: vigas de madeira A, B, C, D, alçado (em cima) e planta (em baixo) (Guarini 1737).

gravidade tradicional, enquanto o arco forrado (Fig. 2.13, dir.), ao tirar partido da camada de argamassa entre as duas fiadas e do desencontro de juntas, tem o comportamento duma estrutura coesiva, resistente a momentos fletores. Assim, atribui as seguintes vantagens à construção coesiva: juntas verticais protegidas da fissuração pela dupla fiada com juntas desencontradas, número de juntas verticais inferior e capacidade de resistência à flexão.

2.5 A VARIANTE ITALIANA DA ABOBADILHA TIPO ALENTEJANA

A primeira referência a abobadilhas do tipo abobadilhas alentejanas na tratadística italiana ocorre em 1737, pela mão de Guarino Guarini (1624-1683), no tratado póstumo *Architettura civile* (Guarini 1737). Nesta obra o autor abordou duas variantes desta técnica através da sua aplicação com vigas de madeira, a partir das quais se volteiam as abobadilhas (Fig. 2.14).

Guarino Guarini destacou, ainda, os benefícios da utilização desta técnica ao nível do conforto, nomeadamente por eliminar os espaços vazios existentes nos pisos de vigamento de madeira, suscetíveis de serem utilizados por ratos para reprodução, e por proporcionarem melhor desempenho acústico ao nível das vibrações produzidas pelos passos dos habitantes do piso superior, evitando, ao mesmo tempo, a queda de poeiras.

Cerca de meio século depois, em 1789, Giuseppe del Rosso (1760-1831) fez referência às abobadilhas do tipo abobadilhas alentejanas, as quais designa por *volterrane*, numa pequena publicação intitulada *Pratica ed economia dell'arte di fabbricare* (Rosso 1789). Nesta obra o autor referiu a preferência da utilização desta técnica em vãos pequenos e do facto da sua segurança estrutural aumentar se a abobadilha for ligada com cintas de tijolo ao baixo (pelo extradorso), isto é, entre a abóbada e o pavimento de ladrilho do piso superior. Essas cintas, permanecem ocultas e desempenham um papel importante na estabilidade dessas estruturas.

Outro tratadista que aborda a técnica das abobadilhas do tipo abobadilha alentejana é Giuseppe Valadier (1762-1839) que, na sua obra *L'architettura pratica dettata nella Scuola e Cattedra dell'insigne Accademia di S. Luca* (Valadier 1828-1839), a retrata como uma forma fácil e económica de construção de abóbadas, quando abunda o gesso. Para além dessas qualidades, refere tratar-se duma técnica rápida, exequível com poucos cimbres e estável. De acordo com Giuseppe Valadier, este tipo de abóbadas poder ser reforçado, recorrendo a cintas de tijolos ao cutelo, de espaçamento pro-

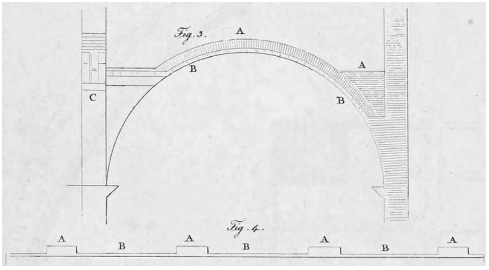


Fig. 2.15 – Abobadilha tipo alentejana: corte transversal (em cima); extradorso com cintas A (em baixo) (Valadier 1833).

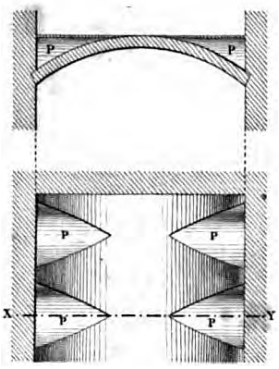


Fig. 2.16 – Abobadilhas alentejanas no extradorso da abóbada principal: corte XY (cima); planta (baixo) (Curioni 1870).

porcional, dispostas ao longo do extradorso que rematam nas paredes laterais (Fig. 2.15). Além disso, os espaços vazios entre as cintas devem ser preenchidos com entulho seco bem batido.

Francesco Milizia (1725-1798) no seu tratado *Principj di architettura civile* (Miliza 1847 - edição original em 1781) também refere, embora sumariamente, o emprego das abobadilhas do tipo abobadilhas alentejanas, começando por elencar os inconvenientes das coberturas em madeira em face dessas abobadilhas. O autor citou, ainda, as já referidas observações de Rozier (Fig. 2.3).

Outra obra onde se fez referência, ainda que de forma indireta, a esta técnica é o tratado de Giovanni Curioni (1831-1887) *L'arte di fabbricare ossia Corso completo di istituzioni teorico-pratiche per gli ingegneri, per gli architetti, pei periti in costruzione e pei periti misuratori* (Curioni 1864-1870). Nessa obra o autor associa à utilização das abobadilhas o enchimento do extradorso das superfícies abobadadas e a necessidade de nivelamento do mesmo, com vista a facilitar o apoio do pavimento do piso sobrejacente. Com o intuito de diminuir a carga decorrente do enchimento, Curioni afirmou ser frequente o recurso à implantação de abobadilhas de berço sobre o extradorso da abóbada principal, designadas por *porcelle* (Fig. 2.16).

Curioni referiu, ainda, a importância da tenacidade das argamassas na maioria das abóbadas usadas na construção, afirmando ser a principal causa do seu equilíbrio. Para tal, deu o exemplo das abóbadas que, por vezes, se constroem nas habitações para dividir em duas a altura dum piso ordinário e que apresentam uma curvatura muito abatida, formadas por tijolo assente ao baixo com argamassa de gesso ou argamassa bastarda, referindo-se, obviamente, às abobadilhas do tipo alentejanas.

Achille Lenti no seu tratado *Corso pratico di costruzioni o Guida per eseguire, dirigere, sorvegliare e valutare i lavori di architettura civile, rurale, stradale, idraulica conforme ai programmi per gli studi tecnici* (Lenti 1884) referiu, também, a técnica construtiva das abobadilhas tipo alentejanas e apresentou algumas inovações interessantes. Achille Lenti expôs vários tipos de assentamento dos tijolos, com vista à sua construção sem auxílio de cimbre, e indicou um modo de execução destas abóbadas que requer o uso dum cimbre contínuo. Neste caso, os tijolos devem ser dispostos a seco e ao baixo com um espaçamento de cerca de um centímetro entre si, cobrindo toda ou parte da área do cimbre previamente executado (Fig. 2.17).

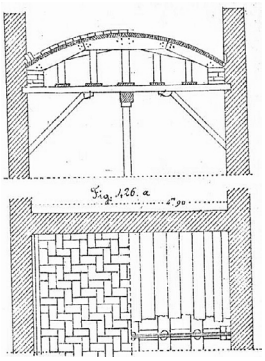


Fig. 2.17 – Exemplo de disposição dos tijolos na construção duma abobadilha tipo alentejana com emprego de cimbre para posterior vazamento de argamassa: corte (em cima); planta (em baixo) (Lenti 1884).

Lenti abordou, ainda, os inconvenientes do uso do gesso neste tipo de abóbadas e recomendou o emprego de cimentos hidráulicos e os já referidos tijolos à *crochet* (Fig. 2.8). Finalmente, apresentou a utilização (nas modernas construções da época), das abobadilhas entre vigas metálicas, espaçadas normalmente entre 1 e 2 m (Fig. 2.18 (a)) e o seu uso também recorrendo a vigas de madeira (Fig. 2.18 (b)).

Um dos tratados italianos que mais pormenorizadamente apresenta esta técnica é da autoria de Carlo Formenti, intitulado *La pratica del fabbricare* (Formenti 1893-95). Nesse tratado refere-se a particularidade destas abóbadas poderem ser executadas com tijolo maciço, ou furado, assente com argamassa de areia fina siliciosa (por vezes adicionada dum pouco de gesso), quando se destinavam a cobrir espaços de vãos moderados, ou com argamassa de cimento puro, quando se tratava de espaços mais amplos. Destaca-se a execução deste tipo de abobadilhas sem cimbre, se bem que por pedreiros especializados, e o facto da sua leveza contribuir para a sua utilização na cobertura dos compartimentos dos pisos acima do solo. Formenti indicou as variantes de barrete de clérigo (Fig. 2.19 (a)) e à vela para vãos da ordem

Fig. 2.18 – Variantes do uso da abobadilha entre vigas: (a) emprego de vigas metálicas e tijolo vazado (à esq.) e maciço (à dir.); (b) emprego de vigas de madeira (Lenti 1884).

dos 5,0 m, como as mais comuns e apresentou, com algum detalhe, algumas particularidades da sua execução, (Fig. 2.19 (a)).

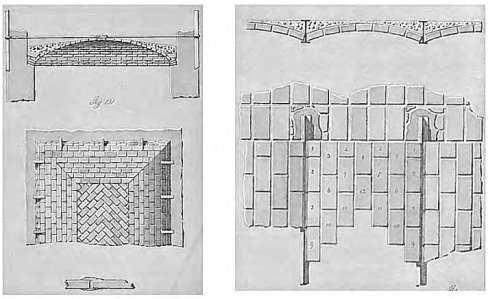
Ainda de acordo com o autor, são de utilização muito comum os pisos de madeira e de abobadilhas entre vigas metálicas (Fig. 2.19 (b)), as quais beneficiam dalgumas vantagens, como por exemplo o facto de não introduzirem empuxo nas paredes laterais.

3. CONCLUSÕES

Apesar da sua ampla utilização no Alentejo, região de onde lhe advém o nome, as abobadilhas alentejanas não mereceram atenção significativa na tratadística nacional. Este aparente desinteresse sobre a divulgação da técnica terá tido várias razões, sendo o tradicional sigilo que, envolve a transmissão do conhecimento na área da construção, uma das possíveis causas.

No entanto, conforme ficou patente na presente comunicação, trata-se duma técnica que resulta dum lento, mas eficiente processo de evolução ao longo dos séculos, usada em vários países da bacia do mediterrâneo. Em alguns desses países (Espanha, França e Itália) encontra-se extensa bibliografia abordando, com alguma profundidade, a temática das abobadilhas do tipo alentejanas.

São notórias as semelhanças entre as variantes construtivas de cada um dos países. É, também, interessante verificar a coincidência na apreciação das vantagens, identificadas pelos diversos autores, comparativamente com soluções concorrentes, durante a fase construtiva e, depois, ao nível do desempenho mecânico, do conforto e da segurança.



(a) (b)

Fig. 2.19 – Emprego da abobadilha: (a) tradicional de barrete de clérigo: corte (em cima); planta (ao meio); pormenor de argamassamento da junta (em baixo); (b) entre perfis metálicos: corte (em cima); planta mostrando a sequência de execução por fiadas oblíquas (em baixo) (Formenti 1893).

Dado o facto de serem significativamente mais delgadas do que as abóbadas tradicionais, aparentando alguma fragilidade, e na sequência dalgumas abordagens menos corretas, as abobadilhas tipo alentejanas foram olhadas, numa primeira fase, com desconfiança. Apesar disso, em situações de pequena ou mesmo ausência de carga, para além do peso próprio, a técnica revelou-se adequada, inicialmente como uma boa alternativa aos sobrados e coberturas de madeira em caso de incêndio e em termos de durabilidade. No entanto, usada em várias fiadas sobrepostas a sua resistência aumenta, mantendo uma leveza consideravelmente inferior às abóbadas correntes, pelo que o seu campo de aplicação passa a abarcar situações tradicionalmente reservadas a outras soluções abobadadas, vencendo vãos semelhantes usando menos material e gerando menos empuxos, resultando em pés-direitos mais esbeltos e, portanto, menos onerosos.

A contemplação da evolução desta técnica construtiva sugere uma capacidade de adaptação excecional, uma vez que, apesar dos seus vários séculos de existência e da magistral evolução não só de ciências, como a matemática e a física que facilitaram sobremaneira a abordagem e o cálculo das estruturas, mas também o aparecimento de novos materiais com capacidades revolucionárias que influenciaram decisivamente a forma de construção, soube mudar e adaptar-se aos novos tempos e exigências, o que, como ficou demonstrado neste trabalho, lhe dá uma aura dalguma maturidade e duma certa contemporaneidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguiar, João. 1899. "Abobadilhas de Tijolo no Alemtejo." *Revista da Arma de Engenharia* 4 (4) 504-514.

Araguas, Philippe. 1999. "Voûte à la Roussillon." *Butlletí de la Reial Acadèmia Catalana de Belles Arts de San Jordi* 13: 173-185.

Araguas, Philippe. 2003. Brique et architecture dans l'Espagne médiévale: XIIe-XVe siècle. Madrid: Casa Velásquez.Bausá, Ricardo. 1879. Manual del albañil. Madrid: Direccion y Administracion.

Berruguilla, Juan. 1747. Verdadera pratctica de las resoluciones de la geometria, sobre las tres dimensiones para un perfecto architecto. Madrid: Imprenta de Lorenzo Francisco Mojados.

Block, Philippe. 2005. Equilibrium Systems. Studies in Masonry Structure. Master o science in architecture studies. Massachusetts Institute of Technology

Blondel, Jacques, et Pierre Plate. 1777. Cours d'architecture. Paris: Chez la Veuve Desaint, Libraire.

Bru, Athanasio. 1738. Escuela de arquitectura civil. Valencia: Oficina de Joseph Thomas Lucas.

Camin, Antonio. 1767. El arquitecto pratico, civil, militar y agrimensor. Madrid: Pantaleon Aznar.

Catalán, Arturo. 2008. "A propósito de las bóvedas de crucería y otras bóvedas medievales." *Anales del Historia del arte*, Volumen Extraordinario: 99-126

Catalán, Arturo. 2012. "Hacia una historia de las bóvedas tabicadas." Simposio Internacional sobre

Bóvedas Tabicadas, Valencia, España, 26 a 28 de mayo de 2011.
Claudel, Joseph, et L. Laroque. 1870. Pratique de l'art de construire, maçonnerie, terrasse et plâtrerie. Paris: Dunot, Éditeur.
Curioni, Giovanni. 1870. L'arte di fabbricare. Torino,:Augusto Federico Negro.
Durand, Jean. 1802. Précis des leçons d'architecture donnés a l'École Polytechnique. Paris: Chez l'auteur, a l'École Polytechnique.
Espinosa, Pedro. 1859. Manual de construcciones de albañileria. Madrid: Severiano Baz.
Fernández, Javier. 2010. "Técnica y ornato: aproximación al estúdio de la bóveda tabicada en Aragón y su decoración a lo largo de los siglos XVI y XVII." *Artigrama* 25: 363-405.
Fontaine, H. 1865. "Expériences faites sur la stabilité des voûtes en briques." *Annales de Ponts et Chaussées* 11 (131): 149-159.
Formenti, Carlo. 1893. La pratica del fabbricare. Milano: Ulrico Hoepli.
García, Julian, M. González, y J. Losada. 2012. "Arquitectura y construcción tabicada en torno a Eduardo Sacriste." *Informes de la Construcción* 64 (525):35-50. doi: 10.3989/ic.09.065.
Guarini, Guarino. 1737. Architettura civile. Torino: Gianfresco Mairesse.
Guastavino, Rafael. 1893. Essay on the theory and history of cohesive construction, applied especially to the timbrel vault. Boston: Tickor and Company.
Gurrea, Manuel. 1841. Observaciones sobre la pratica del arte de edificar. Valencia: Imprenta de Cabrerizo.
Huerta, Santiago. 2001. "La mecánica de las bóvedas tabicadas en su contexto histórico: la aportación de los Guastavino." In Las bóvedas de Guastavino en América, edited by Santiago Huerta, 87-112. Madrid: Instituto Juan Herrera.
Lagarde, Lapatie. 1850. Nouveau manuel complet du constructeur en général et des agentes-voyers. Paris: Librarie encyclopedique de Roret.
Laugier, Marc. 1753. Essai sur l'architecture. Paris: Chez Duchesne.
Leitão, Luiz. 1896. Curso Elementar de Construcções. Lisboa: Imprensa Nacional Casa da Moeda.
Lenti, Achile. 1884. Corso pratico di costruzioni. Alessandria: Tipografia e litografia Chiari e Filippa.
Lluch, Antoni. 1921. Documents per l'Historia de la cultura catalana mig-val. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans.
Lóbez, Florencio. 1898. Tratado de construcción civil. Badajoz: La Minerva Extremeña.
Lozano, Mercedes. 2003. "Las bóvedas tabicadas en la arquitectura valenciana durante los siglos XIV, XV y XVI." In Una arquitectura gótica mediterránea, edited by Eduardo Mira and Arturo Catalán, 135-156. Valencia: Generalitat Valenciana, Conselleria de Cultura i Educació.
Luna, Manuel, y Vicente Bernal. 2007. "Bóvedas tabicadas: Mitos." V Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Burgos, 7 a 9 de Junio de 2007.
Luna, Manuel. 2009. "Origen de la bóveda tabicada." VI Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Valencia, España, 21 a 24 de Octubre de 2009.
Martínez, Esther. 2011. "La bóveda tabicada en los tratados españoles de los siglos XVI al XIX." VII Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Santiago, España, 26 a 29 de octubre de 2011.
Martínez, Esther. 2012. "Tests on Tile Vaults in France in the 19th Cetury." In Nuts & Bolts of Construction History, edited by Robert Carvais, André Guillerme, Valérie Nègre and Joël Sakarovitch, 107-115.
Mateus, João. 2002. Técnicas tradicionais de construção de alvenarias. Lisboa: Livros Horizonte.
Milizia, Francesco. 1847. Principj di architettura civile. Milano: Serafino Majocchi.
Nacente, Francisco. 1884. El constructor moderno. Barcelona: M. Sola-Sagalés, editor.
Nicolas, Lorenzo. 1639. Arte y uso de arquitectura. Madrid: Juan Sánchez.
Oliveira, Valério. 1757. Advertencias aos modernos, que aprendem o officio de pedreiro, e carpinteiro. Lisboa: Regia Officina Sylviana.
Olivier, A. 1837. "Mémoire relatif à la construction des voûtes en briques posées de plat, suivi de recher-

ches expérimentales sur la poussée de ces sortes de voûtes." *Annales de Ponts et Chaussées* 1 (1): 292-309.
Rebolledo, José. 1875. Construcción general. Madrid: Imprenta y fundición de J. Antonio García.
Rei, João, António Gago, Jorge Santos. 2014. "Abobadilha alentejana, uma técnica de construção imemorial." V Jornadas Portuguesas de Engenharia de Estruturas, Lisboa.
Rieger, Christiano. 1763. Elementos de toda la architectura civil. Madrid: Joachin Ibarra.
Rondelet, Jean. 1804 e 1830. Traité théorique et pratique de l'art de bâtir. Paris: Chez M. A. Rondelet Fils, Architecte.
Rosso, Giuseppe. 1828. Pratica ed economia dell'arte di fabbricare. Firenze: Giuseppe Pagani.
Rozier, Abbé. 1776. "Moyens d'empêcher que les Murs de face soient poussés par le Voûtes de briques & plâtres, dites Voûtes plates, substituées aux Planchers." *Observations sur la physique, sur l'histoire naturelle et sur les arts*, 7: 158-162.
Santos, Jorge. 2014. Estudo Construtivo e Estrutural de Abóbadas Alentejanas. Dissertação de Mestrado em Engenharia Militar. Instituto Superior Técnico e Academia Militar.
Truñó, Ángel. 2004. Construcción de bóvedas tabicadas. Madrid: Instituto Juan de Herrera.
Valadier, Giuseppe. 1832. L'architettura pratica dettata nella Scuola e Cattedra dell'insigne Accademia di S. Luca. Roma: Com permesso dei superiori.
Vitry, Urbain. 1827. Le propriétaire architecte. Paris: Audot, libraire-éditeur.
Wendland, David. 2007. "Traditional Vault Construction Without Formwork: Masonry Pattern and Vault Shape in the Historical Technical Literature and in Experimental Studies." *International Journal of Architecture Heritage* 1 (4):311-365. doi:10.1080/15583050701373803.

Arcos e Pés-direitos
"Regras de Dimensionamento na Tratadística"

Rei, João[(1)]*; Sousa Gago, António[(2)]*
[(1)]jcmrei@gmail.com, [(2)]antonio.gago@tecnico.ulisboa.pt
**Academia Militar*
***CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa*

RESUMO

A utilização de estruturas em arco foi praticamente abandonada com o aparecimento de novos materiais construtivos com resistência à tração, nomeadamente o aço e o betão armado. De facto, a utilização de materiais afins com as tensões de tração resultou no uso de elementos retilíneos, com maior resistência e mais fácil aplicação em obra e, consequentemente, no abandono das técnicas tradicionais de construção em alvenaria. O alheamento do uso destas técnicas, em particular da utilização de estruturas em arco, resultou também, no esquecimento do conhecimento já adquirido quanto à concepção deste tipo de estruturas e, por outro lado, os desenvolvimentos da Engenharia de Estruturas foram direcionados para a construção em aço e betão armado/pré-esforçado. Só recentemente, com a necessidade de intervir no património construído, se retomou o estudo das estruturas em alvenaria. Se por um lado tem havido alguma investigação e desenvolvimento de metodologias para análise de estruturas arqueadas, por outro, pouco se conhece quanto às regras de dimensionamento utilizadas pelos mestres construtores. No entanto, o conhecimento dessas regras é um bom ponto de partida quando se pretende intervir em estruturas existentes e analisar a sua segurança. No presente artigo, recorrendo a Tratados de Construção, nacionais e internacionais, anteriores ao século XX, faz-se uma descrição de algumas técnicas tradicionais de construção e regras empíricas de dimensionamento de arcos e seus apoios (pés-direitos). As regras apresentadas são interpretadas e validadas à luz dos conceitos atuais da mecânica estrutural. São, também, discutidas as margens de segurança e de sobredimensionamento que resultam da sua aplicação.

Palavras-chave: alvenaria; arco; linha de pressão; pé-direito.

1. INTRODUÇÃO

O arco de alvenaria é um dos grandes testemunhos do engenho e da capacidade criativa do homem ao longo dos tempos e constitui um marco incontornável na evolução da construção de várias civilizações. A par da abóbada e da cúpula, entendidas como a sua terceira dimensão, o arco, enquanto elemento arquitectónico e estrutural, pode considerar-se o alicerce da arquitetura ocidental. Durante séculos, a utilização dos arcos baseou-se em regras empíricas baseadas na tradição, muito provavelmente obtidas na sequência de processos de tentativa e erro. O desenvolvimento das ciências, nomeadamente da mecânica e da matemática, e das ferramentas analíticas de cálculo

possibilitaram a compreensão do comportamento das estruturas, surgindo as primeiras regras de dimensionamento de arcos com base científica.

Com a resolução do problema clássico e elementar do paralelogramo de forças por Stevin, no final do séc. XVI, iniciaram-se os estudos sobre arcos e abóbadas, os quais sofreram um considerável progresso até finais do séc. XIX. No entanto, durante este século os novos materiais de construção, em particular, o aço e o betão armado, despertaram a atenção da comunidade técnica e científica que neles concentrou a sua investigação. Em consequência, surgiram soluções construtivas inovadoras, possíveis graças às características dos novos materiais, e o estudo das estruturas arqueadas em alvenaria foi relegado para segundo plano.

A construção abobadada resultou dum processo construtivo milenar para o qual contribuíram várias civilizações, e da sua utilização resultou um vasto e riquíssimo património histórico que urge preservar. Muitas dessas construções apresentam problemas construtivos e estruturais, resultado da presença de água, da degradação dos materiais, de movimentos sísmicos ou de assentamentos das suas fundações, sendo necessário perceber o funcionamento estrutural destas construções e conhecer os processos de dimensionamento originais, para que as intervenções sejam coerentes com a construção e com o seu valor patrimonial.

O tema tem sido alvo de interesse crescente por parte do meio académico e técnico, acompanhado de maiores investimentos em investigação. Diversas instituições de renome dispõem de núcleos específicos de pesquisa dedicados ao estudo de estruturas em alvenaria e de profissionais especializados ligados aos cursos de arquitetura e engenharia.

2. REGRAS TRADICIONAIS DE DIMENSIONAMENTO

2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Que forma deve ter um arco ou uma abóbada de alvenaria e qual a espessura das colunas que os apoiam? A pertinência destas questões é tão antiga como a própria construção abobadada, pois a sua segurança depende da estabilidade dos seus apoios, usualmente designados por pés-direitos.

Se se levantar um arco mal projetado, este ruirá no momento do descimbramento, mas poderá reconstruir-se, melhorando o seu perfil. No entanto, se os pés-direitos cederem toda a construção cai por terra, ou ficará eternamente instável, pelo que o seu dimensionamento era de especial importância. Para tal, os mestres construtores utilizavam regras empíricas, geométricas na sua maior parte, mas também aritméticas.

No entanto, no final do séc. XVII a mecânica tinha adquirido desenvolvimento suficiente e emergia uma nova mentalidade que clamava por uma justificação "científica" dos procedimentos técnicos. Assim, a disponibilização de "ferramentas" inovadoras, como a referida lei de decomposição de forças de Stevin, os trabalhos de Galileu sobre a resistência de materiais e a formulação geral das leis de mecânica por Newton, abriam, pela primeira vez, a possibilidade do estudo científico do equilíbrio das construções.

Assim, ao longo do tempo, assistiu-se a um refinamento das regras construtivas tradicionais. As primeiras regras de dimensionamento não consideravam aspetos importantes como as características resistentes dos diferentes materiais, a espessura das aduelas, o sistema de carregamento e a altura dos pés-direitos. Nesta comunicação apresentam-se alguns exemplos, maioritariamente usados em edifícios.

2.2 REGRAS DE DIMENSIONAMENTO DE ARCOS

Considerações gerais

Existem diversos fatores que devem ser tidos em conta na definição da espessura do arco. A dimensão do vão a vencer é um aspeto de particular importância, mas outros factores devem ser tidos em conta, como é o caso da natureza dos materiais que o constituem, (normalmente pedra ou tijolo), do perfil adotado (mais ou menos abatido), das cargas a suportar (magnitude, natureza e modo de carregamento do extradorso) e da variação da espessura ao longo do desenvolvimento do arco (constante ou variável).

Em geral, as regras tradicionais de dimensionamento de arcos não têm em consideração a totalidade destes aspetos, baseando-se, sobretudo, na dimensão do vão a vencer. No entanto, o habitual sobredimensionamento que lhes é subjacente, é, em geral, suficiente para garantir a segurança.

Arcos de secção constante

De forma geral, em arcos ou abóbadas de alvenaria, a opção por secções constantes ou variáveis está relacionada com a dimensão do vão.

A secção constante era, normalmente, escolhida em arcos de vãos moderados. Para vãos maiores, como é o caso de pontes de alvenaria, adoptavam-se, em geral, espessuras variáveis. Tal opção resulta do facto de arcos com secção crescente da chave para as nascenças apresentarem um melhor comportamento mecânico. No entanto, refira-se que este efeito também pode ser alcançado usando arcos de secção constante, mas extradorsados. Estes arcos têm a vantagem de serem mais fáceis de executar, por utilizarem aduelas com a mesma espessura.

Martínez de Aranda (séc. XVI e XVII) apresentou no seu manuscrito sobre cantaria e estereotomia (Aranda finais do séc. XVI[1]), uma das primeiras regras para a obtenção da espessura das aduelas dos arcos, em função do vão (Tab. 2.1).

[1] *Segundo Bonet Correa.*

Tabela 2.1 – Espessuras de arcos em função do vão, segundo Martínez de Aranda (Huerta 2004)

Vão do arco, l	Espessura
De 5 a 10 pés (1,52 a 3,05 m)	$l/6$
De 10 a 20 pés (3,05 a 6,10 m)	$l/8$
De 20 a 40 pés (6,10 a 12,19 m)	$l/10$

Como referido, as antigas regras de dimensionamento dos arcos são de natureza empírica e, por isso, as indicações quanto à espessura a adotar em função do vão e geometria dependem do autor. Na tabela seguinte (Tab. 2.2) resumem-se algumas regras (compiladas em Mateus 2002), sugeridas em diversos tratados de construção.

Arcos de secção variável

No que diz respeito à espessura dos arcos de secção variável, também é possível identificar regras distintas nos diversos manuais e tratados de construção (Tab. 2.3). Umas das regras mais antigas para a obtenção da espessura na chave em arcos circulares e abóbadas cilíndricas é atribuída a Leon Alberti (1404-1472) e corresponde a 1/15 (6.7%) do vão (Mateus 2002). Posteriormente, em particular no século XIX, surgiram diversas regras, sendo de referir os valores publicados por Jean Rondelet (1743-1829) na sua obra *Traité théorique et pratique de l'art de bâtir* (Rondelet,1804) e que se apresentam na tabela seguinte (Tab. 2.4).

Uma vez definida a espessura na chave, é necessário definir a espessura nas nascenças e a forma a dar ao extradorso. Para a generalidade das abóbadas, Urbain Vitry (1802-1863) propôs um método (Vitry 1827) que consistia no traçado do extradorso com centro em G afastado de O, centro da volta do intradorso, de 1/6 da flecha (Fig. 2.1). Mais tarde, Charles Leroy (1780-1854) sugeriu que o extradorso da abóbada deveria ser traçado com centro em O' e raio O'b, de forma que BO' fosse igual a 2/3 ou 3/4 do vão AD (Fig. 2.2) (Leroy 1877).

Tabela 2.2 – Espessuras de arcos de tijolo extradorsados* (Mateus 2002)

Autor	Corda ou vão l (m)	Tipo de arcos**			
		Volta inteira	Quebrado elevado	Abatido (flecha de l/4)	Platibanda
Formenti	l < 1,2	2 vezes	—	3 vezes	4 vezes
Breymann e Foerster	l < 1,75	2 vezes	1 vez	—	3 vezes (l < 1,5)
Formenti	1,2 < l < 2,5	2-3 vezes	—	3-4 vezes	4-5 vezes
Breymann e Foerster	2,0 < l < 3,0	3 vezes	2 vezes	—	3-4 vezes (1,5 < l < 2,3)
Formenti	2,5 < l < 4,0	3-4 vezes	—	4-5 vezes	5-6 vezes
Breymann e Foerster	3,5 < l < 5,75	4 vezes	3 vezes	—	4-5 vezes (2,7 < l < 4,5)
Formenti	4,0 < l < 5,5	4-5 vezes	—	5-6 vezes	—
Breymann e Foerster	6,0 < l < 8,5	5 vezes	3-4 vezes	—	5-6 vezes (4,6 < l< 7,0)
Breymann e Foerster	l > 8,5	l/15 < e < l/12	—	—	—

Notas: *Com tijolos ao cutelo sobre portas e janelas, em paredes portantes perimetrais ou internas, de edifícios de habitação com 2-3 andares segundo Breymann, Formenti e Foerster.
**1 vez tijolo igual à largura do tijolo (entre 11 e 12 cm).

Tabela 2.3 – Espessuras de abóbadas cilíndricas retas de volta inteira de espessura variável em tijolo* (Mateus 2002)

Autor	Corda l (m)	Espessura**			Observações
		Até 1/3 da flecha	Até 2/3 da flecha	No fecho	
Breymann	l < 3,0	2 vezes	1 vez	1 vez	—
Milani	l = 4,0	1 vez	1 vez	1 vez	Pés-direitos com h < 3,0 m, sobrecarga 2 kN/m^2
Breymann/Wanderley	3,0 < l < 4,5	2 vezes	1 vez	1 vez	Com costelas de reforço de 2 em 2 metros
Milani	l = 5,0	2 vezes	1 vez	1 vez	h ≤ 3 m, sobrecarga de 2 kN/m^2
	5,0 < l < 6,0	3 vezes	2 vezes	1 vez	h ≤ 3 m, sobrecarga de 2 kN/m^2
Breymann	4,5 < l < 6,0	3 vezes	2 vezes	2 vezes	—
Milani	60 < l < 8,0	4 vezes	3 vezes	2 vezes	h ≤ 3 m, sobrecarga de 2 kN/m^2

Notas: *Com tijolos ao cutelo sujeitas a sobrecargas comuns em edifícios, segundo Breymann, Wanderley e Milani.
**1 vez tijolo igual à largura do tijolo (entre 11 e 12 cm).

2.3 REGRAS DE DIMENSIONAMENTO DE PÉS-DIREITOS

Considerações gerais

"Probado he muchas veçes a sacar Raçon del estribo que abrá menester una qualquiera forma y nunca hallo regla que me sea suficiente, y tambien le he probado entre arquitectos españoles y estrangeros, y ninguno paresçe alcançar verificada regla, mas de un solo albedrio; y preguntando por que sabremos ser aquello bastante estrivo, se responde por que lo a menester, mas no por que raçon".

Rodrigo Gil de Hontañón (1500-1577)

Esta constatação retirada do manuscrito de Hontañón retrata bem a pertinência da questão e a preocupação que os mestres construtores tinham na definição dos apoios dos seus arcos.

Como referido, o dimensionamento dos pés-direitos é uma questão chave na construção abobadada, os quais deverão apresentar dimensões suficientes para permitir a absorção do empuxo (impulso horizontal) característico destas estruturas. Por conseguinte, para que as regras para a obtenção da espessura dos pés-direitos sejam eficientes e realistas, deverão basear-se no cálculo do empuxo e, só posteriormente, analisado o modo como o empuxo é contra-arrestado.

Para o cálculo do empuxo deve atentar-se nos materiais de que são constituídas as superfícies

Tabela 2.4 – Espessura mínima de arcos e abóbadas circulares ou elípticas na chave (adaptado de Rondelet 1804)

Vão (m)	Espessuras (m)		
	Arcos de pontes	Abóbadas	
		Médias*	Ligeiras**
1,0	0,44	0,22	0,11
3,0	0,52	0,26	0,13
5,0	0,60	0,30	0,15
7,0	0,68	0,34	0,17
10,0	0,80	0,40	0,20

*Abóbadas que suportam pavimentos.
**Abóbadas sem carga.

que sobre eles descarregam mas, também, dos próprios pés-direitos; no perfil e na secção da estrutura arqueada suportada; nas características das cargas solicitantes; no modo de carregamento do extradorso; na altura dos pés-direitos e na eventualidade do seu prolongamento acima do arco.

Já em relação ao modo de contra-arrestar o empuxo importa considerar os efeitos dos elementos estruturais (contrafortes, tirantes, naves laterais, arcobotantes ou eventuais aberturas) no "caminho" disponibilizado pela estrutura desde o topo dos pés-direitos até às fundações. Claro que a secção transversal dos pés-direitos (constante ou variável) e a sua tipologia (simples ou compostos) têm, também, influência no comportamento da estrutura.

Nem todos estes aspetos são explicitamente considerados nas regras tradicionais de dimensionamento de pés-direitos, mas o facto de se tratarem de regras muito conservativas acaba por poder acomodar esses efeitos.

Pés-direitos simples

Os pés-direitos simples distinguem-se dos compostos pelo facto de não disporem de contrafortes, o que lhes confere paramentos uniformes, de secção constante ou variável, ao contrário dos pés-direitos compostos, nos quais os contrafortes se destacam da regularidade das paredes.

O interesse da comunidade afeta à construção, de físicos e matemáticos, deu origem a um conjunto de regras geométricas e analíticas, para dimen-

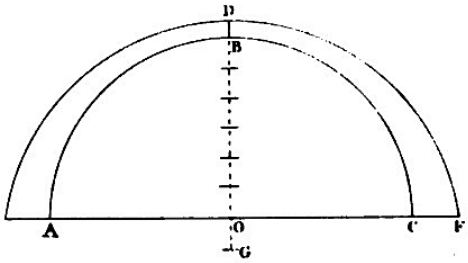


Figura 2.1 – Traçado duma abóbada de secção variável, conhecida a espessura na chave (Vitry 1827).

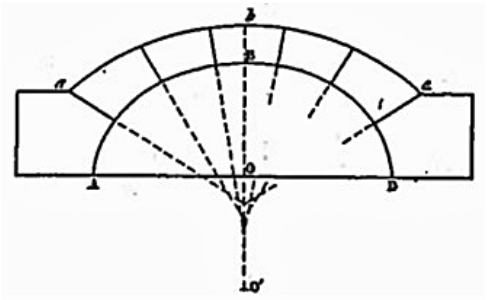


Figura 2.2 – Antiga regra para traçar o extradorso duma abóbada cilíndrica de espessura variável, conhecida a espessura na chave (Leroy 1877).

sionamento dos pés-direitos. Uma das primeiras e a mais conhecida é a regra de Derand, Blondel ou regra gótica nº 1 (Fig. 2.3) (Barberot 1828).

No entanto, já em 1639, Frei Lorenzo (1593-1679), autor dum dos mais populares tratados de arquitetura espanhóis, *El Arte y Uso de Arquitectura* (1639 e 1664) distinguia a espessura dos pés-direitos em função do material (Tab. 2.4).

Phillipe de La Hire (1640-1718) foi o primeiro a "resolver" a questão fundamental da construção abobadada, o cálculo da espessura dos pés-direitos, adotando uma abordagem mecânica (Huerta e Cuerda 1998). La Hire (La Hire 1712) e, posteriormente, Belidor (Belidor 1813), apercebeu-se que a altura dos pés-direitos influencia a sua es-

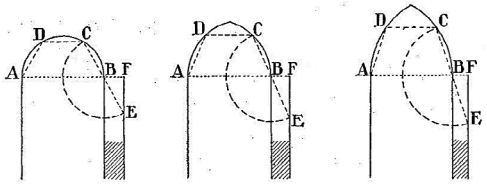


Figura 2.3 – Aplicação da primeira regra geométrica a arcos de várias curvaturas (Barberot, 1828).

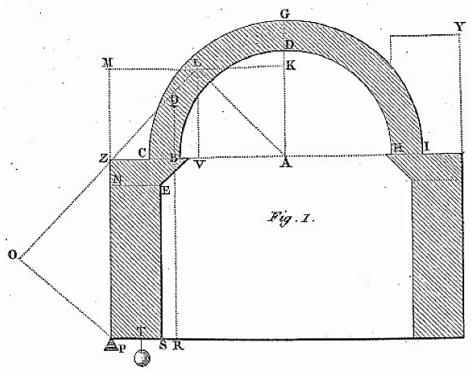


Figura 2.4 – Esboço para o cálculo da espessura dos pés-direitos dum arco de volta inteira sujeito ao seu peso próprio (Belidor 1813).

Tabela 2.4 – Regras de Frei Lorenzo para a obtenção das dimensões de pés-direitos simples de abóbadas de berço com lunetas em função do vão, L (adaptado de Nicolas 1639)

Tipo	Material	Pé-direito
Abóbada	Pedra	L/6
	Tijolo	L/7
Abobadilha*		L/8
*O termo abobadilha refere-se a um tipo particular de abóbada executada com tijolos assentes ao baixo, isto é, com a sua maior dimensão segundo a superfície da abóbada, em contraste com a abóbada corrente na qual os tijolos são assentes ao cutelo, ou seja, com a sua maior dimensão normal à superfície abobadada.		

pessura e estabeleceu, em consonância, regras de dimensionamento (Fig. 2.4).

Outros autores estudaram o assunto e definiram regras alternativas. Por exemplo, segundo Plo y Camín (Plo y Camín 1767) quando a altura dos pés-direitos é superior ao vão da abóbada, deve aumentar-se a sua espessura (Fig. 2.5).

Muito mais tarde, Huerta (Huerta 2004) baseou-se nos estudos de Rankine para apresentar uma abordagem para o dimensionamento dos pés-direitos simples de secção variável (Fig. 2.6).

Pés-direitos compostos

Frequentemente os pés-direitos são compostos e consistem em paredes contínuas, com ou sem aberturas, reforçadas em intervalos regulares por contrafortes, geralmente de secção variável. Dependendo da tipologia da superfície abobadada que suportam, os pés-direitos compostos podem acolher um empuxo uniforme por unidade de comprimento (como no caso das abóbadas de berço seguidas), ou, aquele pode estar concentrado em determinadas zonas específicas (como no caso das abóbadas de aresta. Independentemente dos casos, grande parte do empuxo total é contra-arrestado nas zonas contíguas aos contrafortes, dotadas de maior rigidez, que mediante a formação de arcos de descarga, no interior da parede, transmitem a carga uniforme aos contrafortes.

O mais completo conjunto de regras para a conceção de pés-direitos compostos é da autoria de frei Lorenzo (Nicolas 1639) (Tab. 2.5 e Fig. 2.7).

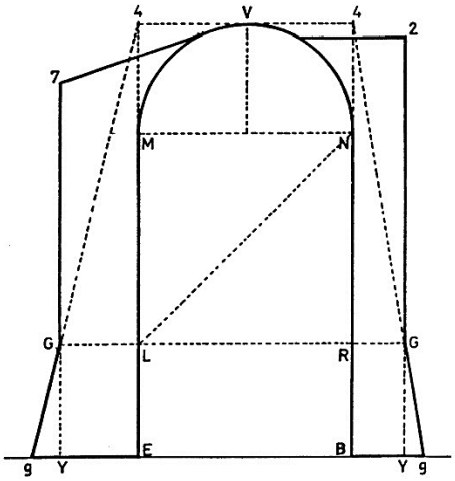


Figura 2.5 – Regra para o aumento da espessura na base dos pés-direitos de abóbadas de volta inteira: à esquerda, abóbadas de cantaria; à direita, abóbadas de tijolo (Plo y Camín 1767).

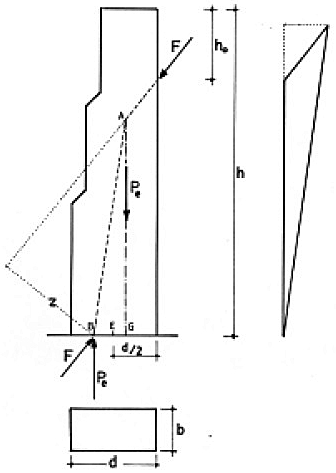


Figura 2.6 – Esboço para o cálculo da espessura de pés-direitos simples de secção variável (Huerta 2004).

Tabela 2.5 – Regras de Frei Lorenzo para a obtenção das dimensões de pés-direitos compostos de abóbadas de berço com lunetas em função do vão, L (adaptado de Nicolas, 1639)

Tipo	Material	Parede	Contrafortes		
		Espessura	Espessura	Largura	Espaçamento
Abóbada	Pedra	L/6	≥ L/3	L/9	L/2
	Tijolo	L/7	L/3		
Abobadilha		L/8	L/4		

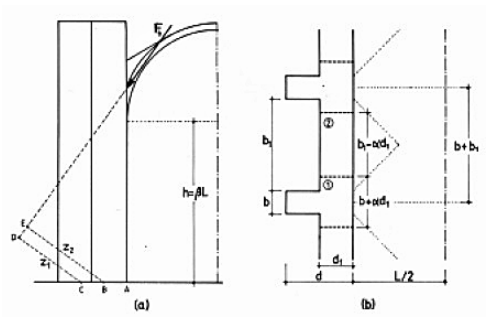


Fig. 2.7 – Dimensionamento dum pé-direito composto segundo as regras de Frei Lorenzo (Huerta 2004).

2.3 REGRAS DE DIMENSIONAMENTO CONJUNTO DE ARCOS E PÉS-DIREITOS

Apesar da maioria das regras para determinação das espessuras dos arcos e pés-direitos surgirem isoladamente na tratadística, amiúde, alguns autores propõem elementos que concentram os dados relativos aos arcos e abóbadas cilíndricas e aos respetivos pés-direitos. Um bom exemplo desta situação é de Rondelet (Rondelet 1830), que ensaiou modelos de arcos de três tipologias diferentes, presumivelmente as mais usuais em função da sua implantação no edifício (Tab. 2.6). Rondelet coligiu ainda uma série de tabelas onde resumiu os resultados obtidos (Tab. 2.7).

Tabela 2.6 – Dimensões de abóbadas cilíndricas e de pés-direitos em pedra calcária em função da tipologia, segundo Rondelet (adaptado de Mateus 2002)

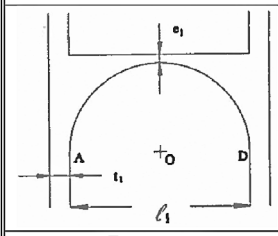
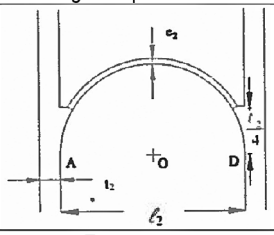
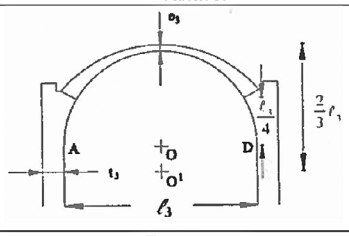
Tipologia 1		Tipologia 2		Tipologia 3		
De nível		Metade de nível e metade de igual espessura		Metade de nível e metade de espessura variável		
						
Espessuras		Espessuras		Espessuras		
Na chave	Pés-direitos	Na chave	Pés-direitos	Na chave	A ½ flecha	Pés-direitos
$e_1 = 0{,}0207l_1$	$t_1 = 0{,}0909l_1$	$e_2 = 0{,}0277l_2$	$t_2 = 0{,}1110l_2$	$e_3 = 0{,}0207l_3$	$e'_3 = 0{,}0312l_3$	$t_3 = 0{,}1000l_3$
Caso das abóbadas entre pisos dos edifícios correntes		Caso das abóbadas situadas no último piso ou das de edifícios térreos de habitação		Frequentemente usadas para cobrir grandes espaços e resistir somente ao seu peso próprio		

Tabela 2.7 – Espessuras a atribuir a abóbadas de berço e aos seus pés-direitos em função do vão e da forma como são extradorsadas (adaptado de Rondelet 1830)

Vão (m)	Abóbadas extradorsadas						
	De nível		Metade de nível e metade de igual espessura		Metade de nível e metade de espessura variável		
	Espessura (m)		Espessura (m)		Espessura (m)		
	Abóbada	Pés-direitos	Abóbada	Pés-direitos	Meio dos rins	Chave	Pés-direitos
4,00	0,083	0,363	0,111	0,444	0,125	0,083	0,400
5,00	0,104	0,454	0,138	0,550	0,156	0,104	0,500
6,00	0,125	0,545	0,166	0,666	0,187	0,125	0,600
7,00	0,145	0,636	0,194	0,777	0,218	0,145	0,700
8,00	0,166	0,727	0,222	0,888	0,250	0,166	0,800
9,00	0,187	0,818	0,250	1,000	0,281	0,187	0,900
11,00	0,228	1,000	0,305	1,222	0,343	0,228	1,100
13,00	0,270	1,181	0,361	1,444	0,406	0,270	1,300
15,00	0,312	1,363	0,416	1,666	0,468	0,312	1,500
Nota: os valores apresentados não tiveram em consideração a elevação dos pés-direitos.							

3. VALIDADE DAS REGRAS

3.1 REGRAS DE DIMENSIONAMENTO DE ARCOS

Para que um arco seja estável, isto é, para que se garanta as condições de resistência e estabilidade, deve ser possível traçar no seu interior pelo menos uma linha de pressões compatível com as cargas a que está sujeito. Dado que geralmente a diretriz do arco não coincide com a linha de pressões, preconiza-se, em geral, uma certa sobre-espessura relativamente à espessura mínima do arco limite (Fig. 2.8 (a)). Assim, segurança obtém-se multiplicando a espessura mínima admissível por um coeficiente geométrico de segurança, cujo valor proposto por Heyman (Heyman 1969) varia entre 2 e 3 (Fig. 2.8 (c)).

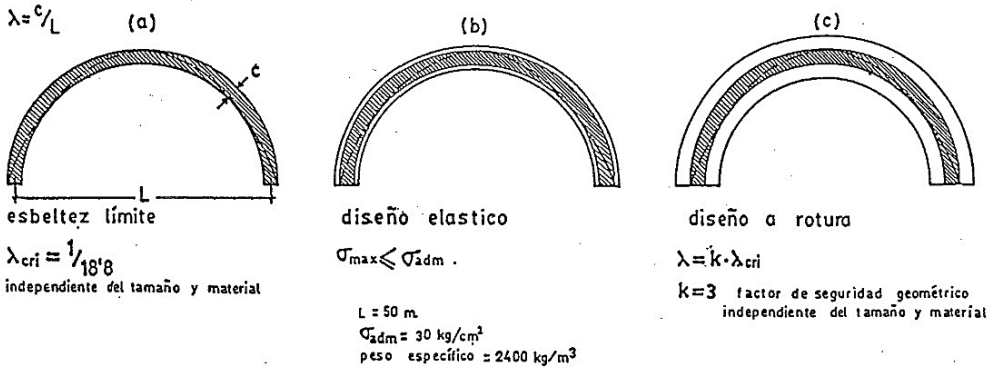


Fig. 2.8 – Dimensionamento dum arco de volta inteira: (a) Arco limite, de espessura mínima para conter a linha de pressões; (b) Dimensionamento por resistência, no qual se aumentou a espessura para alcançar a tensão admissível do material; (c) Dimensionamento por estabilidade, no qual se multiplicou a espessura limite pelo coeficiente geométrico de segurança (neste caso 3) (Huerta 1990).

Assim, uma estratégia para o dimensionamento de arcos baseia-se em encontrar uma espessura que contenha, com suficiente folga, o arco limite. Esta abordagem conduz, considerando exclusivamente o peso próprio, a regras de proporcionalidade independentes do vão dos arcos e abóbadas.

Refira-se que o dimensionamento por resistência, isto é, a consideração duma determinada espessura de modo a que as tensões na secção mais desfavorável (normalmente nos arranques) não superem um valor admissível, conduz, em geral e para dimensões correntes, a arcos em risco de colapso, não se garantindo a estabilidade (Fig. 2.8 (b)).

É de referir que as espessuras correntes em construções reais estão muito acima das que se obteriam ao aplicar um coeficiente de segurança geométrico de 2 ou 3.

A espessura limite reduz-se drasticamente à medida que o arco se vai tornando mais abatido, e todos os arcos com uma flecha inferior, a cerca de ¼ do vão são praticamente catenários, com espessuras limite inferiores a 1/140 do vão (Fig. 2.9).

Os antigos construtores estavam cientes desta maior estabilidade dos arcos abatidos, e enchiam os rins das abóbadas como principal função de dotá-las duma via de escape para os empuxos da parte superior da abóbada, convertendo-a, desta forma, numa abóbada abatida.

Os tratados de construção antigos recomendavam, para abóbadas de berço, que o enchimento do extradorso ou outras disposições equivalentes, como é o caso de muretes transversais espaçados, atingissem pelo menos 2/3 da altura da abóbada. Este artificio conduz a abóbadas abatidas abaixo de l/4 (considerando o vão entre os arranques desde o enchimento) de espessuras muito pequenas (Fig. 2.10).

Na tabela seguinte (Tab. 2.8) apresentam-se diversas regras para definição da espessura de arcos de tijolo.

Os valores dos coeficientes geométricos de segurança superiores à unidade atestam a segurança das regras, no entanto em algumas delas apenas são ligeiramente superiores, pelo que devem ser encaradas com precaução.

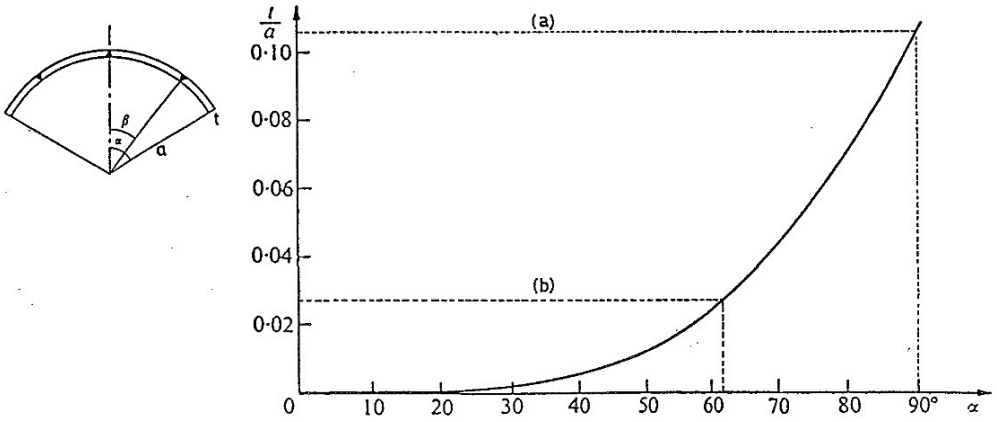


Fig. 2.9 – Esbeltezas limite de arcos circulares propostas por Heyman (Huerta 1990).

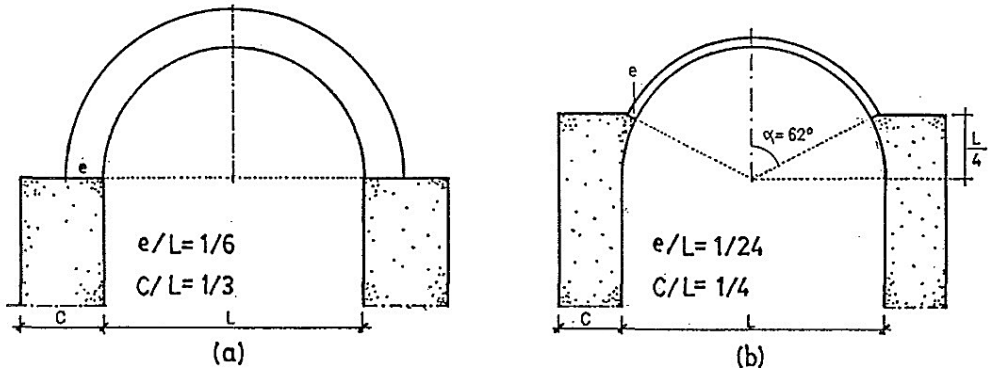


Fig. 2.10 – Efeito da elevação dos pés-direitos até metade da flecha (Huerta 1990).

3.2 REGRAS DE DIMENSIONAMENTO DE PÉS-DIREITOS

De acordo com Heyman (Heyman 1999), na primeira metade do séc. XVI, as regras de Hontañón para os pilares das pontes e os pés-direitos das abóbadas, baseavam-se em construções geométricas. No entanto, nada nos escritos de Hontañón indica a compreensão do equilíbrio de forças e as regras são puramente geométricas sem qualquer racionalidade. O mesmo ocorre com a regra de Blondel (Blondel 1698) de 1683 para o cálculo dos estribos dos arcos (Fig. 2.3). Mas há que referir que a regra de Blondel, mesmo que intuitiva e empírica, resulta correta, pelo menos para pontes dum só vão; os arcos rebaixados dão empuxos maiores e necessitam de pés-direitos

Tabela 2.8 – Comparação de espessuras de arcos de volta de tijolo extradorsados de nível (Mateus 2002)

Autor	Vão l (m)	Espessura t recomendada	Relação t/R equivalente mínima	Coeficiente geométrico de segurança
Alberti	—	l/15	1/7,5	1,3
Formenti	l < 1,2	2 vezes tijolo	24/60	3,8
Breymann e Foerster	l < 1,75	2 vezes tijolo	24/87,5	2,6
Formenti	1,2 < l < 2,5	2-3 vezes tijolo	36/125	2,8
Breymann e Foerster	2,0 < l < 3,0	3 vezes tijolo	36/150	2,2
Formenti	2,5 < l < 4,0	3-4 vezes tijolo	48/200	2,2
Breymann e Foerster	3,5 < l < 5,75	4 vezes tijolo	48/287,5	1,7
Formenti	4,0 < l < 5,5	4-5 vezes tijolo	60/275	2,1
Breymann e Foerster	6,0 < l < 8,5	6 vezes tijolo	72/425	1,6
Breymann e Foerster	l > 8,5	l/15 < t < l/12	1/7,5	1,3
Notas: R – raio de abertura; relação t/R mínima para arcos não extradorsados: 0,106.				

mais robustos, enquanto um arco elevado empuxará menos que um arco de volta inteira.

A teoria de La Hire (Huerta e Cuerda 1998) conduz a um empuxo da abóbada mais desfavorável que o empuxo real, conforme assinalou Heyman (Heyman 1972). Como resultado, os pés-direitos calculados pelo método de La Hire estão sobredimensionados, se bem que apresentem relações de proporcionalidade semelhantes aos pés-direitos habituais na prática construtiva. Refira-se que a teoria de La Hire e as suas modificações, primeiro por Belidor e depois por Perronet, foram muito utilizadas na prática construtiva.

O estudo da validade dos antigos métodos de cálculo para a espessura dos pés-direitos foi efetuado por Giuffré (Giuffré 1987) e Gago (Gago 2004), comparando os resultados obtidos pelos algoritmos de Belidor e de Mascheroni com a regra medieval de Blondel e com os cálculos de equilíbrio da atual mecânica estrutural (Fig. 2.11). Também aqui se constata que estes métodos tradicionais são ligeiramente conservativos, o que lhes permite acomodar os efeitos de alguns aspetos não considerados explicitamente nas regras.

4. CONCLUSÕES

Nas construções que compõem o património histórico e arquitetónico as patologias estruturais resultam, em geral, de causas externas (movimentos sísmicos, assentamento de fundações, novas solicitações, degradação dos materiais, etc.) e não dos processos originais de dimensionamento. Na verdade, em estruturas arqueadas, os erros de conceção original inviabilizaram a sua ereção e essas estruturas não nos chegaram. Assim, as regras tradicionais de dimensionamento foram-se desenvolvendo e sendo validadas pelos sucessos e insucessos dos processos construtivos. O desenvolvimento da mecânica estrutural, sobretudo nos séculos XVIII e XIX, fundamentou algumas das opções dos mestres construtores e permitiu aperfeiçoar algumas dessas regras.

vNas estruturas em que a ação fundamental é o peso próprio, como é o caso das abóbadas de alvenaria, o uso de regras de proporcionalidade e fatores de forma, é um método de dimensionamento racional e seguro, visto que o problema estrutural em causa é de natureza geométrica e não de resistência. Em geral, em construções de alvenaria, o nível de tensões de compressão é reduzido, sendo apenas necessário garantir o equilíbrio das secções do arco através de tensões de compressão. Para tal, é necessário que as linhas de pressão correspondentes às cargas se situem no interior da espessura do arco, podendo essas exigências ser garantidas através de relações geométricas (Gago 2004).

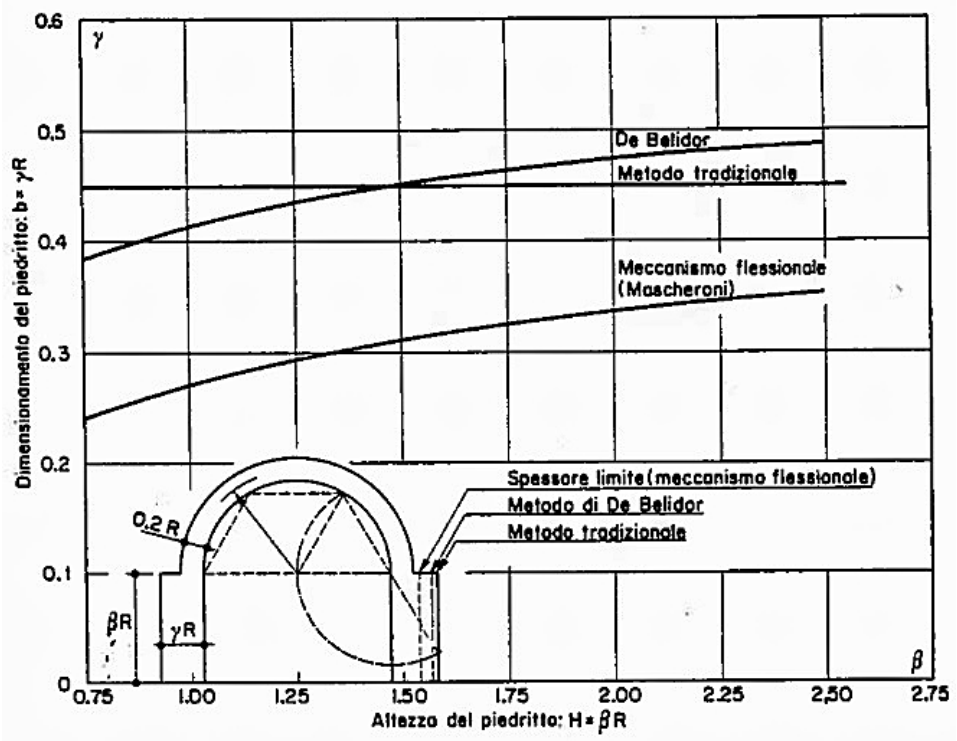


Fig. 2.11 – Gráficos de Giuffré para a variação da espessura dos pés-direitos de arcos de raio médio R em função da sua altura. Comparação dos valores obtidos pela regra de Blondel e pelos algoritmos de Belidor e Mascheroni (Mateus 2002).

O modo mais simples para traduzir esses parâmetros de forma é através de relações e foi isso que fizeram (mesmo que intuitivamente) os antigos mestres.

Assim, justifica-se o conhecimento e o estudo das regras de proporcionalidade tradicionais, as quais, independentemente da sua origem empírica, permanecem válidas e suficientemente conservativas para fazerem face à natureza aleatória das solicitações.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barberot, Étienne. 1828. Traité de constructions civiles. Paris et Liège: Librarie Polytechnique, Ch. Béranger, Éditeur.

Belidor, Bernard. 1813. La science des ingenieurs. Paris: Chez Firmin Didot, Imprimeur de l'Institut, Libraire.

Block, Philippe, Matt DeJong, and John Ochsendorf. 2006. "As Hangs the Flexible Line: Equilibrium of

Masonry Arches." *Nexus Network Journal* 8 (2):13-24. doi: 10.1007/s00004-006-0015-9.
Blondel, François. 1698. Cours d'architecture. Paris: Chez l'auteur.
Camin, Antonio. 1767. El arquitecto pratico, civil, militar y agrimensor. Madrid: Pantaleon Aznar.
Curioni, Giovanni. 1870. L'arte di fabbricare. Torino,:Augusto Federico Negro.
Gago, António. 2004. Análise estrutural de arcos, abóbadas e cúpulas. Contributo para o estudo do património construído. Tese de doutoramento. Instituto Superior Técnico.
Giuffré, Antonino. 1987. La meccanica nell'architettura. La statica. Roma: Nuova Italia Scientifica.
Heyman, Jacques. 1969. "The safety of masonry arches." *International Journal of Mechanical Sciences* 11: 363-385.
Heyman, Jacques. 1972. Coulomb's memoir on statics: an essay in the history of civil engineering. London: Cambridge University Press.
Heyman, Jacques. 1999. El esqueleto de piedra. Madrid: Instituto Juan de Herrera.
Huerta, Santiago. 1990. Diseño estructural de arcos, bóvedas y cúpulas en España, ca. 1500 – ca.1800. Tesis doctoral. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.
Huerta, Santiago, y Rafael Cuerda. 1998. "La teoria de bóvedas en el siglo XVIII: La contribuición de Philippe de La Hire." II Congreso Nacional de Historia de la Construcción, A Coruña, España, 22 a 24 de outubro de 1998.
Huerta, Santiago. 2004. Arcos, bóvedas y cúpulas. Geometria y equilíbrio en el cálculo tradicional de estruturas de fábrica. Madrid: Instituto Juan de Herrera.
La Hire, Philippe. 1712. "Sur la construction des voûtes dans les edifices." *Mémoires de mathématique et de physique de l'Académie royale des sciences, Académie royalde des sciences*: 69-77. Ads-00121784.
Lenti, Achile. 1884. Corso pratico di costruzioni. Alessandria: Tipografia e litografia Chiari e Filippa.
Leroy, Charles. 1877. Traité de stéréotomie. Paris: Gauthier-Villars, Imprimeur-Libraire.
Luna, Fortea. 2013. Análisis estructural de bóvedas de fábrica. La eficácia de la geometria. Tesis doctoral. Universidade de Extremadura.
Mateus, João. 2002. Técnicas tradicionais de construção de alvenarias. Lisboa: Livros Horizonte.
Nicolas, Lorenzo. 1639. Arte y uso de arquitectura. Madrid: Juan Sánchez.
Nunes, Patrícia. 2009. Teoria do arco de alvenaria: uma perspetiva histórica. Dissertação de mestrado em estruturas e engenharia civil. Universidade de Brasília.
Rei, João, António Gago, Jorge Santos. 2014. "Abobadilha alentejana, uma técnica de construção imemorial." V Jornadas Portuguesas de Engenharia de Estruturas, Lisboa.
Rondelet, Jean. 1804 e 1830. L'art de bâtir. Paris: Chez M. A. Rondelet Fils, Architecte.
Vitry, Urbain. 1827. Le propriétaire architecte. Paris: Audot, libraire-éditeur.

Panorama Da Produção de Obras em Terra Crua com Design Contemporâneo nos Últimos 60 anos no Brasil

Pinheiro, Levi*; Rangel, Bárbara; Guimarães, Ana**; Silva, Adeíldo***
*Instituto Federal do Ceará - Brasil
**Universidade do Porto- Portugual

RESUMO

As construções tradicionais do período colonial brasileiro foram produzidas em sistemas construtivos que utilizavam terra crua e madeira, por vezes, pedra em suas fundações, isto por influência da colonização portuguesa e pela abudância do material. No ínicio do século XIX, inicia-se no Brasil declínio desses sistemas construtivos. Porém, se observa um tímido retorno em meados da década de 1960, com o projeto de um conjunto habitacional denominado "Cajueiro Seco", do arquiteto Acácio Borsoi, onde se retomou a utilização da técnica construtiva em taipa de mão de forma racionalizada. Neste período, nota-se a produção de obras de classe média, muitas vezes acompanhada por arquitetos, engenheiros ou mestres de obras experientes, construidas em terra crua, visando à sustentabilidade. Ao observamos este panorama, resolvemos desenvolver esta pesquisa, cujo objetivo é investigar a produção de construções em terra crua com design contemporâneo nos últimos 60 anos no Brasil. Logo, o método utilizado foi a realização um levantamento bibliográfico (portal da CAPES) e, posteriormente, a consulta de sites de construtoras e escritórios brasileiros especializados em produção construções em terra crua. Dentre os dados coletados, tem-se: os tipos de materiais utilizados, sistemas construtivos, a localização das obras (cidade e estado), a tiplogia das obras e o ano de construção. A presente pesquisa visa a contribuir para o panorma contemporâneo da construção em terra crua no Brasil como tecnologia sustentável.

Palavras-chave: Terra crua, Arquitetura, Sistemas construtivos, Sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

O termo "construções em terra" abrange diversas técnicas milenares e contemporâneas como: taipa de mão, taipa de pilão, cob, tijolo de adobe, coordwood, blocos de terra comprimidos (BTC) e super adobe. As primeiras construções em terra datam de 12.000 a 7000 AC. Há inúmeros casos de construções com mais de 1000 anos que resistem até os dias de hoje (Pacheco-Torgal et al, 2013). Atualmente, a terra crua está cada vez mais sendo aceita para moradias de baixo custo em muitos países industrializados, como França, Austrália, Alemanha, Inglaterra e Estados Unidos, e, em menor proporção, em países do terceiro mundo onde casas de terra continuam associadas à pobreza (Lopes e Ino, 2004).

Um dos primeiros países a empregar esta tecnologia na arquitetura contemporânea foi o Egito, por meio do arquiteto Hassan Fathy, graduado em

1926 na Universidade do Cairo. Por questões ideológicas, este desenvolveu obras arquitetônicas que permitissem o emprego de técnicas construtivas e de materiais locais não industrializados, como terra, palha e pedra. Baseando-se nos trabalhos de Hassan Fathy, o arquiteto italiano Fabrizio Carola desenvolveu trabalhos em terra crua na África, os tendo iniciado em 1972. A escolha do arquiteto de trabalhar com terra ocorreu devido à dificuldade de importar materiais convencionais como ferro ou concreto, bem como o uso da madeira poderia contribuir para ampliação da desertificação do lugar (Gargiulo et Bergamasco, 2006).

EUA e Austrália são os países que possuem o maior número de escritórios e construtoras que trabalham com terra crua. Os Estados Unidos se destacam por possuir uma norma específica para construção em terra. Na Europa, se destacam Inglaterra, França, Alemanha, Espanha e Portugal. Dentre os grandes centros de pesquisa, há o Plymouth University, no Reino Unido, e o CRATerre-EAG, na França (Delgado et Guerrero, 2013). Na Alemanha, destacamos o engenheiro Genort Minke, que vem, desde 1970, desenvolvendo obras em terra crua em diversos países da Europa América do Sul, Central e Índia (Minke, 2005). Na Espanha e Portugal, que possuem casas tradicionais construídas em terra, nota-se, aos poucos, uma retomada tímida destas tecnologias. Na Espanha, há poucas construções novas feitas em terra, em sua maioria são residências feitas em blocos de solo cimento (Delgado et Guerrero, 2013). Em Portugal, as construções contemporâneas em terra crua transitam entre o moderno e tradicional, principalmente na região do Alentejo, em busca de atender aos apelos de sustentabilidade (Da Ponte, 2012). Na América Latina, temos a Rede Ibero-americana PROTERRA, que consiste numa rede Ibero-américana formada por pesquisadores, professores, projetistas e construtores para desenvolvimento e transferência de tecnologia em arquitetura e construção com terra. (Neves, 2004). Dentre os países que apresentam normatização de construções em terra crua, se destacam Peru e El Salvador (Delgado et Guerrero, 2013). No contexto científico, são observadas pesquisas desde os anos de 1970, por pesquisadores turcos da Universidade Tecnológica de Istambul (ISIKA, 2008) e da Pontifícia Universidade Católica do Peru (PUCP) (Silveira, 2014). Porém, somente a partir dos anos 2000, se percebe uma maior atenção dos pesquisadores para o estudo da Taipa (Pacheco-Torgal et al, 2013).

Assim, compreendendo a importância desta tecnologia, que nos países industrializadas já é vista como uma alternativa de construções de habitações de baixo custo propõe-se o desenvolvimento desta pesquisa, que tem como objetivo traçar um panorama histórico das construções em terra crua contemporânea no Brasil, visando a contribuir para o seu maior desenvolvimento.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As técnicas construtivas em terra crua são milenares. Em muitos países, como é o caso do Brasil e entraram em desuso no início do século XIX, com advento do cimento portland. A arquitetura de terra chegou ao Brasil através da colonização portuguesa. As principais técnicas empregadas na época foram o adobe, a taipa de pilão e taipa de mão ou pau-a-pique (Lopes et al, 2013). A taipa de pau a pique no período colonial era um processo construtivo utilizado pela camada mais pobre da população. A técnica consiste em fazer um painel vertical com madeiras entrelaçadas, e depois jogar o barro sobre esta trama. Diferentemente da taipa de mão, a taipa de pilão era aplicada somente em edifícios de maior prestígio, como Igrejas e Casas de Câmara ou em residências das classes abastadas (Silva, 2000). A técnica consiste em bater a terra dentro de uma armação de madeira chamada taipal, uma forma semelhante às utilizadas para moldar peças de concreto. (Montoro, 1994). O

adobe designa uma técnica de construção de tijolos de barro secos ao sol. A técnica consiste em confecionar blocos em terra crua em fôrmas de madeira e depois e secá-los na sombra. Os tijolos podem ser usados para a construção de paredes, abóbadas ou cúpulas (Silva, 2000).

Além do desenvolvimento de novas tecnologias para construção civil, que provocaram o abanodono da terra crua no Brasil, temos as políticas públicas de combate à doença de Chagas. Desde ano de 1960 o governo brasileiro, por meio do Ministério da Saúde, tem adotado políticas públicas para eliminar as casas de taipa, pois essas edificações são consideradas insalubres, pois podem servir como criaduoro do besouro transmissor da doença de Chagas. As primeiras ações de combate iniciam no Estado de Minas Gerais, pelo Departamento Nacional de Endemias Rurais (DNERu), depois, em 1976 pela Fundação Serviço Especial de Saúde Pública (SESP) e, em 1991, o combate se expande a nível nacional com a criação da Fundação Nacional de Saúde. O documento desenvolvido pelo Ministério da Sáude, denominado "Elaboração de projeto de melhoria habitacional" para o controle da doença de Chagas apresenta um item, onde se aponta para possíveis melhorias nas habitações. No caso das paredes de adobe ou alvenaria, é recomendado a mantenção. Já às paredes de taipa, é proposta a substituição completa destas (Funasa, 2004). Outro fator observado foi o crescimento urbano, que tem reduzido a possibilidade de coletar madeiras locais para produção da taipa de mão (Cardoso, 2011).

Mesmo com o declínio das técnicas construtivas tradicionais, percebe-se à partir da década de 1930, a sua retomada por arquitetos modernistas que tentavam unir a arquitetura popular com a erudita. Lúcio Costa, em 1934, projetou o Conjunto Modevale, no Estado de Minas Gerais. Acácio Gil Borsoi, em 1963, o conjunto habitacional Cajueiro Seco, em Pernambuco, e Lina Bo Bardi, em 1975, a Comunidade Curumim, no Estado de Sergipe. Todas as propostas se utilizaram de técnica taipa de mão, com suas devidas adaptações para necessidades modernas. Porém, somente o Cajueiro Seco foi parcialmente executado em regime de mutirão, onde os beneficiários executavam as obras sob assitência técnica do arquiteto (Correia, 2003 et Bierrenbach, 2008). Na década de 1970, não se observa a produção de grandes conjuntos habitacionais em terra pelo Poder Público, somente obras pontuais de particulares. Somente nos 1980 se vê uma retomada na produção de conjuntos habitacionais em taipa de mão, como o Conjunto Casa Carajás no município de Carajás, no Pará, e casas da Caixa Econômica, nas cidades de João Câmara e Poço Branco, Rio Grande do Norte. Em 1990, vê-se produção de novos conjuntos e o desenvolvimento de protótipos. Como protótipo, tem-se um estudo realizado pelo SENAI em Bayeux, Pernambuco e outro pelo Grupo de Pesquisa em Habitação e Sustentabilidade (HABIS) da universidade de São Paulo. Além de conjuntos habitacionais na cidade de Teresina, Piauí, e na cidade Maracanaú, Ceará (LOPES, 1998). Na década de 2000 vê-se a produção de obras habitacionais em terra crua por meio das parceiras de ONGs e universidades, financiadas por recursos nacionais e internacionais. Dentre elas destacam-se: o assentamento rural Fazenda Pirituba, em Itapeva, São Paulo, produzido como tijolo adobe (ver figura 01) (Faria et al, 2005), Rio de Janeiro e Paraíba, produzido com tijolo solo cimento (Medeiros, 2012).

Como se observa, toda a produção habitacional brasileira em terra crua foi sido produzida sob o regime de mutirão, com iniciativa do poder público ou ONGs. Nos 1970, a produção de habitação popular pública utiliza-se o mutirão como mão de obra barata, mas sem direito a opinar sobre o projeto ou construção. Em 1980, inicia a institucionalização do mutirão, quando passa haver o diálogo entre os técnicos contratados e comunidade beneficiária (Abiko e Coelho, 2006).

Fig. 01 - Assentamento rural Fazenda Pirituba - SP
Fonte: Faria et Al (2005).

No final dos anos 2000 tem-se o programa Minha casa, Minha Vida, que aponta duas linhas de produção habitacional. Na primeira, os órgãos públicos cedem terrenos, organizam beneficiários e contratam construtoras. Na segunda, através de entidades que organizam os beneficiários e contratam uma assistência técnica, isto é, um arquiteto ou um engenheiro que irá comandar o processo, que normalmente é feito em regime de mutirão (Governo Federal). Assim, as habitações populares produzidas atualmente, que estão vinculadas diretamente ao regime mutirão, têm sido construídas por ONGs, que captam recursos nacionais ou internacionais para sua produção.

Outro fenômeno interessante é o surgimento de instituições voltadas à pesquisa e à difusão das tecnologias em terra Crua a partir dos anos de 1990. Assim como a produção de cartilhas na década de 2000, produzidas pelo Governo Federal. Na década de 1990, destacamos a Associação Brasileira de Construtores com Terra (ABC Terra), Centro de Pesquisas e Estudos Ambientais (CEPA), Instituto de Permacultura do Cerrado (IPEC), Tecnologia Intuitiva e BioArquitetura (TIBA) e os Curadores da Terra/ONG Verdever (Oliveira, 2012). Dentre as cartilhas produzidas, destacam-se o "Curso de Bioconstrução", produzido pelo Ministério do Meio Ambiente, o qual difunde técnicas em terra crua de superadobe, adobe, cob, taipa de mão, taipa de pilão, solo cimento e fardos de palha (PROMPT, 2008), e a cartilha "Técnicas de construção" do Ministério da Educação, que coloca além das técnicas atuais de alvenaria de tijolo cerâmico e concreto, a técnica da taipa de pilão como solução construtiva (Pereira, 2007).

Com o surgimento dos institutos e a produção de cartilhas pelo poder publico, nota-se a difusão de novas tecnologias como o tijolo de solo cimento, o cob e o superadobe. Os tijolos de solo cimento são compostos por terra e cimento, e produzidos por meio de prensa hidraúlica ou manual. Após sua compactação, devem passar por um período de cura por 08 dias à sombra (Silva, 2000). No Brasil, esta é a única tecnologia normatizada. A primeira norma de solo cimento no Brasil data de 1989, e fora substituída em 1994 (ABNT, 1994). Apesar ser uma técnica que bem aceita no Brasil, McGregor et al (2012) critica o uso do cimento como estabilizante do solo, pois este tipo de aditivo contradiz o conceito de sustentabilidade empregado nas construções em terra, pois o cimento tem alta energia incorporada, demorando a ser degradado. O superadobe foi desenvolvido pelo iraniano Nader Khalili, na década de 1980, a técnica consiste em utilizar sacos com terra comprimida para fazer paredes e coberturas. Os sacos são cheios com terra sobreposta, e depois compactada com pilões manuais ou elétricos. Ao final das construções, as paredes terão aproximadamente 50cm de largura (PROMPT, 2008). Cob é uma técnica de barro úmido, que se desenvolveu muito no século XV e no século XIX, no sudoeste da Inglaterra, onde onde bolas de argila úmidas são sobrepostas uma sobre às outras, até formar uma parede. Outras técnicas similares são o wellerbau e os pães de barro. (Minke, 2005). Em termos de resistência, os estudos de Miccoli et al (2014) apontam que o cob apresenta a menor resistência à compressão, se comparado à taipa de pilão e ao tijolo de adobe. Porém, apresenta

uma boa ductilidade devido à presença de fibras vegetais, o que pode contribuir para sua utilização em áreas com riscos de abalos símicos.

METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida em 05 etapas, seguindo a mesma metodologia de (Cândido et al, 2014): revisão bibliográfica, levantamento de dados, construção de um modelo estruturado para análise, análise de conteúdo baseado no modelo estruturado e apresentação de resultados. Para o levantamento da bibliografia, utilizou-se o Portal da CAPES, com uma busca através das palavras-chave: taipa, adobe, terra crua, solo cimento e earth construction. Os dados foram coletados de documentos acadêmicos como artigos, teses, dissertações, livros e de sítios virtuais de escritórios e de construtores em terra brasileiros. Dentre os dados coletados tem-se: a quantidade de obras produzidas, técnicas construtivas utilizadas, localização das obras, tiplogia das obras, tipo de produção, e ano de construção.

RESULTADOS

Ao final da pesquisa, chegamos ao total de 148 obras analisadas, das quais 89 foram coletadas na em sítios eletrônicos, 44 na literatura, e 15 na entrevista com arquitetos e construtoras. A amostragem da pesquisa engloba dos anos 1955 até os anos 2015, como na década de 1950 não foi computada nenhuma obra, os dados serão apresentados serão da apartir dos anos de 1960. Outra obsevação é o fato de não de que algumas obras computadas não possuíam datas. Logo, as registramos pela sigla SD, isto é sem data. Na literatura, os autores que apresentaram construções em terra crua no Brasil foram: Lopes (1998); Minke (2005); Alexandria et al (2006), Faria et al (2005), Lopes et Ino (2004) Medeiros (2012). Devido à sua grande quantidade, sua listagem não será apresentada. Os resultados foram organizados na seguinte maneira:

- Distribuição da produção de obras ao longo dos anos;
- Distribuição dos sistemas construtivos ao longo dos anos;
- Distribuição das tipologias arquitetônicas (Residencial, Comercial, Institucional e Industrial);
- Distribuição da produção pública, privada e mista ao longo dos anos;
- Distribuição da produção de obras por estados brasileiros.

Ao observamos a produção em terra crua, verificamos um salto de crescimento na década de 1980 para 1990, e outro salto da década de 2000 para 2010 (ver tabela 01). O grande crescimento na década de 1990 deve-se à criação de institutos de pesquisas e difusão das técnicas. Já o salto na década de 2000 para 2010 pode ser compreendido pelo surgimento de construtoras como a Terra Compacta e a Terra Soluções, especializadas em construções em terra crua, além da Baixo Impacto Arquitetura, que atua na produção tijolos de adobe, e também se especializou em projetos de arquitetura.

Quanto às tipologias construtivas observadas, verificou-se a existência das técnicas tradicionais brasileiras de taipa de mão, taipa de pilão, tijolo de adobe, além das técnicas como super adobe, solo cimento, coordwood, cob e alvenaria de cupinzeiro. Os resultados apresentados computam um total de 154, maior que o número de obras compiladas, pois há situações que uma mesma edificação possui mais de uma técnica. A taipa de mão apresentou quase 61 das obras, enquanto que a taipa de pilão se apresentou por volta de 38 das obras. Se analisarmos cronologicamente as obras, verifica-se que a taipa de mão prevalece com uma produção alta até a década de 1990, quando começa a decair, enquanto a taipa de pilão nos anos 2000 ganha um grande impulso (Tabela 02). A taipa de mão aparece com uma grande produ-

ção nos anos iniciais, muito provavelmente por influência de arquitetos renomados como Lúcio Costa, Acácio Gil Borsoi e Lina Bo Bardi, que propuseram conjuntos habitacionais utilizando taipa de mão. A sua decadência como técnica construtiva pode ser compreendida devido ao combate à taipa de mão por meio dos programas de saneamento do governo federal, intensificados a partir da década de 1990, ao surgimento de empresas especializadas em produzir taipa de pilão, e à difusão de outras tecnologias em terra crua, por parte de institutos especializados e por meio de cartilhas do governo federal. Além da dificuldade de conseguir madeiras locais devido ao processo crescimento urbano das cidades. Logo, nas casas de obras dos anos 2000 que utilizaram taipa, observa-se o uso de eucalipto e de bambu.

As tipologias que apresentaram mais recorrência ao longo dos anos foram a habitacional, seguida da comercial e da institucional (ver tabela 03). Algumas tipologias menos recorrentes foram colocadas na categoria outros, como obras artísticas em taipa de pilão, protótipos desenvolvidos pelas universidades em diversas técnicas e eventos de decoração. No caso das obras artísticas, tem-se duas obras da artista plástica Elisa Bracher, na década de 2010 (ver figura 02). Dentre as obras de decoração, destacam-se o uso da taipa de pilão como forma decorativa em obras no estado de São Paulo como a sede do Google no Brasil (figura 03), no evento Campinas Decor 2010 e ExpoFlora 2010. Além da tipologia industrial, que apresentou uma única unidade no estado do Ceará.

Ao analisarmos a distribuição das produções pública, privada e mista, ao longo dos anos notou-se que o poder público foi o responsável por um pequeno número, considerando apenas o conjunto habitacional com uma única unidade computada. O Poder Público teve sua maior atuação na década de 1990, com produções utilizando a taipa de mão. Nos anos posteriores, há um desparecimento desta produção neste setor (ver Tabela 04). O fato pode ser justificado devido ao fato de que, na década de 1990, as produções habitacionais tinham uma forte participação da população, pois havia sido institucionalizada a construção de mutirão. Porém, no final da década de 2000, tem-se a implantação do programa Minha Casa Minha Vida, no qual órgãos públicos têm contratado construtoras para produzir as casas, que em sua maioria trabalham com construções convencionais de tijolo, cerâmica e estrutura de concreto. Foi percebido que a produção habitacional em terra crua vem sendo assumida por ONGs, que podem acessar recursos do programa Minha casa Minha vida, dentre outros programas nacionais e internacionais.

Tabela 01 - Comportamento da produção de obras ao longo dos anos

Ano	Total	%
1960	2	1,37%
1970	4	2,06%
1980	11	8,3%
1990	26	16,55%
2000	36	24,82%
2010	47	31,75%
Sem Data (SD)	22	14,86%
Total	148	100%

Fig. 02 - Escultura Elisa Bracher
Fonte: Taipal (2015).

Tabela 02 - Comportamento dos sistemas construtivos ao longo dos anos

Técnica Construtiva	1960	1970	1980	1990	2000	2010	SD	Total
Taipa de Mão	2	4	11	25	3	11	5	61
Taipa de pilão	0	0	0	1	5	25	7	38
Adobe	0	0	1	4	6	1	5	17
Solo cimento	0	0	0	1	13	7	1	22
Super adobe	0	0	0	0	3	5	1	9
Coordwood, Cob e alvenaria de cupinzeiro	0	0	0	0	2	5	0	7
TOTAL	2	4	12	31	32	54	19	154

Tabela 03 – Tipologias arquitetônicas (Residencial, Comercial, Institucional, Industrial, Outros)

Tipologias	1960	1970	1980	1990	2000	2010	SD	Total
Residencial	2	4	10	17	17	25	11	53
Comercial	0	0	1	4	11	8	10	29
Institucional	0	0	0	2	6	9	1	18
Industrial	0	0	0	1	0	0	0	1
Outros	0	0	0	2	2	5	0	9
TOTAL	2	4	11	26	36	47	22	148

A produção de obras nos estados brasileiros ao longo anos tem como o estado de São Paulo a região com o número maior de construções, tendo uma maior expressividade nos anos 2000 (ver tabela 05). O fenômeno pode ser explicado pelo fato de São Paulo concentrar duas construtoras especializadas em taipa de pilão, uma criada em no final da década de 1990, e outra no início dos anos 2000.

CONCLUSÃO

Ao final da pesquisa, observa-se um crescimento da produção e ampliação nas possibilidades de tipologias, o que representa uma boa aceitação da população brasileira, contradizendo a tendência de os países pouco industrializados de repudiarem essa tecnologia, apontada por Lopes e Ino (2004). Porém, a falta de normatização das técnicas pode retardar sua difusão e o ritmo de crescimento de sua produção. A difusão das técnicas tem gerado melhoria nas próprias tecnologias, como foi o surgimento do solo cimento e taipa de mão mecanizada, assim como o surgimento de mão de obra especializada no setor de projetos e construções. A expansão das construções em terra crua não foi só quantitiva, pois gerou o surgimento de novas áreas de aplicação. Até a década de 1980, observam-se construções habitacionais e comerciais. Porém, nas seguintes, percebe-se a ampliação para tipologias institucionais, industriais, obras de arte, ganhando espaço com elementos puramente decorativos em habitações e espaços comerciais ou exposições de decoração, como a Casa Cor. Por fim, a pesquisa ainda se apresenta em aberto, pois se acredita que amostra coletada pode ser ampliada com a entrevista de um raio maior de arquitetos, construtores e pesquisadores, conside-

Fig. 03 - Google Brasil, Americana - SP
Fonte: Taipal (2015).

Tabela 04 - Produção pública, privada e mista ao longo dos anos.

Total	1960	1970	1980	1990	2000	2010	SD	Total	%
Público	1	0	2	5	1	0	0	9	6,12%
Privado	1	4	9	14	29	41	17	115	78,23%
Misto	0	0	0	7	6	2	9	24	15,64%
TOTAL	2	4	11	26	36	43	25	148	100,00%

Tabela 05 – Comportamento da produção de obras por estados brasileiros

Estado	1960	1970	1980	1990	2000	2010	SD	Total
Ceará			1	5	9	9		24
Bahia				1			2	3
Distrito Federal						2		2
Espírito Santo				3				3
Pará			1					1
Pernambuco	1	2	2	1				6
Piauí			3	4				7
Mato Grosso							2	2
Mato Grosso do Sul						1		1
Minas Gerais	1	2		1		1	2	7
Rio Grande do Norte			1					1
Rio de Janeiro			3	7	2	2	1	15
São Paulo				4	22	18	7	
Santa Catarina						9		9
Estado não identificado					3	5	8	16
Total	2	4	11	26	36	47	22	148

rando que há importantes obras coletadas neste trabalho que não foram catalogadas na literatura, nem na internet.

REFERENCIAS BILIOGRÁFICAS

ABNT. 1994. NBR 8491.1984: Tijolo maciço de solo-cimento - Especificação. Rio de Janeiro.

Abiko, Alex Kenya e Coelho, Leandro de Oliveira. 2006. Mutirão Habitacional: Procedimentos de Gestão. In: Recomendações Técnicas HABITARE Volume 2. Porto Alegre.

Alexandria, Sandra Selma S. et Lopes, Wilza Gomes R. 2006. Utilização do adobe no município de uruçuí: técnica construtiva tradicional e sustentável. XI Encontro Nacional de Tecnologia Ambiente Construído.

Bierrenbach, Ana Carolina de Souz. 2008. Conexão Borsói-Bardi: sobre os limites das casas populares. Revista de Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo (Online). São Paulo

Cândido, Luis Felipe; Barreto, José Maurício Lima; Barros Neto, José de Paula. 2014. Análise da produção científica relacionada ao custeio-meta (target costing) na construção civil nos últimos 5 anos (2009-2013). ENTAC.

Cardoso, Daniel Ribeiro. 2011. Desenho de uma poiesis. Expressao Grafica e Editora. Fortaleza. ISBN: 978.85.7563.601.5.

Correia, Telma de Barros. 2003 O modernismo e o núcleo fabril: o anteprojeto de Lúcio Costa para Monlevade. Pós. Revista do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP , São Paulo, v. 1 N 14, n.14, p. 80-93.

Da Ponte, Maria Manuel Correia Costa. 2012. Arquitetura de terra: o desenho para a durabilidade das construções. Dissertação - Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Delgado, M. Carmen Jime´nez et Guerrero, Ignacio Can˜as. 2013. Earth building in Spain. Revista , vol. 37, no. 4, pp. 229–238

FARIA, Obede Borges. Da Silva, Fernando Machado Gonçalves da Silva et Ino, Akemi. 2005. Sistema construtivo com paredes estruturais de adobe, em habitação de interesse social rural: um estudo de caso no assentamento rural "fazenda Pirituba" (Itapeva-SP). Seminário Mato-Grossense De Habitação De Interesse Social. Cuiabá. Anais... Cuiabá: CEFETMT, EdUFMT, 2005, p. 669-677.

Funasa. 2004. Elaboração de projeto de melhoria habitacional para o controle da doença de chagas. Ministério da Saúde. Brasília.

Gargiulo, Maria Rosaria and Bergamasco, Immacolata. , 2006. The Use of Earth in the Architecture of Hassan Fathy and Fabrizio Carola: Typological and Building Innovations, Building Technology and Static Behaviour. In: Second International Congress on Construction History. Proceedings of the Second International Congress on Construction History [Volume 2]. Cambridge. Pages - 1209-1220.

Governo Federal. Ministério das Cidades, Plano Nacional de Habitação: Programa Minha casa minha vida: http://www.aracaju.se.gov.br/userfiles/emurb/2011/07/Outros_MinhaCasaMinhaVida.pdf

Isika, Bilge et Tulbentci, Tugsad. 2008. Sustainable housing in island conditions using Alker-gypsum-stabilized earth: A case study from northern Cyprus. Building and Environment, vol. 43, pp. 1426–1432.

Lopes, W. G. R.. 1998. Taipa de mão no Brasil: levantamento e análise de construções. Dissertação. Dissertação - Mestrado em Arquitetura, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, São Paulo.

Lopes, Wilza Gomes Reis et INO, Akemi. 2004. O emprego da terra crua e de madeira de reflorestamento como materiais de construção. I Conferência Latino-Americana De Construção Sustentável X Encontro Nacional De Tecnologia Do Ambiente Construído. São Paulo.

Lopes, Wilza et Reis, Gomes 2013. A Taipa de Mão em Teresina, Piauí, Brasil: a Improvisação e o Uso de Procedimentos Construtivos. digitAR. Nº 1.

Medeiros, Cintia Maria. 2012. (....). VII Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação. Palmas

Mcgregor, F.; Heath, A.; Ayre, G.; Fodde, E.; Walker, P. 2012. The effect of stabilisation on humidity buffering of earth walls. In: Proceedings of LEHM 2012: 6th international conference on building with earth, Weimar.

Miccoli, Lorenzo; Müller, Urs; Fontana, Patrick. 2014. Mechanical behaviour of earthen materials: A comparison between earth block masonry, rammed earth and cob. Construction and Building Materials, vol. 61, pp. 327–339

Minke, Gernot. 2005. Manual de Construcción en Tierra: la tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual. 2. ed. Montevideo: Fin de Siglo. ISBN 9974-49-347.

Montoro, Paulo. 1994. Como Construir Paredes de Taipa. Folheto desenvolvido a partir do "workshop" sobre paredes de taipa, ministrado pelo arquiteto David Easton e equipe para protótipo habitacional em Pindamonhangaba - SP. Produzido pelo ILAM - Instituto Latino Americano, e escritório Arquiteto Paulo Montoro e Associados. São Paulo.

Neves, C. M. M. Resgate e atualização do construir com terra: o projeto ROTERRA. In: I Conferência Latino-Americana De Construção Sustentável; 10

Encontro Nacional De Tecnologia Do Ambiente Construído, 2004, São Paulo. Anais... São Paulo: ANTAC, 2004.

Oliveira, Bruno assunção. 2012. Inserção da taipa de pilão mecanizada com apiloamento pneumático no mercado da construção sustentável no Brasil. Monografia - Curso de Especialização em Sustentabilidade Aplicada ao Ambiente Construído da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais.

Pacheco-Torgal, F and Said Jalali. 2013. Earth construction: Lessons from the past for future eco--efficient construction. Revista , vol. 37, no. 4, pp. 229–238, 2013.

Prompt, Cecília. 2008. Curso de Bioconstrução. Brasília: MMA, 2008.64 p.; 21 cm.

Perreira, Alessandro Guimarães. 2007. Módulo 16: Técnicas de construção. Brasília: Universidade de Brasília. 121 p.

Silva, Cláudia Gonçalves Thaumaturgo. 2000. Conceitos e Preconceitos relativos às Construções em Terra Crua. Dissertação de Mestrado em Saúde Pública. Escola Nacional de Saúde Pública

Silva, Cláudia Gonçalves Thaumaturgo. 2000. Conceitos e Preconceitos relativos às Construções em Terra Crua. Dissertação de Mestrado em Saúde Pública. Escola Nacional de Saúde Pública

Silveira, Dora Varum, Humberto; COSTA, Aníbal Costa et Carvalho, José Carvalho. 2014. Mechanical Properties and Behavior of Traditional Adobe Wall Panels of the Aveiro District. Journal of Materials in Civil Engineering.

Taipal. 2015. http://www.taipal.com.br/our-work/

A evolução Construtiva da Igreja do Convento de Vilar de Frades.

Abordagem preliminar do corpo seiscentista*

Pereira, António[(1)]*; Ribeiro, Maria do Carmo[(2)]**

[(1)]aammpsp@gmail.com, [(2)]mcribeiro@uaum.uminho.pt

** Bolseiro de Doutoramento FCT - SFRH/BD/110434/2015; Lab2PT – ICS Universidade do Minho,*

*** Departamento de História do ICS; Lab2PT - Universidade do Minho*

RESUMO

O presente artigo inscreve-se numa investigação em curso centrada na análise do processo construtivo do Convento de Vilar de Frades, desde a sua génese, no século XI até à atualidade, privilegiando uma abordagem multidisciplinar, centrada no complexo arquitetónico atual, em articulação com as restantes fontes disponíveis para o seu estudo. Procuraremos, nesse sentido, realizar no presente artigo uma análise preliminar a uma das problemáticas latentes na nossa investigação relacionada com as técnicas construtivas da igreja de vilar de frade, nomeadamente a edificação da abóbada da nave da igreja, invariavelmente associada ao estilo manuelino.

O estudo da igreja do convento de Vilar de Frades, cujo edificado sobrevivente remonta pelo menos ao século XII, tem sido realizado grosso modo de forma sincrónico, tendo em conta as grandes alterações conhecidas, nomeadamente uma origem românica, alterações góticas e manuelinas, assim como as sucessivas modificações realizadas a partir do século XVII e XVIII, período a partir do qual se conservam mais elementos construídos, muito embora as fontes documentais sejam mais escassas.

Procuraremos, neste sentido, realizar uma abordagem acerca do processo construtivo desta igreja, analisando as técnicas construtivas subjacentes às principais alterações estruturais ocorridas entre os século XVI e XVII, tendo em conta o contexto histórico e cultural em que foram produzidas.

Para tal, impõe-se a necessidade de uma abordagem multidisciplinar que tem por base o edificado conservado atualmente e se baseia nos pressupostos da arqueologia da arquitetura, privilegiando igualmente as restantes fontes disponíveis para o seu estudo.

Numa visão mais abrangente, pretendemos, a partir do caso de Vilar de Frades, contribuir para o estudo das construções monásticas entre a Idade Média e a atualidade, bem como reforçar o cariz determinante deste tipo de edifícios para o desenvolvimento da História da Construção.

Palavras-chave: História da construção, igreja de Vilar de Frades; técnicas construtivas; século XVII.[1]

* *Este trabalho tem o apoio do Projeto Lab2PT- Laboratório de Paisagens, Património e Território - AUR/04509 e da FCT através de fundos nacionais e quando aplicável do cofinanciamento do FEDER, no âmbito dos novos acordos de parceria PT2020 e COMPETE 2020 – POCI-01-0145-FEDER-007528*

1. INTRODUÇÃO

Os diferentes estudos realizados até ao momento sobre o convento de Vilar de Frades têm permitido demonstrar a complexidade inerente à sua análise, não só por se tratar de uma construção que foi sendo sucessivamente alterada desde a sua origem, mas também pela escassez e carácter fragmentário das fontes disponíveis para o seu estudo.

Na realidade, do referido convento, datado de meados do século XI, é atualmente possível identificar um complexo que seria composto por diferentes edifícios e espaços, onde se incluem a igreja e dois claustros, sucessivamente alterados aos longos dos séculos.

Entre os principais estudos realizados acerca deste convento destacam-se os estilísticos, que associam os elementos arquitetónicos e escultórios a diferentes fases e estilos artísticos, centrados maioritariamente na igreja e de forma muito residual nos restantes edifícios. Entre estes estudos desacataríamos, a primeira iniciativa que é elaborada pelo cónego Aguiar Barreiros ainda em 1919, as obras de síntese produzidas pelos historiadores da arte, na década de 80 do século XX, bem como os trabalhos académicos produzidos a partir da última década do século XX. Entre estes últimos salientam-se a abordagem ao processo construtivo do convento de vilar de frades, na perspetiva da história da arte (Vinhas, 1998), assim como estudos parcelares, que incidem maioritariamente sobre a igreja do convento de Vilar de Frades.

Esta igreja, normalmente identificada como um dos exemplares mais expressivos da arquitetura manuelina no norte de Portugal, conheceu um processo bastante mais complexo, desde a sua fase românica até à fase neoclássica, quando são extintas as ordens religiosas. Na realidade, a igreja do convento de Vilar de Frades conhece todo um percurso construtivo que abrange uma escala cronológica, pelo menos, desde o século XII até ao século XIX, que só muito recentemente começou a ser explorada de forma diacrónica (Vinhas, 1998).

Todavia, a generalidade dos estudos tendem a centrar-se num período específico, destacando a igreja do restante conjunto edificado, numa abordagem que a associa invariavelmente ao período manuelino. De facto, nos inícios do século XVI, a igreja do convento de Vilar de Frades conheceu uma intervenção de fundo que implicou a sua reconstrução integral. Todavia, apesar da coerência da linguagem arquitetónica do conjunto, a investigação tem demonstrado que alguns dos componentes são já de uma fase posterior, como é o caso da abobada do corpo da igreja. De facto, apesar de este elemento manter uma coerência artística com os manuelinos, nomeadamente com a capela-mor e o transepto, a abobada do corpo da igreja encontra-se documentalmente datada como tendo sido construída no século XVII (Vinhas, 1998).

De igual modo, a atribuição ao estilo manuelino da abobada do corpo da igreja tem originado dificuldades ao nível da interpretação do conjunto, que se estendem aos restantes elementos do corpo, assim como à questão da planimetria e esquema pensados para o corpo da igreja no século XVII. Na realidade, os estudos têm apontado para o facto do corpo da igreja do século XVII traduzir o esquema pensado no século XVI e, deste modo, a sua atribuição ao estilo manuelino (Dias, 1988; Ramos, 1990; Vinhas, 1998).

Deste modo, algumas interpretações realizadas têm tido como referência o caracter artístico desta abobada e, por conseguinte, condicionado a restante interpretação do corpo da igreja, por vezes, preterindo o contexto histórico-cultural da sua execução. Importa, deste modo, valorizar todas as questões relacionadas com a construção da abobada do corpo da igreja e não apenas o seu caracter artístico.

De facto, para a compreensão do processo construtivo da igreja do convento de Vilar de Frades, torna-se necessário perceber a forma como foi executada a igreja no século XVI, bem como as

alterações ocorridas no século XVII. De igual modo, importa analisar os diferentes aspetos relacionados com a história da sua construção, desde o projeto e execução da obra, até aos acabamentos e decoração.

Neste sentido, este trabalho pretende, por um lado, salientar a importância de uma abordagem metodológica centrada no estudo do edificado atual, e nas valências de uma perspetiva multidisciplinar, privilegiando o cruzamento de diferentes tipos de fontes. Por outro, destacar a importância de uma análise que valorize o contexto histórico-cultural inerente à construção da igreja, entre os séculos XVI e XVII.

Deste modo, pretende-se demonstrar as possibilidades e as valências analíticas relativas aos elementos construídos em elevação, por via da análise arqueológica (Pereira, 2016). No âmbito interpretativo, torna-se igualmente relevante uma caracterização ao nível das técnicas presentes na fase construtiva do século XVII da igreja de Vilar de Frades, bem como lançar hipóteses quanto ao conjunto de efeitos produzidos especificamente pela construção da abobada da nave, contrapondo as suas diferenças arquitetónicas com as do século XVI. Na realidade, o projeto quinhentista levanta igualmente dificuldades interpretativas.

2. ENQUADRAMENTO HISTÓRICO-GEOGRÁFICO DE VILAR DE FRADES

O Convento de Vilar de Frades encontra-se situado na margem direita do rio Cávado, no seio de um meio rural, administrativamente pertencente à freguesia de Areias de Vilar, concelho de Barcelos e distrito de Braga (Fig. 1). O complexo conventual encontra-se delimitado por uma cerca de aproximadamente nove hectares, possuindo um perfil de elevação de cotas que vão desde os 15m aos 100m de altitude. Deste modo, o local de implantação forma uma espécie de "anfiteatro" natural, desenvolvido numa zona de vale voltada ao rio. Ao longo do seu relevo proliferam as zonas de veiga, propícias à exploração agrícola, mas também densas zonas de mata. No centro da cerca destaca-se a massa edificada de longa duração, também ela dividida entre o espaço litúrgico da igreja e o espaço vivencial dos claustros agregados.

Localizado na paróquia medieval de S. Salvador, o percurso histórico de Vilar de Frades está intrincadamente ligado ao fenómeno monástico medieval do ocidente. A referência documental mais antiga data de 1059 e encontra-se no documento número 420 da *Diplomata et Chartae*. A partir desta referência entende-se, ainda que de forma críptica, a existência já de um espaço definidamente monástico no século XI (Faure, 2012).

À semelhança de outros espaços do noroeste ibérico, é apenas nos finais do século XI que o mosteiro adota a regra de S. Bento, seguindo-se o reconhecimento do seu couto por carta atribuída pelo rei D. Sancho I no ano de 1202. É neste contexto que a historiografia do processo construtivo de Vilar de Frades situa a edificação da igreja românica, com base nos muito residuais elementos cuja datação aponta para os séculos XII ou XIII. Como indicadores, têm sido apontados os portais românicos que se encontram, desde o século XIX, remontados, alterados e integrados na torre sul.

Na transição do século XIV para o XV deverá ainda ter ocorrido uma nova construção que consistiu na reformulação da Igreja, a chamada "igreja gótica", bem como a construção de um novo dormitório.

A instabilidade que veio a afetar o cenóbio no século XIV levou à sua extinção nos inícios do século XV. Primeiramente reduzido a "*abadia secular*" pelo arcebispo de Braga D. Martinho Afonso Pires em 1400, é formalmente extinto pelo seu sucessor no prelado bracarense D. Fernando da Guerra no ano de 1425.

Quase simultaneamente à extinção do mosteiro beneditino, em 1425, o conjunto edificado é cedido a um grupo de religiosos, dos quais se destacou

Fig. 1 - Localização geográfica do Convento de Vilar de Frades no norte de Portugal.

o Mestre João Vicente, físico-mor do reino e fervoroso religioso. Este viria a ser o principal responsável pela fundação, no mesmo ano de 1425, da Congregação de Cónegos Seculares de S. João Evangelista. Comummente designada por "lóios", a congregação desempenhou em Vilar de Frades, e não só, uma missão centrada na evangelização e assistência às populações até à extinção das ordens religiosas ocorrida em 1834.

Nas primeiras décadas de quinhentos tem início a fase construtiva de cariz mais monumental, cujo programa previa uma reconstrução integral da igreja, inicialmente financiada pelo arcebispo de Braga D. Diogo de Sousa (1505-1532), bem como do claustro, situado a sul da igreja, segundo o estilo manuelino (Fig. 2). Apesar de a obra ser contratualizada com João Lopes, o *Velho*, alguns autores têm vindo a atribuir a traça do edifício a João de Castilho (Ramos, 1990; Vinhas, 1998).

A construção da igreja quinhentista decorreu de forma algo atribulada pela interrupção do financiamento por parte do arcebispo D. Diogo de Sousa, sendo apenas concluídos segundo a traça inicial a capela-mor e o transepto, bem como o portal. A construção de um corpo pouco adequado à envergadura da estrutura manuelina, levou à necessidade de no século XVII se proceder à reformulação do corpo da igreja (Fig.2). (Vinhas, 1998).

A partir do século XVIII assiste-se a um maior investimento na área doméstica, desde logo pela construção de um novo claustro, a sudoeste da igreja, denominado por "terreiro dos cabedais". Já na transição para o século XIX, tem início uma reconstrução integral do claustro manuelino do século XVI, situado a sul (Fig. 2).

A empreitada neoclássica estendeu-se ainda à fachada da igreja onde foi executada uma renovação revivalista de pendor neorromânico e neogótico. Tanto as obras do claustro como as da fachada foram apenas parcialmente concluídas devido à extinção das ordens religiosas masculinas em Portugal, em 1834, e o consequente abandono deste espaço. O claustro ficou-se pela conclusão

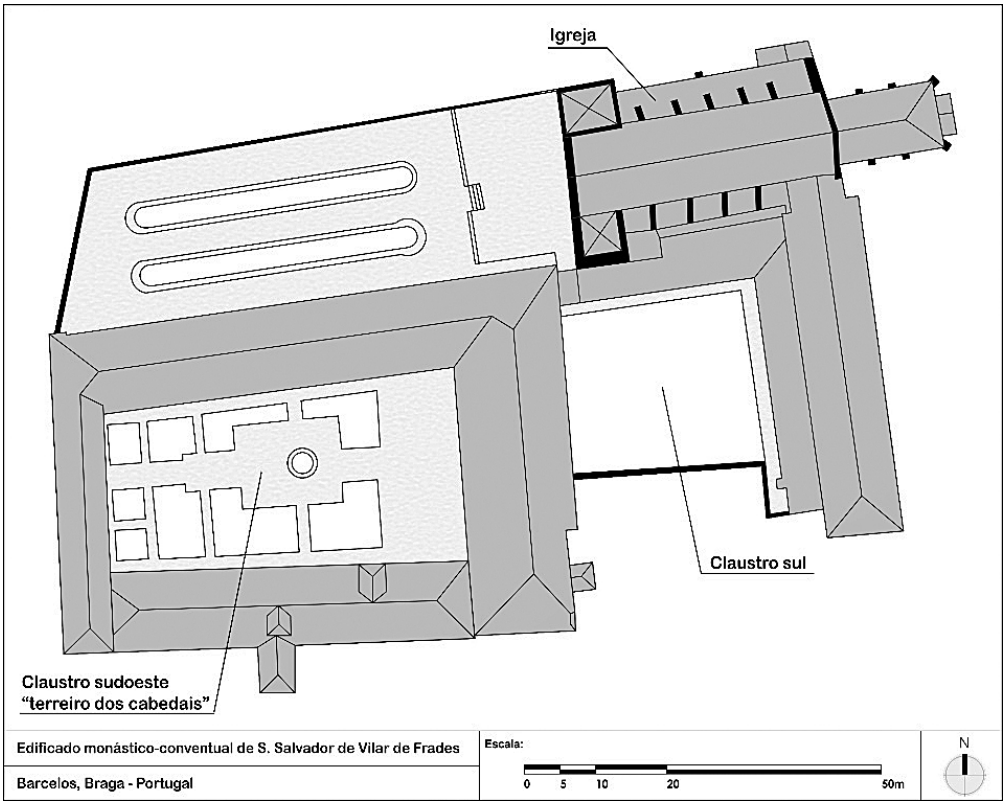


Fig. 2 – Planta do convento de Vilar de Frades.

de apenas 2 alas (norte e nascente) e na fachada a torre sul ficou apenas parcialmente erigida.

No decurso da expropriação de 1834, e apesar de a igreja ter mantido sempre as suas funções afetas ao culto, o governo português procedeu à privatização de um dos claustros e da totalidade da cerca, convertidos em propriedade privada após venda em hasta pública. Em 1910, na senda das classificações do património considerado mais emblemático para a nação, é classificada a igreja e o chafariz do Terreio dos Cabedais como monumento nacional.

Atualmente, o convento de Vilar de Frades congrega as funções de culto, praticado na igreja, agora paroquial, e de fruição cultural, sob a tutela da Direção Regional de Cultura do Norte.

3. FONTES E METODOLOGIA DE ABORDAGEM

O estudo arqueológico e histórico do conjunto arquitetónico de Vilar de Frades constitui uma tarefa complexa devido às múltiplas alterações que este complexo conheceu entre a Idade Média e a atualidade. Assim, do ponto de vista metodológico é necessária uma abordagem multidisciplinar que congregue diferentes pressupostos teóricos provenientes de distintas áreas do conhecimento,

nomeadamente da Arqueologia da Arquitetura e da História da Construção.

Partindo dos referidos pressupostos, a metodologia seguida perspetiva o edificado como um horizonte de ações humanas materializadas e estratificadas em diferentes contextos, cuja interpretação beneficia do cruzamento de diferentes tipos de fontes, tais como o edificado, as fontes escritas e as fontes gráficas.

Neste sentido, o estudo encetado neste trabalho sobre às técnicas construtivas da igreja de Vilar de Frades, nomeadamente da abóbada da nave central, visou convergir os pressupostos teórico-metodológicos para a referida análise, tendo em conta a diversidade de soluções e técnicas adotadas nos diferentes contextos histórico culturais presentes no edificado preservado.

Ainda que no presente estudo tenhamos sempre abordado o edificado como a fonte privilegiada, não podemos deixar de mencionar também a importância das fontes escritas, nomeadamente as crónicas do Frei Jorge de S. Paulo (1658)[2] e a obra do Padre Francisco de Santa Maria (1713) pela relevância documental que apresentam, enquanto cronistas, ao relatarem e recuperarem algumas das características arquitetónicas do convento de Vilar de Frades, nomeadamente pertencentes aos seus períodos mais antigos.

De igual modo, também a informação produzida durante o século XX, pela Direção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais, designadamente os levantamentos gráficos obtidos aquando das diversas intervenções, que procuraram conservar e restaurar o edificado, permitem proceder à análise da planimetria e dos paramentos existentes neste século, mas também possibilitam interpretar algumas das características pertencentes às fases anteriores de ocupação. Para o estudo da igreja de Vilar de Frades destaca-se a planta e o corte transversal do corpo da referida igreja.

[2] *ADB. Epílogo e compendio da origem da Congregação de Sam Joam Evangelista & do nacimento, vida, & morte dos seus tres fundadores. Ms. 924.*

Neste sentido, procuraremos através da análise do edificado conservado atualmente proceder a uma análise regressiva, de modo a interpretar as alterações ocorridas entre os séculos XVII e XVI, nomeadamente os efeitos provocados pela construção da abóbada seiscentista do corpo da igreja. Em última análise, objetiva-se proceder a uma análise comparativa da organização planimétrica do corpo da igreja, tendo em conta os diferentes elementos que o compõem, a época cronológica em que foram executados bem como os construtores envolvidos na sua edificação.

4. A EVOLUÇÃO CONSTRUTIVA DO CORPO DA IGREJA DE VILAR DE FRADES ENTRE OS SÉCULOS XVI E XVII

O processo construtivo da igreja de Vilar de Frades permanece envolto em interpretações pouco exploradas, muito embora todas elas sejam unânimes quanto à existência de duas fases distintas, aliás como se encontram documentalmente comprovadas. Todavia, relativamente ao corpo da igreja existem várias hipóteses, ainda que apresentem aspetos em comum, divergindo noutros, não se verificando a mesma unanimidade quanto à execução levada a cabo no século XVI.

Neste sentido, torna-se necessária uma análise mais detalha e cronológica, no sentido de procurar uma interpretação acerca da construção do corpo da igreja, tendo em conta os diferentes tipos de fontes, bem como os elementos construídos em elevação e as técnicas presentes na fase construtiva do século XVII. Procuraremos, neste sentido, avançar com algumas explicações acerca dos efeitos produzidos especificamente pela construção da abobada da nave, contrapondo as suas diferenças arquitetónicas com as do século XVI.

Com efeito, nas primeiras décadas do século XVI, é estabelecido um contrato com o mestre pedreiro João Lopes de Guimarães, o *Velho*, no sentido de dar início à construção da igreja, possivelmente entre os anos de 1509 e 1511 (Vinhas,

1998). Importa referir que, nas mencionadas datas, D. Diogo de Sousa levava a cabo um projeto de modernização da cidade de Braga, que incluiu a construção de novos edifícios e infraestruturas, mas também a renovação de outros, nomeadamente da Sé e dos Paços arquiepiscopais (Ribeiro, 2008). Ao que tudo indica, D. Diogo de Sousa terá atraído para a cidade múltiplos artistas, estrangeiros e portugueses, entre os quais se destacam o biscainho João de Castilho, o Mestre Machim, provavelmente flamengo, ou ainda o imaginário Mestre Jacques, de eventual origem franca (Maurício, 2000; Freitas, 1961).

Entre as ações potencializadas por D. Diogo de Sousa destacam-se as obras na capela-mor e na galilé da Sé, dirigidas por João de Castilho. As obras na capela-mor terão sido realizadas entre 1505 e 1509/11, data em que este aparece referido como "mestre da capela da Sé de Braga" (Maurício 2000; Freitas 1961). Ao que tudo indica, o Arcebispo D. Diogo de Sousa terá contratado este mestre biscainho para a reedificação daquelas partes da Sé, nas quais terão sido aplicadas técnicas e estilos inovadores, nomeadamente a abóbada nervurada de combados. De facto, a presença de mestres biscainhos na cidade, bem como na diocese de Braga encontra-se bem documentada, pelo menos desde 1496 (Ribeiro e Melo, 2013). No entanto, será no governo de D. Diogo de Sousa, que a atividade construtiva conhecer*á* um grande incremento.

Tendo em consideração que o mestre biscainho João de Castilho se encontrava ao serviço do referido arcebispo neste período cronológico, bem como a reputação deste mestre, designadamente para a consolidação da arquitetura manuelina no norte de Portugal (Dias, 1988), alguns autores têm sugerido que o projeto da igreja de Vilar de Frades se ficou a dever a uma encomenda de D. Diogo de Sousa a João de Castilho.

De qualquer modo, as obras na igreja de Vilar de Frades terão começado pela capela-mor, cujo financiamento se ficou a dever inteiramente ao referido arcebispo de Braga, e naturalmente terão prosseguido para o transepto e capelas colaterais, estas financiadas por duas sobrinhas do mesmo arcebispo. Todavia, aquando da finalização do transepto, um conflito de heráldica (Vinhas, 1998) terá levado ao afastamento do arcebispo das obras da igreja e ao cessamento do seu financiamento, tendo, no entanto, os loios assegurado a construção do coro e do portal em correspondência com a obra da capela e transepto. A interrupção do financiamento teve impacto sobretudo na construção do corpo da igreja, cujo resultado determinou uma estrutura com uma gramática arquitetónica diferente do cunho manuelino dos mestres biscainhos e que seria alvo de intervenção no século seguinte. Sobre o corpo da igreja quinhentista, o carácter residual das fontes evidencia que, para além de não ter sido seguido o projeto iniciado na capela-mor e transepto, a estrutura terá resultado num corpo com paredes delgadas que não poderia sustentar mais do que um forro em madeira (Ramos, 1990).

Apesar das fontes permitirem uma interpretação muito superficial do corpo quinhentista, alguns autores têm avançado com várias hipóteses explicativas. Assim, e quanto à planta manuelina, alguns autores têm associado Vilar de Frades ao esquema de igrejas como a de Santa Cruz de Coimbra e a de S. Francisco de Évora (Dias, 1988). Esta analogia é partilhada por Teresa Ramos, muito embora esta considere que possa constituir um modelo mais evoluído maneirista. Mais recentemente, tem sido sugerido que a construção executada no século XVI, em termos planimétricos, não terá sido alvo de grandes modificações face ao projeto manuelino (Vinhas, 1998), pelo que se pressupõe a existência de um espaço organizado numa nave ampla e única, flanqueada por cinco capelas intercomunicantes "… a fazer lembrar o esquema europeizado de "igreja-salão". Deste corpo, que deveria estar concluído antes de 1532,

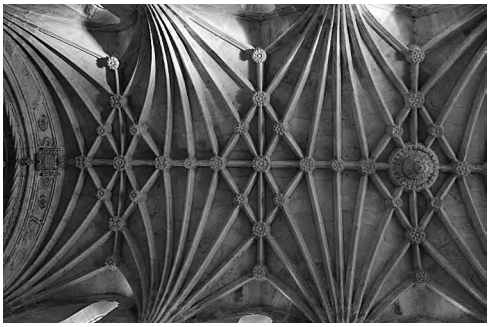


Fig. 3 – Pormenor da abóbada de nervuras seiscentista do corpo da igreja de Vilar de Frades.

apenas resta a parede norte, de cariz irregular e com cinco frestas (quatro das quais entaipadas) (Vinhas, 1998) (Fig. 10).

Relativamente, às obras executadas no século XVII e tendo em conta a crónica dos padres loios, de 1658, o motivo desta intervenção está relacionado com os acontecimentos ocorridos em 20 de janeiro de 1616, quando uma intempérie provocou bastantes danos no corpo da igreja, tornando necessária a sua reedificação (Vinhas, 1998). Esta veio a ocorrer entre 1623 e 1641, tendo contemplado, nomeadamente a construção de uma grande abóbada que cobriu todo o corpo da igreja (Fig. 3). Foram adicionados igualmente contrafortes (Fig. 10), pelo menos na parede exterior norte do corpo, de modo a reforçar a estrutura e torna-la apta a receber e sustentar o peso da abóbada, que começou a ser construída pela parte do coro até entroncar no arco do cruzeiro do transepto do século XVI, ao mesmo nível das abóbadas do transepto e capela-mor. O corpo seiscentista passou a constituir um espaço exíguo, formado por uma nave de grande volume encimada por uma abóbada ininterrupta de nervuras prismáticas, direcionadas para seis mísulas interiores e respetivos contrafortes exteriores. Em ambos os lados, passaram também a existir capelas laterais, pouco profundas, igualmente cobertas por abóbadas nervuradas, ainda que com um pé-direito substancialmente mais reduzido do que a nave (Vinhas, 1998) (Figs. 8, 9 e 10).

Até ao momento permanecem por identificar os executantes e a traça desta obra de seiscentos.

5. A ABÓBADA SEISCENTISTA E A (RE) INTERPRETAÇÃO CONSTRUTIVA DO CORPO DA IGREJA DE VILAR DE FRADES NO SÉCULO XVII

A partir dos dados existentes nas crónicas, bem como no edificado atual, alguns autores têm-se debruçado sobre a interpretação arquitetónica do corpo da igreja seiscentista, nomeadamente na sua articulação com o corpo quinhentista preexistente. Neste sentido, alguns autores são unanimes em considerar que, apesar das devidas diferenças, a construção de uma abóbada nervurada (Fig. 3) visou concretizar o projeto do século XVI, considerando assim que o esquema da construção em seiscentos era semelhante ao projeto manuelino (Dias, 1988; Ramos, 1990). Teresa Ramos sustenta esta interpretação no facto de considerar ser impossível terminar as capelas do transepto sem as primeiras capelas laterais da nave estarem construídas (Ramos, 1990). Esta argumentação faz supor a existência de capelas laterais já no século XVI, constatação até ao momento impossível de comprovar.

De facto, as dificuldades de interpretação do esquema da igreja seiscentista levou, por sua vez, Vinhas (1998) a avançar com uma interpretação baseada na coexistência de várias ideias, tais como, tratar-se de uma materialização do projeto do século XVI; de um projeto que contemplou uma gramática renascentista (nos arcos das capelas laterais) associada à estrutura da cobertura e das janelas, e ainda na existência de uma correspondência apenas nas dimensões e formas do corpo aos espaços manuelinos (Vinhas, 1998).

Este autor elabora igualmente uma análise estrutural ao corpo da igreja, considerando que o

Figs. 4 e 5 - Perspetiva das abóbadas do cruzeiro e do corpo onde é visível o perfil mais rebaixado da abóbada do cruzeiro em comparação com a abóbada do corpo, bem como o prolongamento das mísulas ao longo da parede do corpo da igreja (esquerda). Pormenor das mísulas do coro alto suprimidas para a colocação de um cadeiral (direita).

muro exterior, a norte, é um reaproveitamento da construção quinhentista, mas as paredes da nave e as capelas laterais possuem uma complexidade estilística que relaciona elementos renascentistas com iconografia medieval (Vinhas, 1998) (Fig. 10).

Todavia, Teresa Ramos (1990) refere que o esquema do corpo de Vilar de Frades parece ser mais evoluído e mais próximo das igrejas como a do Espírito Santo de Évora e que traduz um modelo muito utilizado nas igrejas jesuítas maneiristas.

Tendo em conta o exposto, parece evidente que o elemento mais caracterizador da renovação de seiscentos é a adição de uma grande abóbada, associada ao estilo manuelino, ao corpo da igreja (Fig. 3). Trata-se efetivamente de um elemento complexo, com um elaborado sistema de nervuras prismáticas, formando uma densa rede de arcos que cobre a totalidade do corpo da igreja. Esta abóbada tem sido associada ao estilo manuelino, nomeadamente devido à sua coerência artística com a capela-mor e o transepto.

Efetivamente, a abóbada construída em seiscentos constitui o elemento central desta reconstrução, parecendo-nos, no entanto, que a sua implantação fará parte de todo um conjunto de alterações estruturais que parecem filiar-se mais um esquema maneirista do que propriamente na conclusão do esquema manuelino.

Em primeiro lugar, se tivermos em consideração as abóbadas da capela-mor, do transepto e da nave, é notável a existência de diferenças ao nível da execução decorrentes dos diferentes momentos em que são executadas. Ainda que à partida se incluam na categoria das abóbadas de nervuras, é plenamente aceite que as da capela-mor e do transepto possuam uma datação do século XVI e a da nave central do século XVII.

Do ponto de vista formal, podemos verificar que as abóbadas do século XVI, para além de uma execução mais cuidada, apresentam um perfil mais rebaixado e uma forma de sustentação que tira bastante mais partido do apoio proporcionado pelo cruzamento das nervuras e pelo prolongamento das mísulas ao longo da face interior das paredes (Fig. 4).

No caso da abóbada da nave central, podemos verificar que possui uma execução bastante mais robusta que resulta num conjunto bastante mais denso e, possivelmente, substancialmente mais pesado do que as abóbadas quinhentistas. Todavia, apesar do funcionamento estrutural se assemelhar aos das abóbadas quinhentistas no quesito da existência de um cruzamento de várias nervuras dirigidas para um número mais reduzido de mísulas, podemos verificar um conjunto de diferenças substanciais, algumas delas já

Figs. 6 e 7 - Pormenor da decoração de estilo manuelino no capitel do arco de uma das capelas laterais do corpo da igreja (esquerda). Pormenor de uma mísula de uma das capelas laterais aparentemente sobreposta pela parede lateral da capela (direita).

Fig. 8 - Perspetiva das capelas laterais do lado do evangelho do corpo da igreja.

identificadas e que as afastam, por exemplo, do tipo de sistema empreendido por João de Castilho (Genin, 2014).

Aparte a linguagem artística utilizada na execução da abóbada da nave, é relevante referir que esta se diferencia das restantes, desde logo ao nível do perfil. Contrariamente ao perfil abatido das abóbadas quinhentistas, a abóbada seiscentista possui um perfil em arco de volta perfeita, que nos remete para um espaço e volumetria semelhante à das igrejas de nave única com abóbadas de berço (Fig. 9).

Outro aspeto diz respeito à forma como a abóbada se apoia nos paramentos laterais. A forma prolongada das mísulas da nave mostra um arranque das nervuras da abóbada bastante mais curto do que o das abóbadas do século XVI, sendo esta diferença mais evidente através da comparação entre o transepto e a nave (Fig. 4). Como podemos observar no espaço do coro, as mísulas apresentam-se cortadas sendo que a força da abóbada é diretamente transmitida para a parede (Fig. 5).

A abóbada da nave, pela robustez da sua compleição e dimensão, terá ainda levado à necessidade de uma estrutura de suporte capaz de sustentar a estrutura de cobertura. Para além da já referida adição dos contrafortes (Vinhas, 1998), a estrutura deverá ainda ter exigido a alterações ao nível das paredes laterais, que poderão ter consistido no seu reforço. De igual, modo, torna-se possível levantar a hipótese da existência de uma nave lateral quinhentista, que teria sido dividida em capelas laterais, abertas para a nave central, de modo a que as suas paredes divisórias, estabelecessem uma ligação com os contrafortes do muro da nave e o muro exterior da igreja (Fig. 9).

Por outro lado, a facto de algumas das mísulas das abóbadas das capelas laterais indiciarem uma posição estratigráfica anterior, ou seja, estar parcialmente sobrepostas pela parede divisória, levam-nos a supor que a divisão tenha ocorrido posteriormente, ou seja, no século XVII (Figs. 6 e 7). A presença do reboco (Fig. 8) leva-nos a pensar na construção de uma parede em alvenaria que se diferenciaria do aparelho regular da capela-mor e do transepto[3].

Relativamente ao esquema do corpo da igreja de seiscentos, e recuperando a perceção avançada por Teresa Ramos (1990), parece efetivamente que o esquema resultante da empreitada seiscentista encaixa na designação de um esquema próximo das igrejas maneiristas. Se nos abstrairmos das especificidades da abóbada da nave, o espaço in-

[3] *Importa, destacar, que, por norma, a cantaria de aparelho regular medieval não se encontra rebocada em edifícios emblemáticos, podendo, no entanto, por vezes, encontrar-se pintada, ou conhecer outro tipo de revestimento.*

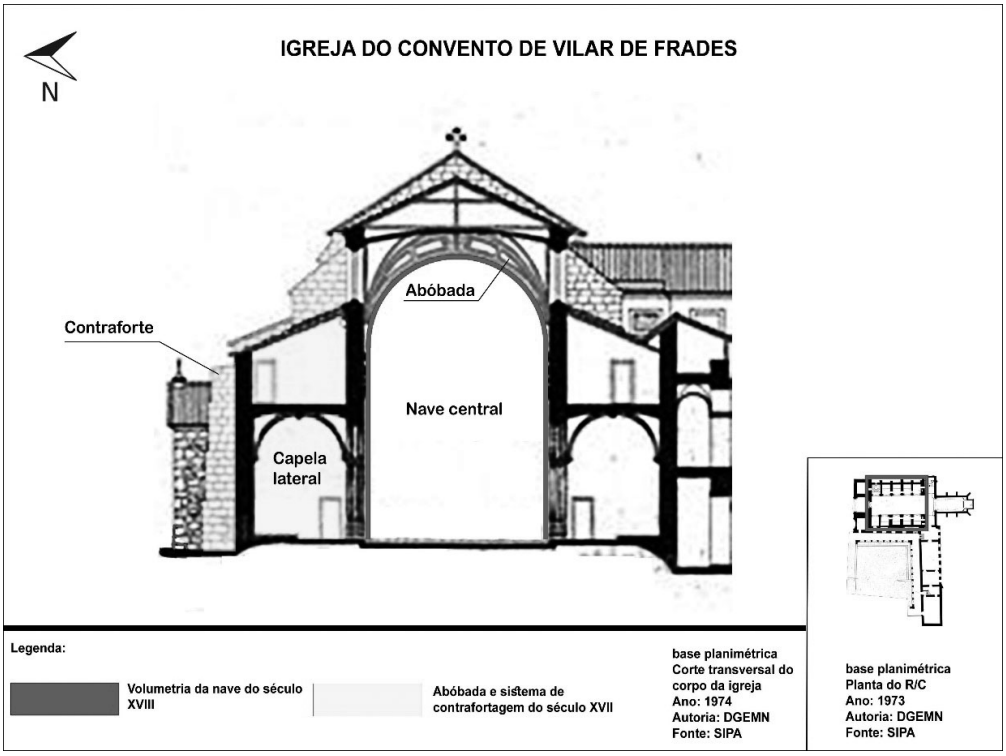


Fig. 9 - Corte transversal da igreja do convento de Vilar de Frades.

terior é constituído por uma capela-mor bastante ampla e retangular, seguindo-se um transepto relativamente curto e uma nave única, ao mesmo nível do transepto e da capela, ladeada por capelas intercomunicantes (Fig. 10). É o mesmo modelo que podemos verificar em igrejas de construção coeva, como por exemplo a do mosteiro de S. Martinho de Tibães (Braga), datada entre 1628 e 1661.

Deste modo, e partindo da análise da reestruturação do corpo da nave efetuada no século XVII, alguns autores tem levantado hipóteses quanto à estrutura existente no século XVI. Tal como já referido, o corpo da igreja quinhentista deveria consistir numa estrutura frágil com cobertura em madeira, cujas dimensões não seriam muito diferentes das atuais, o que pressupõe a existência de um espaço organizado numa nave ampla e única, flanqueada por cinco capelas intercomunicantes "*… a fazer lembrar o esquema europeizado de "igreja-salão"*", como afirma Vinhas (1998: 98). Este mesmo autor avança com a hipótese de que o corpo manuelino deveria estar concluído em 1532, apenas dele restando o muro setentrional, de cariz irregular e com cinco frestas (quatro das quais entaipadas) aproveitado na construção de seiscentos (Vinhas, 1998) (Fig. 10). De igual modo, propõe quanto à organização espacial e volumetria do espaço, que a nave única poderia ser mais estreita do que a atual, comportando capelas laterais

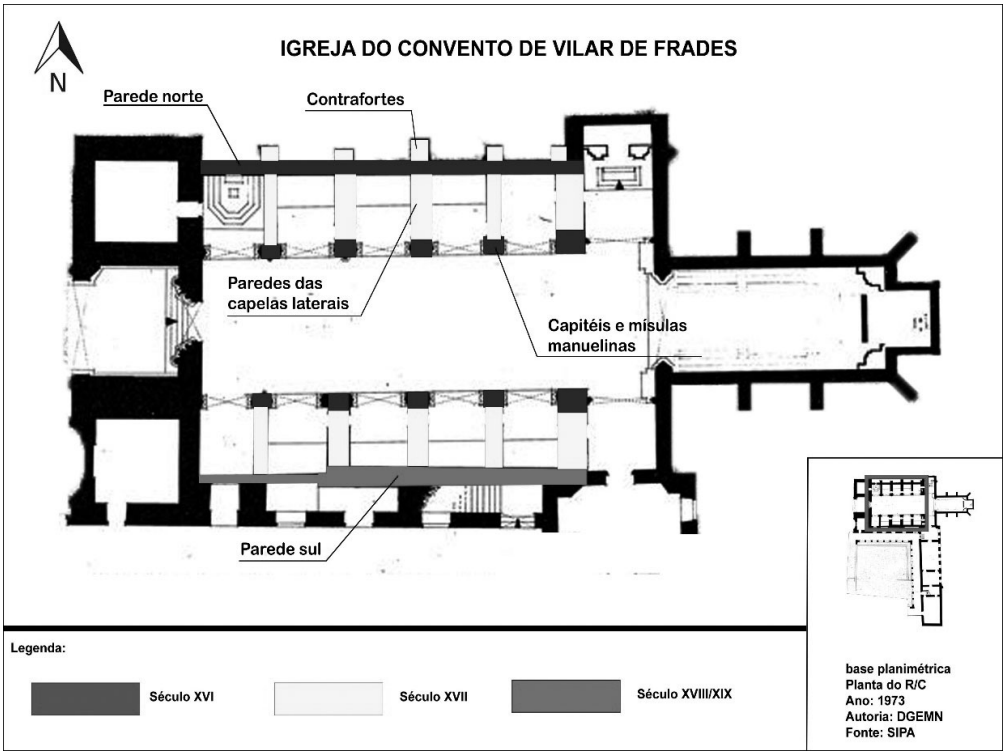


Fig. 10 - Planta interpretada do corpo da igreja do convento de Vilar de Frades.

mais profundas, que facilitariam assim a função das paredes pouco possantes, na sustentação da cobertura, constituída por um forro em madeira e telhado de duas águas (Vinhas, 1998).

Saliente-se ainda que segundo alguns autores, no esquema de capelas laterais nas igrejas manuelinas do centro e sul, tais com S. Francisco de Évora e Santa Cruz de Coimbra, o sistema de contrafortes das abobadas era providenciado pela construção de capelas laterais, de eixo perpendicular à abobada principal, esquema ao qual Vilar de Frades tem sido associado (Dias, 1988) (Figs. 9 e 10).

No entanto, e tal como já referido, o corpo da igreja de Vilar de Frades não correspondia à "fábrica" da capela-mor e cruzeiro, possuindo paredes delgadas que não poderiam sustentar mais do que um forro de madeira (Vinhas, 1998). Neste sentido, a existência de capelas laterais como forma de sustentação não se justificaria, assim como a tipologia de igreja de uma só nave não era muito comum nas construções manuelinas do norte de Portugal (Pereira, 1995).

Na realidade, se tivermos em consideração a intervenção dos artistas biscainhos no norte de Portugal, nomeadamente na arquitetura religiosa, verifica-se que o tradicional modelo de três naves se continuará a manter. De igual modo, no âmbito das principais inovações introduzidas pelos mestres *biscainhos* destaca-se o novo sistemas de

abobadamentos, de nervuras e combados, ou seja, da construção de abóbadas dotadas de um anel central circular que permite um maior achatamento da cobertura (Pereira, 1995). Por outro lado, a maior parte dos *biscainhos* que vieram para o norte de Portugal aparece associada a estaleiros concretos, tais como a Igreja Matriz de Caminha e a de Vila do Conde, de três naves (Dias, 1986).

Deste modo, tendo em consideração a tipologia da arquitetura tardo gótica do norte de Portugal e as evidências arquitetónicas presentes na nave da igreja de Vilar de Frades atribuíveis ao século XVI, é possível admitir a possibilidade de estarmos perante uma igreja quinhentista de três naves, transepto e capela-mor, cujas dimensões do corpo correspondem às atuais (Fig. 10).

6. CONCLUSÃO

A complexidade construtiva da igreja de Vilar de Frades, nomeadamente do corpo seiscentista tem levado à formulação de várias possibilidades acerca do seu processo construtivo, maioritariamente formuladas do ponto de vista da arquitetura e da história da arte, na generalidade centradas no estilo manuelino.

O carácter residual das fontes documentais e a abordagem pouco pormenorizada das diferentes hipóteses explicativas suscitou a necessidade de um exame mais exaustivo, baseado no contexto histórico-cultural em que ocorreram as respetivas modificações, bem como nos diferentes tipos de fontes disponíveis, com destaque para o edificado atual.

Deste modo, foi possível proceder a uma análise acerca das técnicas construtivas empregues na construção da nave da igreja do século XVI, bem como relativamente à intervenção operada no século XVII. De facto, partindo da análise da abóbada seiscentista, elemento que considerámos fundamental na nossa análise, foi possível por um lado compreender melhor a planimetria e volumetria do corpo atual, e por outro desenvolver uma nova hipótese de estudo para a compreensão do corpo da igreja do seculo XVI. Na realidade, apesar da construção desta abóbada datar do século XVII, apresentando algumas particularidades, designadamente pela forma original como engloba o sistema nervurado, correntemente utilizado na arquitetura gótica e manuelina, funciona em termos volumétricos como uma abóbada de berço, adequando-se, deste modo, mais ao esquema de igrejas maneiristas, do século XVII.

Por fim, referir que se trata de uma abordagem preliminar que carece de maior desenvolvimento, nomeadamente com análises mais detalhadas ao nível da estratificação arqueológica de todo o complexo conventual de Vilar de Frades. De igual modo, parece evidente que somente um estudo diacrónico e totalitário, que contemple todos os edifícios e espaços que formam o complexo arquitetónicos, permitirá uma interpretação rigorosa do processo construtivo do convento de Vilar de Frades desde a Idade Média até à atualidade, projeto que se encontra em curso.

7. FONTES

ADB. Epílogo e compendio da origem da Congregação de Sam Joam Evangelista & do nacimento, vida, & morte dos seus tres fundadores. Ms. 924.
Arquivo Nacional da Torre do Tombo (ANTT). Núcleo Antigo. Despesas das obras do Mosteiro de Belém. livros 811 a 814.

8. BIBLIOGRAFIA

Dias, Pedro. 1986. "O Manuelino" *In História da Arte em Portugal*. vol. 5. Lisboa: Publicações Alfa.
Dias, Pedro. 1988. *A Arquitectura Manuelina*. Porto: Livraria Civilização Editora.
Faure, Francisco Guilherme Cunha Líbano Monteiro .2012. *Casa de Deus e de Homens. Uma*

leitura arqueológica do convento de S. Salvador de Vilar de Frades. Porto: Universidade Fernando Pessoa. URL: http://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/3584/3/DM_15898.pdf

Freitas, Eugénio de Andrea da Cunha e. 1961. "João de Castilho e a sua obra no Além Douro". In *Colóquio Revista de artes e Letras*. 15: 6-9.

Genin, Soraya Monteiro. 2014. *Voûtes à Nervures Manuélines. Le Caractère Innovant de João de Castilho*. dissertação de doutoramento. Bélgica: Katholieke Universiteit Leuven. URL: https://lirias.kuleuven.be/bitstream/.../3/PHD_SorayaGenin_Vol1.pdf

Maria, Francisco de Santa. 1697. *O Ceo Aberto na Terra*. Lisboa: Na Officina de Manoel Lopes Ferreyra.

Maurício, Rui. 2000. *O Mecenato de D. Diogo de Sousa Arcebispo de Braga (1505-1532): Urbanismo e arquitectura*. 2 vols. Leiria: Edições Magno, Leiria.

Pereira, António. 2016. "A capela-mor quinhentista de Vilar de Frades (Barcelos, Portugal): Reavaliação do seu processo construtivo." III Jornadas Internacionales Evolución de los Espacios Urbanos y sus Territorios en el Noroeste de la Península Ibérica, Astorga, Espanha, 21 e 22 de abril de 2016.

Pereira, Paulo (dir.). 1995. *História da Arte Portuguesa*. 3 vols. Lisboa: Círculo de Leitores.

Ramos, Maria Teresa Calheiros Figueiredo de Oliveira. 1990. "A igreja manuelina de Vilar de Frades: do arquitecto, dos cronistas e do monumento" *Revista de Ciências Históricas*. Vol. V. Universidade Portucalense: 91-121.

Ribeiro, Maria do Carmo. 2008. *Braga entre a época romana e a Idade Moderna. Uma metodologia de análise para a leitura da evolução da paisagem urbana*. Vol. 1. Dissertação de doutoramento. Braga: Instituto de Ciências Sociais da Universidade do Minho. URL: http://hdl.handle.net/1822/8113.

Ribeiro, Maria do Carmo e Melo, Arnaldo Sousa. 2013. "A mobilidade dos artistas Biscainhos nas construções medievais portuguesas. Estudo preliminar". In *I Congresso Histórico Internacional. As Cidades na História: População*, 2012, Vol. 2, Guimarães: Câmara Municipal.

Vinhas, Joaquim Alves.1998. *A Igreja e o Convento de Vilar de Frades: das origens da Congregação dos Cónegos Seculares de São João Evangelista (Lóios) à extinção do convento, 1425-1834*. Barcelos: Junta de Freguesia de Areias de Vilar.

Arquitectura, Materiales y Mercados en Andalucía (S.XIX)

Palomares Alarcón, Sheila[(1)*]
[(1)]*sheipalomares@gmail.com*
**Universidade de Jaém*

RESUMO

En Andalucía, así como en el resto de España, durante el último tercio del siglo XVIII y los primeros 40 años del siglo XIX se difunde el neoclasicismo académico promovido por una nueva burguesía que lo asume como estilo propio. Se trataría de la primera encarnación artística de la Ilustración y utilizaría como materiales predominantes el ladrillo, la piedra o la madera. Así se construirán los primeros mercados de abastos de este siglo hasta que poco a poco, entre los años 40-60, se fuera introduciendo el hierro como material predominante -aunque lejos del desarrollo industrial europeo debido entre otras cosas, a la fuerte dependencia que tenía España con el extranjero para abastecerse de este material-. Con esta comunicación se pretende dar a conocer parte de una profunda investigación sobre la evolución de los sistemas constructivos de los mercados de abastos en Andalucía durante el siglo XIX. Se ha realizado un importante trabajo de campo y se han estudiado las fuentes orales y escritas -si bien es cierto que muy escasas en la provincia de Jaén, lugar donde se realizó este trabajo originalmente, lo que implicó que esta investigación fuera inédita-.

Palavras-chave: mercados; Andalucía; construcción; s.XIX

INTRODUCCIÓN

El siglo XIX español fue un periodo turbulento marcado por cambios políticos y conflictos entre absolutistas y liberales que se manifestaron en sucesivas guerras carlistas desde la Guerra de la Independencia Española. Durante este tiempo, la difícil estabilidad o la falta de capital hicieron que las consecuencias de la revolución industrial no tuvieran la misma intensidad como lo hicieran en otros países europeos. Aún así, los movimientos migratorios hacia la ciudad para trabajar en "las fábricas" hicieron que aumentara considerablemente la población en ciertos lugares y que por tanto, políticos y profesionales estudiaran la planificación y expansión urbana ya que las ciudades empezarán a crecer fueras de las murallas. Se impulsaron reformas para mejorar la salubridad y salud públicas, (que ya se habían iniciado durante el reinado de Carlos III) se empedraron calles, se instaló el alumbrado público y se organizaron los nuevos barrios extramuros con una gran polémica porque a veces se demolió parte de ésta y se comenzó a especular con el suelo del interior del recinto amurallado.

Desde la primera desamortización en 1798 con la que se enajenaron los bienes de la compañía de Jesús y tras las sucesivas, especialmente con la

"Desamortización de Mendizábal" en 1836, los bienes desamortizados dependiendo del estado de conservación en el que se encontraban, se les realizaron las obras necesarias para convertirlos en hospitales, cuarteles, calles, plazas y mercados.

En ese momento la obsesión por la higiene pública hizo que se produjeran verdaderas barbaries en muchas ciudades históricas al alinear y ensanchar calles demoliendo manzanas enteras, lo que supuso la pérdida de una buena parte del patrimonio arquitectónico y urbanístico de nuestras ciudades. Era el siglo XIX, el siglo del vapor, del comercio y de la industria que expresó con el hierro y el acero "la modernidad". La "nueva ciudad" precisaba nuevos equipamientos como teatros, plazas de toros, estaciones y mercados que se construirían con hierro -aunque también se comprobaría que el aislamiento y la conservación de este material no era tan bueno como parecía- y cada vez se utilizó más hormigón armado[1] sobre todo a principios del siglo XX.

En España la escasa demanda, la falta de capitales y las malas comunicaciones hicieron que el hierro tardara en incorporarse y en utilizarse como material de construcción. El primer alto horno español entró en funcionamiento en 1792 en la provincia de Lugo aunque su uso era para fabricar objetos domésticos y durante las guerras, para armamento y municiones. Uno de los centros industriales más potentes se situó en Barcelona aunque en Andalucía, en Málaga, se disfrutó de uno de los despertares industriales más tempranos y brillantes de la península. Se exportaba aceite y vino y eran especialmente importantes la industria minera y la fabril de productos textiles y de caña de azúcar. Además, en 1826, las fábricas "La Constancia" y de "La Concepción" del empresario Heredia, instalaron procedimientos ingleses constituyéndose en 1832 los primeros altos hornos malagueños. En el mismo año, el empresario Juan Giró fundó la fundición "El Ángel" (a la vez que se instalaron las industrias siderúrgicas de "El Pedroso" en Sevilla y la de "El Vapor" en Barcelona). En 1844 los industriales Heredia y Giró produjeron el 72% de la fundición nacional y el 85,5% de Andalucía. Este predominio continuó hasta los años 60 del siglo XIX, descendiendo rápidamente hasta mínimos en 1868.

Estas fábricas malagueñas fueron de las primeras siderurgias y de las más importantes de España durante el periodo comprendido entre 1840 y 1850. A partir de los años 1850 se puede decir que España entra en la "edad de hierro" aunque aún lejos del desarrollo industrial europeo. El uso del carbón vegetal como combustible en un país de escasa forestación hizo que Asturias y Vizcaya relevaran a Andalucía por su proximidad a estos yacimientos.

Aunque, a pesar del gran esfuerzo y avance no se llegó nunca al nivel de industrialización deseado y España dependería fuertemente del extranjero hasta 1885, el hierro adquirió una importancia total convirtiéndose en el material preferido de los burgueses. Eran años románticos cargados de historicismos de corte oriental ,con tendencia a la decoración neo árabe o neo mudéjar, que tuvieron una acogida muy importante en el sur de España, favorecida por pinturas historicistas postrománticas así como por la literatura de viajeros como *Washintong Irving*. Durante los últimos años del siglo se empezó a derivar al estilo arquitectónico ecléctico y al recargamiento de la decoración en paralelo al desbancado del hierro por otros materiales.

A partir de la última década del siglo XIX la aparición de nuevos materiales como el hormigón o las nuevas tendencias estéticas en las que se rechazaba el ornamento propulsoras del movimiento moderno dieron paso a la decadencia del hierro que culminó durante la tercera década del siglo XX.

[1] *Fueron diferentes las personas que patentaron diversas soluciones de hormigón armado como William Boutland Wilkinson en 1854, François Coignet en 1855, Joseph Monier -con diferentes sistemas entre 1867 y 1886- y Ernest. L Ransome quien inventó la estructura de hormigón armado en América en paralelo a lo que estaba sucediendo en Europa. (Valenzuela, 2015)*

Fig. 1 – Mercado de abastos de Cádiz. Autor: Santiago Palomares Alarcón

LAS PRIMERAS CUATRO DÉCADAS DEL SIGLO XIX EN ANDALUCÍA. EL MERCADO DE CÁDIZ

"Lo académico u opción plástica de la Academia, había nacido en la Francia de Luis XIV con una vocación específica: elevar al clasicismo a norma oficial e indiscutible del buen gusto"[2].

En España durante el último tercio del siglo XVIII y los primeros 40 años del siglo XIX se difundió el academicismo[3] o neoclasicismo académico, promovido por una nueva burguesía que lo asume como estilo propio y que sólo con el paso de los años demandará otras maneras de construir. Este estilo sería la primera encarnación arquitectónica y artística de la Ilustración, manifestándose como una reacción al barroco.

En este contexto histórico se proyectó el mercado de abastos de Cádiz, uno de los pocos que se mantienen en activo en Andalucía de esta época y de los que han conservado tras los años y las reformas, la mayor parte de su estructura y estilo original.

El neoclasicismo llegó a Cádiz a principios del siglo XIX cuando la ciudad histórica estaba en plena reforma (los edificios barrocos estaban considerados de mal gusto) modernizando y potenciando el carácter burgués e ilustrado en el que predominaban las obras neoclásicas y la arquitectura isabelina (estilo ecléctico que mezclaba el clasicismo, el romanticismo y lo tradicional gaditano ganando ornamentación y monumentalidad sobre todo en la fachada de los edificios).

El mercado central de abastos, sito en la Plaza de la libertad, se ubica en el solar de la antigua huerta del convento de San Francisco proyectado en 1830 por Torcuato Benjumeda, arquitecto municipal en ese momento, gran defensor del neoclasicismo. Lo construyó Juan Daura en 1837 según una plaza porticada por una columnata clásica que se interrumpía únicamente por unos arcos de medio punto que marcaban los accesos, acentuados por unos cuerpos de edificios sobre elevados también de tradición académica.

Este perímetro se configuraba entorno a un vasto patio central de planta rectangular de 100 x 50 m en torno al cual se disponían 72 puestos de piedra a modo de *loggia* de orden clásico de 4 m de altura alcanzando 1.163,67 m^2 de superficie total y un presupuesto de obra de 148.579 escudos[4]. En 1929 el arquitecto Juan Talavera realizó una reforma en el mercado en la que ocultó la plaza interior impidiendo ver el momento al construir dos pabellones que serían demolidos en 2009 en el proyecto de rehabilitación y ampliación del mercado del arquitecto Carlos de Riaño Lozano.

El cuerpo de Juan Talavera, cerrado, impedía la ventilación y no tenía luz natural con la consiguiente carga calorífica al interior tanto para las personas como para los alimentos. La nueva intervención de Carlos de Riaño, que ganaría el primer premio del concurso nacional convocado por la Dirección General de Arquitectura del Mi-

[2] *Hernando, Javier. 1989. Arquitectura en España. 1770-1900. Madrid: Ediciones Cátedra, S.L., p. 353*

[3] *Según el diccionario de la lengua española el significado de académico es: "que observa con rigor las normas clásicas". Obtenido de internet el 30 de mayo de 2016 [http://dle.rae.es]*

[4] *Según el diccionario de la lengua española el significado de escudo es: "unidad monetaria antigua de diferentes países y épocas". Obtenido de internet el 30 de mayo de 2016 [http://dle.rae.es]*

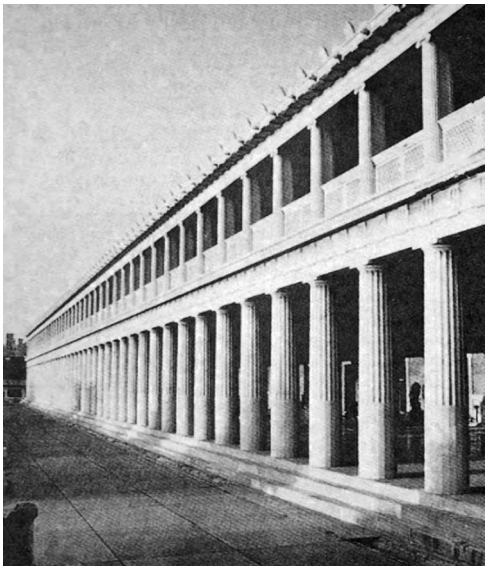


Fig. 2 – Estoa de Átalo.

nisterio de Fomento con cargo al 1% cultural[5] y cuya obra finalizó en 2010, fue seleccionada para la VIII Bienal de Arquitectura Iberoamericana y fue el Primer Premio Sánchez Estéve 2008-2011. Según el arquitecto: *"La propuesta de intervención recoge su restauración, la demolición de un volumen en el centro y su sustitución por otro que permita valorar el edificio antiguo, manejando un lenguaje arquitectónico contemporáneo. Ha supuesto una importante revitalización del centro histórico"*[6].

Tal y como se ha descrito con anterioridad, se pretendía poder contemplar el edificio original en su totalidad a la vez que el nuevo edificio, con la misma capacidad que el demolido, con una estructura abierta y permeable, cumpliera con las características del programa y permitiera a la vez percibir todo el conjunto. El edificio histórico que presenta bastantes similitudes con la *estoa*[8] de Átalo (aunque el mercado de Cádiz se dispone en una planta) fue objeto de una profunda restauración durante la rehabilitación de 2009 al recuperarse las fábricas y los elementos ocultos con la idea de hacer del mercado un espacio público: de hacerlo formar parte de la calle en sí o de prolongar la calle hasta su interior.

El nuevo cuerpo de la misma manera que la tiene el pórtico primitivo, presenta una galería cubierta formada por un amplio vuelo de hormigón que protege los puestos exteriores y que establece un diálogo entre lo contemporáneo y lo histórico con coherencia.

La disposición de los puestos, tal y como se hacía también en la antigüedad, tiene conexión tanto por el espacio público como por el interior del nuevo módulo de manera que es aún más cómoda la compra. Sobre la planta baja existen dos entreplantas que albergan un archivo, sala de reuniones y oficinas[9].

La estructura del nuevo cuerpo es de pantallas de hormigón blanco que a la vez, son cerramiento de puestos y soporte del vuelo de 3,30 m de ancho. Las pantallas se arriostran entre pilares del mismo tipo de hormigón de 60 x 30 cm y jácenas de 130 x 30 m en las que se apoya la losa de la cubierta.

El nuevo elemento en su parte superior tiene una marquesina de borde que se recubre con lamas de vidrio serigrafiado fijas a 45º montadas sobre una estructura metálica de acero inoxidable. La transparencia del vidrio dota al módulo de una gran ligereza y permite una permanente ventilación del espacio interior extremadamente

[5] *Ver http://www.r-arquitectos.com*

[6] *Idem*

[7] *Trachtenberg, Marvin., Hyman, Isabelle. 1986. Arquitectura de la prehistoria a la postmodernidad/La tradición occidental. Editorial AKAL.*

[8] *Las estoas eran uno de los componentes más importantes de las ciudades griegas. Se trataban de un pórtico abierto y cubierto que se utilizaba tanto para fines filosóficos como políticos o económicos. La estructura básica de este edificio era un muro trasero y una columnata cubierta aunque llegó a tener dos naves, dos piso, formas de U o L.*

[9] *Mercado central de Cádiz. http://www.plataformaarquitectura.cl*

Fig. 3 – Mercado de abastos de Cádiz. Autor: Javier Reina Gutiérrez. http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-328029/mercado-central-de-cadiz-rehabilitacion-y-ampliacion-carlos-de-riano-lozano

necesaria, de la misma forma, que se realizaba en los primitivos mercados de hierro.

DE LOS AÑOS 40 A LOS 80 DEL SIGLO XIX. EL MERCADO DE LA ATARAZANAS DE MÁLAGA

Los primeros mercados de abastos cubiertos se construyeron con materiales tradicionales como el ladrillo, la piedra o la madera y no fue hasta los años 60 del siglo XIX cuando se empezara a introducir el hierro como material predominante en España acentuado por el hecho de que el arquitecto apareció como figura autónoma en 1857[10]. Además, en 1858 se creó la figura del arquitecto provincial que asesoraría al gobernador para proponer mejoras en la nueva ciudad burguesa, y en 1870 una ley estipulaba que ayuntamientos tendrían un arquitecto responsable de las cuestiones del municipio.

[10] *La Escuela Especial de Arquitectura de Madrid se creó en 1844 vinculada a la Academia en 1857 se vinculó a la Universidad llamándose Escuela Superior de Arquitectura de Madrid.*

Fig. 4 – Mercado de abastos de Cádiz. Autora: Sheila Palomares Alarcón

Este nuevo contexto asociado a la nueva figura del arquitecto promovió que el academicismo no evolucionara y que la orientación estilística española se transformara a partir de 1840. Uno de los motivos que impulsaron esta nueva postura fue el hecho de que con motivo de la boda de la reina Isabel II se edificaron una serie de construcciones efímeras que representaban un movimiento romántico con inquietud hacia lo "revival", el gusto por lo árabe, lo neo-mudéjar y neo-gótico, lo que desencadenó en un eclecticismo que caracterizaría el resto del siglo.

Mientras tanto, en Europa estalla la cultura del hierro donde *Les Halles*[11] de París tuvieron un papel fundamental, decisivo, e influyente. Este mercado, proyectado por Víctor Baltard en colaboración de Félix Callet en 1845 estaba compuesto por 14 pabellones de hierro y cristal unidos por bóvedas. Se sostenían por un número mínimo de soportes de fundición con linternas elevadas para permitir un circuito de ventilación cruzada controlada, al igual que la iluminación, que se regulaban por una serie de aberturas de vidrio esmerilado.

[11] *Después de más de un siglo desde que se construyeran y a pesar de la oposición de los vecinos, se demolieron en 1972. En su lugar, desde 1979 se construyó un gran centro comercial denominado Le Forum des Halles que nada tiene que ver con lo que fueron los inspiradores mercados.*

El que la nueva tipología arquitectónica de mercados cubiertos fuera nueva, hizo que la variedad en su construcción y el ingenio se acentuara. Fueron numerosos los manuales y tratados que se realizaron -como los del arquitecto francés *Émile Barberot*- que explicaban que los mercados debían ser sencillos, estar bien ventilados, tener amplios accesos y buenas instalaciones higiénicas.

En España, los primeros mercados de hierro tenían orientación clásica y utilizaban arcos de medio punto que adaptaban a la nueva tipología combinados con otros materiales como la piedra y el ladrillo y utilizando fundamentalmente el hierro para las cubiertas y soportes de fundición. A partir de los años 80 se empezaron a introducir bastas armaduras sin tirantes, e inspirándose en *Les Halles* de París, se construyeron los desaparecidos mercados de la Cebadas (1867-1875) y de los Mostenses (1868-1875) de Madrid construidos por el arquitecto Mariano Calvo Pereira. Se hicieron numerosos en este periodo, la mayoría, desafortunadamente hoy desaparecidos aunque por fortuna en Andalucía se conserva el interesante caso del mercado de las atarazanas de Málaga.

Este mercado podríamos considerarlo como el único en activo diario que combina las dos corrientes estilísticas predominantes durante este periodo en el sur peninsular, es decir, la arquitectura de hierro y el movimiento romántico enlazados hermosamente y se puede considerar una de las arquitecturas introductoras del gusto neo-árabe en mercados.

El edificio de las atarazanas de Málaga se construyó para albergar un taller naval durante la dominación islámica. Algunos investigadores piensan que se situaría en Málaga desde 1296; aunque según L. Torres Balbás el edificio se construirá entre 1333 y 1354.[12]

El que el río Guadalmedina sufriera continuas deforestaciones a partir del siglo XVI hizo que el mar se fuera retirando y que las Atarazaras perdieran su función original. Así, se quedaron en zonas de tierra y se usarían como almacén, cuartel o arsenal hasta que después de la Desamortización de Mendizábal en 1836 se destinaran a algún fin de utilidad pública. Dado su mal estado de conservación en 1868 el edificio fue demolido aunque la Academia Provincial de Bellas Artes de Málaga logró conservar la puerta principal construida con un gran arco de herradura que se reutilizaría en el nuevo mercado construido en 1879 por el arquitecto Joaquín Rucoba, siendo uno de los primeros intentos de recuperación del patrimonio arquitectónico islámico en Andalucía.

Fig. 5 – Mercado de las Atarazanas de Málaga. Autor: Aranguren & Gallegos. http://images.adsttc.com/media/images/51d6/f1ef/e8e4/4ebb/5000/0010/large_jpg/03.jpg?1413923698

[12] *Según las enjutas de la puerta principal que se conserva, al menos ésta, es de 1354-1391.*

Son numerosos los textos que describen este mercado en la época desde que en 1873 fuera realizado el encargo por parte de la corporación municipal para así dar solución a las condiciones insalubres en las que se producía la compra-venta de mercancías al aire libre en el centro de la ciudad malagueña. Sin embargo, me gustaría destacar las palabras del arquitecto, escritor y restaurador Enrique María Repullés y Vargas (1845-1922) el 25 de agosto de 1879 en el número 16 de "Anales de la Construcción y de la Industria", revista de periodismo especializado de la época, que tras ver y estudiar el proyecto primitivo describe así:

"…El mercado se ha construido con sujeción a los últimos, ocupando una superficie de 2932,20 m2 que afecta la forma de un trapecio cuya base menos o lado que linda con la plaza de Arriola es de 46,04m, la mayor de 51,70m y la altura o lado posterior de 60m, pues el anterior donde se ha situado la fachada principal da a la calle de Atarazanas. Este trapecio está dividido en otros tres por dos líneas paralelas a sus bases, resultando los trapecios de los extremos con 23,40m de altura o latitud y 13,20, el del centro.

El edificio se compone de tres salas o naves que ocupan las superficies de los tres trapecios y están cubiertas por armaduras metálicas sin apoyos intermedios de ningún género, y cuyas formas tienen la luz de los anchos respectivos ya citados.

La armadura de la nave central está compuesta de formas mixtas, de piezas curvas, circulares en el interior y rectas en la parte superior, para sostener la cubierta a dos aguas. Esta es de cristales de Sieves de 5 milímetros de espesor y acanalados en la parte inferior, con el fin de evitar la molestia de los rayos solares.

La cubierta de las naves laterales es de teja plana barnizada, de color verde y amarillo, y para facilitar la claridad y ventilación de la parte central, cada par de armaduras está dividido en dos partes igual, de modo que la superior queda elevada 1,30m sobre la inferior.

(…)

Entrando por el vestíbulo en la sala central, se halla en frente la casilla de Inspección de la Comisión municipal. En esta sala están colocadas en el centro y en dos filas 24 carnicerías de 6,24m superficiales cada una y otras 20 más pequeñas adosadas a los lados, así como las mesas de mármol para doce puestos de mercado.

Las dos salas laterales están formadas por gruesas columnas de fundición que arrancan desde el suelo, presentando ocho y nueve tramos o intercolumnios en las fachadas laterales y cuatro en la principal y posterior de 5,65m de eje a eje de columnas, midiendo los intercolumnios de la fachada principal por el cuerpo de fábrica donde existe la portada árabe, y en la posterior por el arco de hierro de 13,20 m de luz que cierra la nave central.

Las fachadas de estas salas laterales están divididas en tres zonas sobre su altura; la primera la forma un zócalo de piedra y ladrillo al descubierto, la segunda arcos árabes de fundición, habiendo colocado tres en cada intercolumnio, y la tercera los tímpanos de estas arcadas también de fundición con ornamentación de puro estilo árabe y con calados o aberturas en la parte superior para facilitar la ventilación.

De los tres arcos de cada intercolumnio, el del cetro es de doble luz que los otros dos, y las pequeñas columnas que los separan descansan sobre el zócalo de cantería y ladrillo. Los arcos grandes están cerrados por persianas fijas de madera, y los pequeños por persianas fijas de Sieves, acanalado, con dos puertas vidrieras practicables en la parte interior, que pueden abrirse o cerrarse desde el andén colocado sobre los puestos.

La claridad que se obtiene de este modo en el interior de las salas durante el día, es suficiente, estando al mismo tiempo interceptados los rayos solares, con lo cual se ha resuelto el problema de obtener la conveniente sombra, dejando claridad bastante para el servicio. Como la luz que recibe la nave central es zenital, se han dejado diáfanas o sin persianas las arcadas que las separan de las naves laterales, para que la luz se comunique y

que los huecos unidos a las aberturas o calados de los tímpanos de las arcadas y partes abiertas a los lucernarios, establezcan las corrientes en sentidos inclinados, y contribuyan a robar del interior las emanaciones que naturalmente se desprenden en todo mercado. Dichas ventanas de los arcos pequeños, facilitan esto notablemente cerrándolas o abriéndolas en los sitios más convenientes, según el estado de la atmósfera, estación presente, hora del día, viento reinante, etc. (…)"

Rucoba armoniza la herencia patrimonial con la innovación de la arquitectura de hierro de una manera sensible, inspirada en la arquitectura árabe. El esquema compositivo, la decoración geométrica y los arcos de herradura se combinan magistralmente desde la reflexión estilística, la memoria histórica, la conservación y la restauración refundidas en este edificio.

Las obras se acabaron en 1879, se utilizaron 262.698 kg de hierro fundido y 163.115 kg de hierro dulce o forjado y costaron 756.904 pesetas.

En 2010 fue restaurado muy acertadamente por Aranguren & Gallegos Arquitectos quienes han devuelto al mercado su estructura original, restaurando la estructura de hierro y cerramientos exteriores dejando al edificio como un contenedor para los nuevos puestos y las necesidades de la actualidad.

LOS ÚLTIMOS AÑOS DEL SIGLO XIX.

Como se ha descrito con anterioridad los últimos años del siglo XIX derivaron al estilo arquitectónico ecléctico a la vez que se desbancaba el hierro por otros materiales. En 1878 al describir el Palacio del señor Anglada, Enrique María Repullés y Vargas hablaba así del eclecticismo: *"la época moderna no ha inventado ciertamente un estilo completamente nuevo de arquitectura, pero sus construcciones tienen un carácter peculiar que las distingue, acomodándose a las necesidades de la vida actual, a los nuevos materiales hoy en uso y a las ideas dominantes de la sociedad. El eclecticismo se observa en todas partes,*

Fig. 6 – Mercado de las Atarazanas de Málaga. Autora: Sheila Palomares Alarcón

y su influjo se deja sentir también en las esferas del arte. Hoy se hace arquitectura de todos los estilos, se mezclan y confunden varios, entresacando lo mejor de cada uno a juicio del artista; pero fundidos estos variados elementos en la mente de aquel y purificados en la llama del genio, renacen a nueva vida constituyendo el nuevo estilo, aún no del todo formado, pero en vías de serlo. No de otra manera han sido las diversas escuelas del arte, y solo por medio de sucesivas transformaciones se ha llegado desde las pesadas moles de los pylones egipcios a los esbeltos pilares ojivales"

Se pretendía encontrar un estilo "totalmente representativo español" que ocultara el hierro y recuperara la obra de fábrica como material predominante. A partir de los años 80 la tendencia de dejar los elementos metálicos y soportes de fundición compartía escenario con las construcciones que sólo dejaban la estructura metálica en el interior, construyendo los cerramientos con piedra o ladrillo, lo que a su vez, favorecía el aislamiento térmico sobre todo en el Mediterráneo.

Los mercados de abastos construidos en este momento y hasta bien entrado el siglo XX son de estilos variados en consonancia con las diferentes tendencias que se estaban produciendo en la arquitectura española. El uso del hierro se combinaría en la construcción de los mercados de abastos hasta que desapareció por completo[13]

[13] *Uno de los últimos mercados de hierro construido en España fue el Mercado de San Miguel de Madrid (1913-1916) proyectado por el arquitecto Alfonso Dubé y Diez en 1911. www.plazasdelmercado.com*

para sustituirlo (sobre todo a partir de los años 30 del siglo XX) por el uso del hormigón.

En definitiva, a lo largo del siglo XIX en Andalucía así como en el resto de España, el siglo comienza con la predominación del estilo arquitectónico neoclásico en los nuevos mercados y finaliza con la prevalencia del estilo ecléctico. El uso del ladrillo y la piedra será habitual en las nuevas construcciones a lo largo de todo el periodo si bien en las obras ejecutadas a principios del siglo se utilizaría la madera en la estructura portante, y a partir de la segunda mitad del siglo XIX será sustituida por el uso del hierro. Los mercados de abastos de Cádiz y Málaga representan esta evolución en los materiales y en la orientación estilística producida a lo largo del siglo XIX en Andalucía. Sendos representantes de una majestuosidad en la arquitectura en la que se pretendía destacar la importancia de la figura del mercado de abastos como edificio público a disfrute de la sociedad.

AGRADECIMIENTOS

Investigación realizada en el ámbito del PROJETO- UID/HIS/00057/2013 - POCI-01-0145-FEDER-007702

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar García, Mª Dolores. "El mercado de atarazanas". *Baética. Estudios de Arte, Geografía e Historia*. Málaga, 6, 1983.

Castañer Muñoz, Esteban. 2004. La arquitectura del hierro en España. Los mercados del siglo XIX. Madrid: Real Academia de la Ingeniería.

Camacho Martínez, Rosario. "Las atarazanas de Málaga. Proyectos de intervención en el siglo XVIII". *Espacio, Tiempo y Forma. Serie VII. Historia del arte,* 4, 1991.

Cervera Sardá, María Rosa. 2008. El hierro en la arquitectura madrileña del siglo XIX. España: Servicio de Publicaciones. Universidad de Alcalá.

Cirici Narváez, Juan Ramón. "Arquitectura decimonónica gaditana. Notas para su estudio". *GADES.* Revista del colegio universitario de filosofía y letras. Universidad de Cádiz, Cádiz, 1981, 166-167

De Fusco, Renato. 1986. Historia de la arquitectura contemporánea. Editorial Herman Blume. Madrid.

Hernando, Javier. 1989. Arquitectura en España. 1770-1900. Madrid: Ediciones Cátedra, S.L.

Jiménez Mata, J., Malo de Molina, J. 1995. Guía de Arquitectura de Cádiz. Cádiz: Consejería de Obras públicas y transportes. Dirección General de Arquitectura y Vivienda. Colegio Oficial de Arquitectos de Andalucía Occidental. Demarcación de Cádiz.

Ordierez Díez, Isabel. 1986. Joaquín Rucoba. Arquitecto (1844-1919). Santander: Ediciones Tantin.

Navascués Palacio, Pedro., Quesada Martín, Mª Jesús. 1992. El siglo XIX bajo el signo del romanticismo. España: Edita SILEX.

Palomares Alarcón, Sheila. 2013. Arquitectura industrial: Mercados de abastos en la provincial de Jaén. Y otros ejemplos andaluces. Jaén: Fundación Caja Rural de Jaén.

Palomares Alarcón, Sheila. 2015. " Joaquín Rucoba: pasado y presente en la construcción del Mercado de las Atarazanas de Málaga". Noveno Congreso Nacional y Primer Congreso Internacional Hispanoamericano de Historia de la Construcción. Segovia, del 13 al 17 de octubre de 2015.

Sobrino Simal, Julián. 1996. Arquitectura industrial en España (1830-1990). Madrid: Editorial Cátedra.

Valenzuela, A. 2015. "Las patentes de hormigón armado. Del gran negocio al gran desarrollo tecnológico. Los antecedentes del Movimiento Moderno". *Rita*, 3, 134-145

Trachtenberg, Marvin. Hyman, Isabelle. Arquitectura de la prehistoria a la postmodernidad/La tradición occidental. Editorial AKAL, 1986

Caracterização de Revestimentos de Edifícios Galardoados com o Prémio Valmor de Arquitetura (1902 a 2002)

Almeida, Luís[(1)*]; Santos Silva, António[(2)]; Mirão, José[(3)***]; Veiga, Maria do Rosário[(4)****]**

[(1)]1otich@gmail.com, [(2)]ssilva@lnec.pt, [(3)]jmirao@uevora.pt, [(4)]rveiga@lnec.pt

** Bolseiro FCT de doutoramento, Universidade de Évora, Departamento de Geociências*

***Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Departamento de Materiais*

**** Universidade de Évora, Laboratório HERCULES e Departamento de Geociências*

*****Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Departamento de Edifícios*

RESUMO

Atribuído pela primeira vez em 1902, o Prémio Valmor é um dos mais prestigiados prémios de arquitetura em Portugal, sendo a sua atribuição da responsabilidade da Câmara Municipal de Lisboa.

Da necessidade de garantir a proteção e conservação das construções que remontam ao início do séc. XX, propõe-se, numa primeira fase, a caracterização dos revestimentos constituintes de edifícios galardoados com este prémio. De facto estes revestimentos tiveram grandes modificações em termos de soluções adotadas e de composição, no último século, nomeadamente com a introdução de novos materiais, como por exemplo o cimento Portland.

Aplicando uma metodologia de caracterização envolvendo análise de registos, observação in situ, ensaios químicos, mineralógicos, microestruturais, físicos e mecânicos, os resultados obtidos permitirão colmatar uma lacuna no conhecimento dos materiais e das técnicas construtivas relacionadas com o advento da utilização do cimento Portland. Este conhecimento, importante por si só como registo histórico, é também imprescindível numa perspetiva de diagnóstico das causas e identificação dos principais agentes de degradação. O estudo dessas características permite, não só através da caracterização detalhada mas também do intervalo cronológico construtivo (ao longo do séc. XX), compreender a evolução dos processos de degradação constrangidos num determinado período e contexto construtivo, assim como prever soluções de reabilitação (e.g. compatibilização de materiais construtivos, prevenção de degradação).

Nesta comunicação apresentam-se alguns exemplos de edifícios galardoados com o Prémio Valmor, referentes a um intervalo temporal de cerca de 100 anos, referindo-se as suas principais características construtivas, as soluções de revestimentos adotadas, e os aspetos que serão objeto de estudo aprofundado, em particular a caracterização composicional dos ligantes e agregados dos revestimentos e a identificação de patologias e processos de degradação presentes.

Palavras-chave: caracterização; revestimentos; património.

1. INTRODUÇÃO

Tem sido crescente o interesse na conservação de edifícios construídos ao longo do séc. XX. Como consequência, foi-se alargando a discussão centrada nas estratégias de proteção e conservação destes edifícios, sobretudo aqueles que revelam um interesse patrimonial relevante, devido à qualidade arquitetónica reconhecida, que marca ou marcou as tendências de determinado período histórico.

A valorização do património edificado implica o conhecimento aprofundado das realidades e contextos construtivos. Assim, importa conhecer aspectos ligados ao projeto construtivo e ao emprego dos materiais, enquadrando-os nas tendências construtivas contemporâneas de cada época, como garantia de suporte a ações de reparação e conservação.

Reunindo estas premissas, os edifícios galardoados com o Prémio Valmor de Arquitectura, não só representam um marco na história da arquitetura portuguesa e, consequentemente, da construção, ao longo de mais de um século de existência, como interessam ser estudados com o maior detalhe possível numa perspetiva de prevenção e mitigação de danos que poderão comprometer a sua salvaguarda.

Considerando o intervalo de estudo de cem anos (1902 – 2002), desde a atribuição do Prémio até ao início do séc. XXI, intencionalmente estabelecido por se considerar um intervalo suficientemente amplo no que diz respeito aos potenciais casos de estudo, e porque importa abranger os vários períodos histórico-arquitetónicos até à época contemporânea, a caracterização dos revestimentos de paredes permitirá compreender a evolução dos processos de degradação constrangidos num determinado período e contexto construtivo.

Reunindo uma série de casos de estudo, pretende-se aplicar uma metodologia de caracterização que envolverá várias ações, desde a recolha de registos e elementos históricos ao longo do tempo de vida do edifício, a análise e observação *in situ* do estado de conservação e a aplicação de ensaios químicos, mineralógicos, microestruturais, físicos e mecânicos, de molde a obter um vasto número de características que se afiguram fundamentais para o conhecimento dos materiais e das técnicas de construção, porquanto se torna importante diagnosticar as causas e os principais agentes de degradação.

2. O PRÉMIO VALMOR DE ARQUITECTURA

RESENHA HISTÓRICA

Instituído por testamento do 2º Visconde de Valmor, Fausto de Queiroz Guedes, o Prémio Valmor foi, ao longo do século XX, um instrumento de afirmação da arquitetura portuguesa. Inspirado no modelo parisiense, manifestava a atenção para a prática artística de profundo significado e impacto social (Câmara Municipal de Lisboa, 2004).

Ao longo de mais de um século de existência, a sua atribuição continua a ser da responsabilidade da Câmara Municipal de Lisboa (CML), que através de um regulamento que tem sofrido sucessivas alterações, continua a privilegiar e a estimular a função social da arquitetura.

Percorrendo as várias épocas de atribuição do Prémio Valmor observa-se que o período correspondente aos primeiros vinte anos teve como prerrogativa a escolha de casas unifamiliares e ostensivas, sinónimo da opulência burguesa de então. A partir do final da década de vinte a até aos anos cinquenta, foram propostas alterações e clarificações ao regulamento que conduziram ao estímulo de uma arquitectura nacionalista no contexto do Estado Novo. Entre as décadas de cinquenta e oitenta assiste-se ao abandono progressivo das práticas da arquitetura conotadas com a autoridade do Estado, estabelecendo-se definitivamente, a partir de 1958, a possibilidade de se premiarem edifícios não habitacionais. Neste período, a intermitência verificada na atribuição do Prémio e a instituição do Prémio Municipal de Arquitetura, na década de cinquenta, provocaram alguma perda de prestígio do mesmo. No entanto, após a década de oitenta, marcada pela fusão entre o Prémio Valmor e o Prémio Municipal de Arquitetura em 1982, conduziram à sua revalorização pecuniária e, uma vez mais, à atualização do seu regulamento (Câmara Municipal de Lisboa, 2004).

Fig. 1 – a) Construção de edifício contíguo ao nº 25 da Rua da Imprensa à Estrela - Prémio Valmor em 1949 (fonte: Processo de Obra nº 52613 – Arquivo Municipal de Lisboa). b) O mesmo edifício em época actual.

OS EDIFÍCOS PREMIADOS: ALGUNS EXEMPLARES

De um modo geral os edifícios premiados ainda existentes cumprem as funções para as quais foram concebidos, tendo uma grande parte o propósito habitacional. Contudo é de notar que alguns sofrerem alterações, eventualmente estruturais, por forma a serem adaptados a novas solicitações de utilização e funcionalidade ou de melhorar as condições pré-existentes oferecidas.

Atendendo à diversidade e às características dos contextos histórico-arquitetónicos dos períodos de atribuição do prémio e considerando em primeira análise que este trabalho se encontra numa fase inicial, apresentam-se apenas os primeiros resultados da pesquisa e compilação de elementos da história construtiva, que sustentarão os trabalhos ulteriores de caracterização, cuja proposta metodológica se apresentará adiante.

COMPILAÇÃO DE ELEMENTOS DA HISTÓRIA CONSTRUTIVA

Dentre as tarefas preparatórias, a compilação de elementos da história construtiva, nomeadamente memórias descritivas, cadernos de encargos, peças desenhadas e processos de licenciamento de obras (alterações, demolições, etc.) que foram ocorrendo ao longo do tempo de vida dos edifícios, permitem situar um determinado contexto construtivo, obtendo informações tão úteis como as características construtivas e os materiais utilizados nas soluções adotadas.

Levar a cabo esta tarefa com sucesso comprovado implica uma exaustiva e seletiva pesquisa dos processos de obra, que em grande parte se encontram no acervo do arquivo municipal da CML, como fonte primordial de uma escolha sustentada do(s) caso(s) de estudo.

Importa porém referir que nem todos os processos de obra apresentam uma completa e detalhada descrição dos métodos construtivos e/

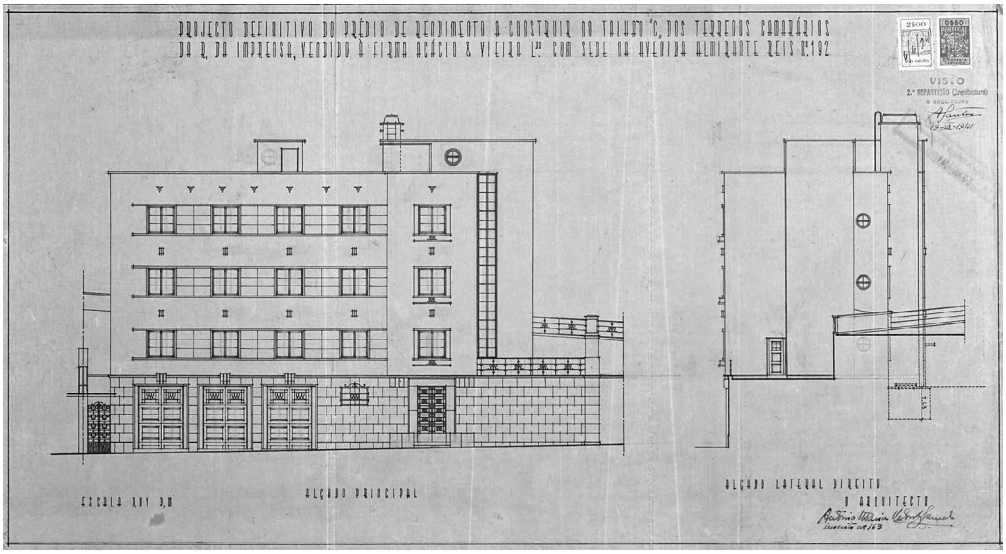


Fig. 2 – Alçados do Edifício nº 25 da Rua da Imprensa à Estrela (fonte: Processo de Obra nº 52613 – Arquivo Municipal de Lisboa).

ou dos materiais empregues, sobretudo durante as primeiras décadas da atribuição do Prémio.

As figuras 1 a 3 apresentam alguns elementos gráficos que exemplificam a documentação compilada. Em resultado desta compilação apresentam-se na tabela 1 alguns dos edifícios sobre os quais, a partir das informações constantes nos processos de obra, foi possível obter um conhecimento mais detalhado sobre o emprego dos materiais e sobre as principais características construtivas.

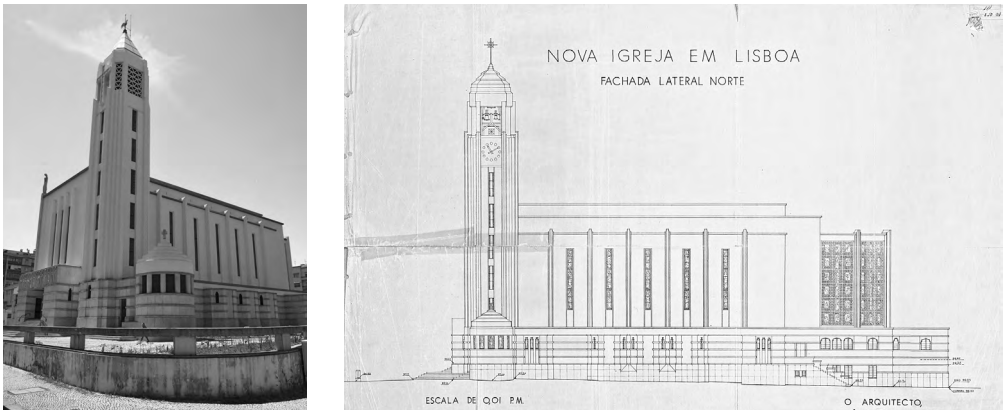


Fig. 3 – a) Fotografia atual da Igreja de Nossa Senhora de Fátima - Prémio Valmor em 1938. b) Alçado lateral norte (fonte: Processo de Obra nº 47105 – Arquivo Municipal de Lisboa).

Tabela 1 – Exemplos de edifícios premiados e suas principais características construtivas

Edifício	Ano de atribuição do Prémio	Tipologia construtiva	Principais características construtivas/arquitectónicas	Elementos decorativos/ Revestimentos
Casa Ventura Terra. R. Alexandre Herculano, nº 57-57C	1903	Estrutura de Alvenaria	Fachada Arte Nova com elementos decorativos	Elementos policromáticos e azulejos em frisos
Edifício Rua Viriato, nº 5	1917	Estrutura de Alvenaria	Fachada delineada em motivos Arte Nova	Revestimento "rústico" e fachada socada em Lioz, com cantarias de calcário branco
Edifício Rua de Infantaria 16, nº 92 -94	1931	Estrutura mista de alvenaria e betão armado	Construção modernista. Fundações em alvenaria ordinária com vigas entre andares e vãos vencidos por vergas de betão armado. Acréscimo de 2 pisos em 1957	Argamassa de cal hidráulica. Paredes pintadas com tintas lisas e tetos estucados.
Igreja de Nossa Senhora de Fátima. Av. Marquês de Tomar/Av. Berna	1938	Estrutura em betão armado	Construção modernista em betão. De planta centralizada, a sua nave central é dotada de arcos ogivais	Interiores com decoração mural e mármore branco. Paredes exteriores revestidas a granito e alvenaria
Edifício Rua da Imprensa à Estrela, nº 25	1942	Estrutura mista de alvenaria e betão armado	Transição da época Modernista para a arquitetura do Estado Novo. Construção de alvenaria ordinária e tijolo. Pavimentos e cobertura de betão nervurado e com tijolo isolador. Escadas, varandas, vigamentos, pilares e lintéis de betão.	Revestimentos exteriores assentes sobre reboco de argamassas hidrófugas de cimentos coloridos e misturadas industrialmente com areias de mármore. Os interiores, estucados.
Antigos Laboratórios do Instituto Pasteur (Ex-Universidade Independente). Av. Marechal Gomes da Costa, lote 9	1958	Estrutura em betão armado	Edifício de características industriais, exemplar de arquitetura Moderna. Estrutura resistente construída em betão. Todas as paredes do edifício têm funções de divisão dos espaços, isolamento e proteção térmica e são construídas por alvenaria de tijolo.	Do projeto original salienta-se a construção de divisórias envidraçadas.
Moradia, R. Almirante António Saldanha, nº 44	1962	Estrutura mista de alvenaria e betão armado	Edifício cujas fundações dos pilares são constituídas por sapatas de betão armado e as das paredes são de alvenaria hidráulica, com pedra e argamassa de cimento e areia de traço 1:4	Paredes exteriores rebocadas e guarnecidas com massa de areia. Paredes interiores revestidas a estuque.
Sede, Jardins e Museu da Fundação Calouste Gulbenkian. Av. Berna, nº 45	1975	Estrutura em betão armado	Complexo modernista, constituído fundamentalmente por betão em toda a sua estrutura	Essencialmente betão à vista, granito e vidro
Instituto Jacob Rodrigues Pereira. Rua D. Francisco de Almeida, nº 1	1987	Estrutura em betão armado	Conjunto de quatro edifícios que traduzem uma arquitetura civil, modernista, construída por fachadas de betão, ritmadas por contrafortes de alvenaria de pedra irregular	Betão aparente e pedra
Atrium Saldanha. Praça Duque de Saldanha, nº1	2001	Estrutura em betão armado	Elementos verticais constituídos por pilares; elementos horizontais, por lajes fungiformes	Betão aparente, vidro e pedra

4. CARACTERIZAÇÃO DE REVESTIMENTOS

A introdução massiva do betão de cimento Portland na construção (séc. XIX-XX) rapidamente conduziu a uma substituição dos materiais tradicionais, permitindo o desenvolvimento de novas formas de edificação, que por sua vez respondiam às necessidades de um mundo a caminho da modernização tecnológica.

No entanto, o emprego deste material revelou várias fraquezas, nomeadamente em termos de durabilidade e de incompatibilidade com os ligantes tradicionais à base de cal.

A deterioração do betão está essencialmente relacionada com a composição, aplicação, cura e tipo de exposição. Os fatores que podem provocar a deterioração abrangem um domínio de conhecimento multidisciplinar. Existem, contudo, frequentes temas relativamente às questões que afetam a durabilidade e desempenho do betão e seus efeitos sobre a funcionalidade da estrutura (Fernandes, 2005). A título de exemplo, a corrosão das armaduras e as reações expansivas internas (e.g. álcalis-agregado) estão entre as principais formas de degradação das estruturas de betão armado, gerando tensões que, quando excedem a resistência à tração do betão, provocam a fissuração.

À parte destas considerações que evocam a introdução destes materiais numa nova ordem construtiva, é também sobre os materiais ditos tradicionais que interessa ampliar o conhecimento e a sua caracterização. As paredes dos edifícios antigos, anteriores ao advento do betão armado, possuíam uma constituição e um modelo de funcionamento muito diferentes das atuais. Ao contrário das construções atuais, o modelo de funcionamento das paredes antigas, mais espessas e porosas, sem cortes de capilaridade, admitia a entrada de água para o interior da alvenaria, contudo evitava uma permanência prolongada, procurando promover a sua fácil e rápida saída para o exterior (Veiga & Tavares, 2002).

Com a possibilidade de grande parte dos edifícios, muito embora preservando as suas características construtivas originais, poderem sofrer alterações consideráveis nomeadamente no que diz respeito à substituição dos revestimentos, quer por motivos estéticos, quer por motivos relacionados com a degradação, a escolha recai muitas vezes na substituição por outros que descaracterizam os edifícios e ainda se revelam com o tempo incompatíveis. Por este motivo é imperioso o conhecimento da constituição e funcionamento dos revestimentos antigos. Contudo, e devendo a substituição ser considerada como último recurso, a conservação e reabilitação exige um conhecimento das tecnologias antigas; com efeito, é complexa a formulação de argamassas de substituição compatíveis com as existentes, uma vez que a compatibilidade depende de vários fatores, como por exemplo a natureza dos agregados ou o tipo de ligante.

Relativamente ao ligante, é sabido que no século XX o cimento Portland foi introduzido massivamente, mas importa referir que esse ligante teve modificações no fabrico e composição ao longo dos anos que naturalmente se refletirão na composição dos revestimentos ao longo desse século. Porém, pouco ou nada se sabe acerca da influência dessas caraterísticas no comportamento e durabilidade das argamassas e betões nos edifícios objeto deste trabalho.

O conhecimento dos factores que potenciam a degradação, quer em construções antigas, quer em construções recentes, é a peça chave na prevenção de patologias e anomalias, sendo fundamental aplicar metodologias adequadas na caracterização dos materiais que constituem os revestimentos, bem como na caracterização dos seus comportamentos físicos e mecânicos.

Não só a caracterização dos revestimentos exteriores se revela importante, porquanto estão expostos a ações externas que condicionam o seu aspeto e durabilidade, mas também dos re-

vestimentos interiores. Se por um lado, os revestimentos exteriores desempenham um papel fundamental na proteção das alvenarias, por outro os revestimentos interiores podem desempenhar um papel de suporte e preparação de decorações de grande valor artístico e patrimonial que interessa preservar.

METODOLOGIA PROPOSTA

Considerando como objetivos de estudo a caracterização composicional dos ligantes e agregados que constituem os revestimentos de diversos edifícios galardoados com o Prémio Valmor de Arquitetura, a identificação de patologias, os processos de degradação e suas causas, a metodologia experimental proposta engloba, para além da já referida compilação de elementos da história construtiva, o levantamento de patologias (Appleton, 2003; Cóias, 2009), a amostragem seletiva de revestimentos em zonas sãs e/ou em zonas com visível degradação e uma campanha experimental que envolverá ensaios *in situ* não destrutivos e ensaios laboratoriais.

O estudo dos revestimentos de paredes existentes, e de superfícies arquitectónicas em geral, em condições de serviço, é de grande importância, quer para o conhecimento do seu estado de conservação e diagnóstico de eventuais anomalias quer para a formulação e seleção de materiais compatíveis para a sua reparação.

Este estudo deve ser realizado, sempre que possível, evitando a intrusão e até a destruição provocadas pela extração de amostras e recorrendo a métodos não-destrutivos. Porém, devido às limitações desses métodos, é frequentemente necessário proceder à recolha de amostras e à realização de ensaios laboratoriais sobre as mesmas.

Os métodos de ensaio in situ de carácter não-destrutivo não são, em muitos casos, objeto de normas de ensaio. Quando existem normas relacionadas, estas não estão adaptadas a revestimentos de paredes, encontrando-se vocacionadas para outros materiais, mais resistentes e com menor variabilidade de características. Do mesmo modo, as normas de ensaio em laboratório não estão adaptadas a amostras recolhidas em obra, principalmente no caso de amostras de baixa resistência mecânica. Assim, recorrer-se-á a metodologias de ensaio e avaliação desenvolvidas ou adaptadas em estudos anteriores (Santos & Veiga, 2016) e tirar-se-ão conclusões com base na comparação entre os resultados obtidos em zonas degradadas e zonas sãs e em zonas com materiais de diferentes composições.

Ensaios in situ

Os ensaios *in situ* não destrutivos, quer de caracterização física e mecânica, quer de caracterização química, têm como objetivo a avaliação do comportamento à água, as características mecânicas das camadas superficiais dos revestimentos e do seu grau de contaminação por sais.

Prevendo-se o estudo de materiais de ligantes à base de cimento Portland, como são exemplo os edifícios cujas superfícies arquitectónicas são em betão à vista, eventualmente estrutural, a proposta metodológica, no que diz respeito à aplicação destes ensaios não normalizados, assentará nos mesmos pressupostos dos ensaios sobre revestimentos de paredes de edifícios antigos.

Análises e ensaios em laboratório

Respeitando as recomendações atuais, a metodologia experimental a desenvolver compreende a caracterização granulométrica e composicional dos agregados; a caracterização petrográfica dos agregados e ligantes; a caracterização composicional e microestrutural recorrendo a técnicas de análise não invasivas, onde se inclui a microscopia eletrónica de varrimento com microanálise elementar por espectrometria de dispersão de energias (SEM-EDS), fundamental para a interpretação das causas de degradação e a caracterização da natureza dos materiais constituintes; a caracterização

mineralógica dos agregados e ligante recorrendo à análise mineralógica por difratometria de raios X (DRX), complementada com as análises químicas elementares por fluorescência de raios X (XRF) e termogravimétrica e térmica diferencial (ATG/ATD), para o cálculo rigoroso do teor do(s) ligante(s) que conduzem à estimativa do traço das argamassas; a caracterização mecânica, realizada recorrendo à execução de ensaios de resistência à compressão e à tração por flexão, usando métodos adaptados para amostras recolhidas em obra (Santos & Veiga, 2016); a caracterização física, suportada por ensaios de porosimetria por intrusão de mercúrio e por ensaios de absorção de água por capilaridade (Santos & Veiga, 2016) que permitem aceder ao conhecimento da influência da estrutura porosa na resistência das argamassas e betões e da influência da absorção de água no comportamento global desses materiais.

5. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Determinadas as caracterizações dos revestimentos, em particular as caracterizações composicionais dos ligantes e agregados e a identificação de patologias e processos de degradação presentes, prevê-se que este trabalho possa ser ampliado no que diz respeito aos seus objetivos. Após a análise e interpretação dos resultados obtidos deverão ser estabelecidas, numa fase seguinte, estratégias de mitigação de danos numa perspetiva de reabilitação e manutenção.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A interpretação cuidada da história construtiva, complementada com a investigação dos métodos e técnicas utilizadas em diferentes contextos histórico-arquitetónicos, traduz-se numa importante fonte de conhecimentos que possibilita encarar os desafios da proteção e valorização do património edificado de uma forma sustentável. Apesar da atribuição do Prémio Valmor (e Municipal) de Arquitetura não conferir um regime de proteção especial, por si só, como acontece com os imóveis classificados de "interesse" municipal, a expressão da sua excelência como herança cultural do séc. XX e XXI, tantas vezes questionável, não pode nem deve deixar de ser recordada e mantida. Nesta medida, torna-se indispensável a contribuição deste estudo para o avolumar dos conhecimentos sobre estes edifícios, essenciais para a sua salvaguarda.

7. AGRADECIMENTOS

Os autores prestam o agradecimento à Fundação para a Ciência e Tecnologia pelo apoio concedido através da bolsa de doutoramento com a referência SFRH/BD/112809/2015 e do Projeto DB-HERITAGE - Base de dados de materiais de construção com interesse histórico e patrimonial, referência PTDC/EPH-PAT/4684/2014. Agradecem ainda ao LNEC através do apoio concedido aos Projetos DUR-HERITAGE - Durabilidade e caraterização de materiais com interesse histórico e PRESERVe - Preservação de revestimentos do Património construído com valor cultural: identificação de riscos, contributo do saber tradicional e novos materiais para conservação e proteção.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Appleton, João. 2003. Reabilitação de Edifícios Antigos. Patologias e tecnologias de Intervenção. Lisboa: Edições Orion, 1ª ed.

Câmara Municipal de Lisboa. 2004. Lisboa – Prémio Valmor. Lisboa: CML.

Cóias, Vitor. 2009. Inspecções e ensaios na reabilitação de edifícios. Lisboa: IST Press, 2ª ed.

Fernandes, Maria Isabel. 2005. Caracterização petrográfica, química e física de agregados graníticos em betões: Estudo de casos de obra. Dissertação de

Doutoramento em Geologia apresentada à Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.
Santos, Dora; Veiga, Maria do Rosário. 2016. "Métodos de ensaio de revestimentos existentes. Ensaios *in situ* e em laboratório". A Cal no espaço Ibérico. Um futuro com história. Actas das V Jornadas FICAL. Coleção: Reuniões Nacionais e Internacionais. Lisboa, LNEC, Maio de 2016.
Veiga, Maria do Rosário; Tavares, Martha. 2002. "Características das paredes antigas. Requisitos dos revestimentos por pintura". Actas do Encontro A indústria das tintas no início do século XXI. Lisboa, APTETI, Outubro de 2002.

Building the Defenses
The Constructions Sites of the Fortifications of Trapani and Palermo in the First Decades of 16th Century*

Garofalo, Emanuela[(1)]*; Vesco, Maurizio[(2)]*
[(1)]emanuela.garofalo@unipa.it, [(2)]maurizio.vesco@unipa.it
** Dipartimento di Architettura, Scuola Politecnica, Università degli Studi di Palermo*

ABSTRACT

The daily recording of all costs was in actuality a widespread practice in the building sites of the fortifications in Sicily. These ledgers have sadly been lost, with the exception of one volume that records the accounts for the construction of the fortifications of Trapani in 1527 and 1528, and two others relating to Palermo, dating between 1536 and 1539. The ledger of the Trapani walls testifies to the progress of the work of what can be considered the first project in Sicily for the overall redesign of urban defenses according to the principles of trace italienne fortification, by the Royal engineer Pietro Antonio Tomasello. The plan provides for the construction of new bastions, the transformation of the city walls, but also two complex operations carried out at a geographic-territorial scale, intended to change the topography of the site: the cut of the isthmus for the insularization of the urban settlement, and the "deletion" of an island just in front of the harbour. The two volumes of payments for the fortifications of Palermo, record the start of the implementation of Ferramolino's design, which in addition to the construction of new bastions, called for significant demolition of pre-existing structures, including some of recent construction. The process of modernizing the defensive circuit of the capital of the island thus began, though the time required to complete the work would be long and significant changes would be made to the initial design.
As well as providing information on the implementation of the projects, the three account books reveal information about the building sites. We can firstly extract a picture of the competences involved, the materials and work tools used and the machines available. Moreover, the order of payments allow us to reconstruct the sequence of operations needed to carry out the project. The remunerations to the various individuals also reveal some aspects regarding the organization and control of these complex public construction sites. It is clear from the general picture and the examples examined here that a precise and replicable organizational model existed, and that care was taken to establish a pyramidal organizational structure that was somewhat articulated, and still able to guarantee efficiency, speed and quality of the works as well as financial management and control.

Keywords: fortification; construction site; Sicily.[1]

* *The research leading to these results has received funding from the European Research Council under the European Union's Seventh Framework Programme (FP7/2007-2013) / ERC grant agreement n° 295960 – COSMED. The first paragraph (1.) was written by Maurizio Vesco, the second one (2.) by Emanuela Garofalo.*

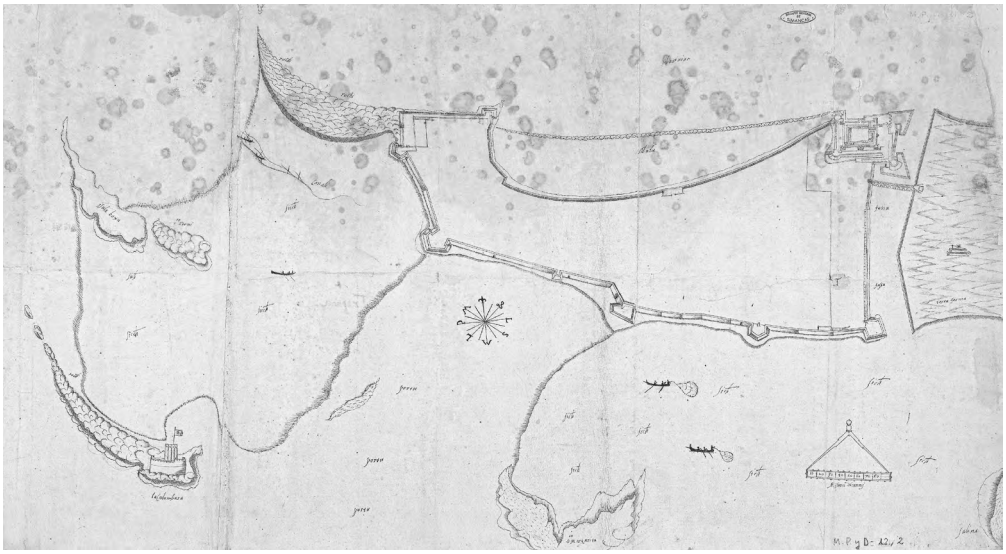


Fig. 1 – Plan of Trapani, second half of the 16th century; Archivo General de Simancas, Mapas, planos y dibujos, 12, 002.

1. THE CONSTRUCTION SITE OF THE TRAPANI CITY WALLS (1524-1528)

On the 1st of April 1522 the viceroy of Sicily, Ettore Pignatelli, Count of Monteleone, sent a letter to Trapanese authorities to inform them about the assignment of a substantial sum of money to fund further work on the walls and the castle of the city[2], started not long before by order of the sovereign, perhaps according to the plan drawn up in 1518 by engineer Antonello da Trani (Vesco 2014). The importance of the project carried on is also clarified by the choice of the *Regia Corte* of sending the principal mason of the island, Antonio Belguardo, charged not only of measuring but even of verifying the works carried out in Trapani (Vesco 2007-2008).

In truth, that project would be abandoned shortly thereafter for a new and updated one, the first of a series concerning the radical transformation and reinforcement of urban fortifications developed, within a decade, for the major Sicilian coastal cities, those strongholds to which it was entrusted, in the military strategy of Charles V, the defense of the whole island. The first modernization of the walls according to the now mandatory principles of the trace *italienne* fortification practice was not, therefore, carried out in the capital Palermo but in Trapani, the *civitas invictissima* that because of the proximity to the Tunisian coast remained perhaps the Sicilian city most exposed to attacks both by the Ottoman-Barbary coalition and by the French enemy. The awareness of the extent and the complexity of the ambitious fortification program outlined by Charles V as early as 1520 would have induced a skilled politician and an experienced military figure like Ettore Pignatelli to call upon the expertise of an updated technician, hiring, in April 1523, Pietro Antonio Tomasello – already *magistro ingigneri di la cità di Padua* – and appoint him engineer of the Kingdom of Sicily, the first to

[2] *Archivio di Stato di Palermo, Tribunale del Real Patrimonio, Lettere viceregie, reg. 253, c. 164r.*

hold this office (Vesco 2009-2010). He assigned him the task of preparing the necessary projects and supervising their proper execution.

INSTRUCTIONS AND ORGANIZATION OF THE BUILDING SITE

The first to be developed by the Paduan technician was precisely that of Trapani, so that for a long time Tomasello was also invoked as *ingegnierum Drepani* and that even when simultaneously engaged in other cities' works, a project implemented, however, only in 1524 when the Court began to organize its articulated works' "machine".

The expectation for the success of the works and probably a certain mistrust towards local workers persuaded Tomasello to entrust the role of Trapani masterbuilder to the known mason, Matteo Crisci, from Palermo, who was already engaged in construction sites even outside the capital and belonged to the entourage of the famous sculptor and architect Antonello Gagini (Nobile 2010). Crisci's bargaining power against central authority finds evidence in the peculiar agreement (*capitoli*) stipulated a few years later in February 1528, with which the viceroy Pignatelli granted «li cosi chi dimanda mastro Matheo Crixi, capomastro di la regia frabica si fa in la cità de Trapani»[3] [the things that demands master Matteo Crisci, masterbuilder of the royal construction site in the city of Trapani]. Under this provision a prominent role in the management of the important government building site was formally held to Crisci, subordinate only to the royal engineer and wholly independent from the *soprastante*. He claimed, moreover, sole responsibility for the qualitative check of supplies of lime and stone materials, as well as for the assignment of tasks to the different teams of builders and laborers.

In December 1524 the Court purchased and transmitted from Palermo to Trapani, a large amount of tools and work equipment with – hoes, mattocks, poles, picks, axes and hammers; one month prior the Court had already delivered the strict instructions (*Istruzioni*) to be followed in the organization of the construction site to the city senior officials in charge of the fortifications, first the Knight of St. John of Jerusalem Gaspar Sanguesa, castellan of Trapani[4].

Spending limits were first established for each supply or workforce – lime, stone, squared blocks and sand, on the one hand, and builders, carvers, laborers and cart drivers, on the other – for which he urged the delegates to negotiate the lowest price they could (*ad meglio mercato*), as cost containment remained one of the main concerns for the central authority. There was no lack, however, of indication about the quality of materials and the requirements for the employed workers. For example, ashlars (*truppelli*) should have an established size (50x50x75 cm), fairly small to ensure maneuverability, being handled by two or three men only. Besides, in order to limit the risks of fraud and embezzlement – always very high in public works –, it was imposed that the loads of stones (*petra rutta*) were not to be measured in quarries, but only once delivered to the construction site. With regard to workers, special attention was given to laborers: the concern to guarantee «homini disposti et boni fatigatori» [helpful men and good laborers] for building sites such as those of city walls, where immense amounts of materials, especially soil, were moved, was anything but negligible. For this reason, the Royal Court authorized officials to recruit even at higher costs, according even a pay twice the ordinary to the best and most willing ones.

[3] *Archivio di Stato di Palermo, Tribunale del Real Patrimonio, Lettere viceregie, reg. 275, c. 588r.*

[4] *Archivio di Stato di Palermo, Tribunale del Real Patrimonio, Lettere viceregie, reg. 263, c. 369r.*

Another aim of the *Istruzioni* was to simplify and rationalize procedures for the weekly wage payment, which were expected anything but fast in case of such crowded work teams. It was stipulated that every Saturday night, at service concluded, the full amount of the salaries of masons, carvers and laborers had to be paid in a single transaction, duly registered by the Court notary, to the foreman Crisci, who would then distribute every single amount per each, «per non si fari diversi polisi et apochi» [in order not to issue a lot of bills and receipts], as it was intended even for the payment of the equally numerous carriers of lime lumps. Despite the reasonable nature of the provision, this procedure would have come in the middle of a tough conflict that arose surrounding the completely arbitrary decision of the powerful *Secreto* of the city to make payments on Sunday morning rather than Saturday night, forcing the multitude of poor workers to spend, after the harsh rigors of weekly working time, causing hours and hours waiting on their only day of rest; Crisci objected, albeit unsuccessfully, to that decision in every way, «con superbia e ad minazi» [with arrogance and threats], attesting to a new awareness of his role as *artifex*, perhaps a first, early evidence, in 16th century Sicily, of the progressive transition from *magister* to *architector*, of which he was unaware protagonist.

Another important aspect of the *Istruzioni* concerns the composition of the team entrusted with the execution of the works, composed by different skilled operators: 15 masons, joined by eight carvers and supported by 30 laborers, all of whom were under the direction of the masterbuilder. But the truth is that the only surviving book of accounts, which records the progress of the construction site three years later, from the 1st of November 1527 to the 31st of August 1528, shows a very different and heterogeneous articulation between the workforce[5].

[5] *Archivio di Stato di Palermo, Tribunale del Real Patrimonio, Numerazione Provvisoria, vol. 1626.*

MEN AND MATERIALS FROM AN ACCOUNT BOOK

In fact, if the *Istruzioni* drawn up in 1524 make no reference to master carpenters, the reality depicted by the accounting data appears to be very different. A key role, no way subordinated to that of master masons, was given to a large team of carpenters in charge of the execution of equally important constructive steps. It must be said that, especially in the phase of transition of the bulwarked fortification – as occurred in the twenties and thirties of the 16th century across most of the Mediterranean – great importance was placed on works made of soil, wood and bundle. These interventions, which often accompanied those in masonry, more expensive and which needed a longer time to be built, were not infrequently used, also on the battlefield in the form of *fortini terrei*, as a test bed for new, experimental solutions, and even later were the subject of treatises like Giovan Battista Belluzzi's *Trattato delle Fortificationi di terra* (Lamberini 2007) and Giacomo Lantieri's *Duo libri del modo di fare le fortificazioni di terra* (Lantieri 1559). It should also be said that the extensive use of constructions in soil and wood made by Pietro Antonio Tomasello in the walls of Trapani must be explained within the context of special historical circumstances: the urgent need to prepare adequate defenses for the Sicilian city as soon as possible, not only because of the threat of the Turks, and Barbarossa in particular, but mainly of the fleet of Francis I of Valois, with whom hostilities had begun in 1521 during the so-called War of Italy. The fear of a French attack continued to distress the viceroy Pignatelli even many months after the victory gained by Charles V in Pavia, demanding that he rapidly begin fortification efforts.

The importance of such structures was also reflected in the choice of to place Simone La Vaccara, a skilled and experienced man (perhaps of multifaceted talents) at the head of carpenters. La

Vaccara was a well known cabinet maker and perhaps an architect (Nobile, 2013) who had already made a wooden model of the castle of Trapani in 1493, preceeding the start of a large campaign of works concerning the fortress and the so-called *fronte di terra* (the walls facing the mainland that protected the city located on a peninsula), begun between 1495 and 1508 (Gaeta 2010). The significance of the works in timber, not just more or less provisional ramparts but also very robust wooden platforms (*intravate*) where artillery had to be placed along the walls and at the city gates, built as an alternative to terreplein consisting of vaults for reasons of economy, is confirmed by the appointment of a second master carpenter, Antonino Chiminello, placed in command, like La Vaccara, of a large group of carpenters. An indispensable material for their activity, just like ginders and beams of fir tree, elm, alder and oak, were fagots of lentisk (*stinco*), an evergreen shrub typical of the Mediterranean maquis and widespread in Sicily, which was used to retain soil and transported massed in large heaps on chariots and boats.

Moreover, the information deducted from the payments recorded in the book of accounts of Trapani seems to indirectly confirm construction practices regarding earthen bulwarks that were divulged, decades later, by treatises, especially in the Sixth Book of *Nuove inespugnabili forme diverse di fortificationi*, the one «trattante di forti terrei et lor compositione» [regarding earthen forts and their construction] (Sartor 1989). «L'opere di terra non si faccino senza catene» [Do not build earthen works without enchainment]: as Girolamo Maggi warned many years later in his *Della fortificatione delle città* (Maggi 1583), even in the Trapanese fortifications it would have been used an enchainment system made of support beam (*catini et barri*) and wooden planks (*tavuli*), nailed to form lattices arranged in layers at different heights, would have beeen used to give strenght and durability to the structure, while fagots, intertwined and tied together, would have kept earth, in clods or perhaps even loose, transported in hundreds and hundreds of baskets (*cartedde*). They were still far from simple constructions, of which very few testimonies are offered by some views of Hungarian or Baltic cities, first Luebeck, which were included in Braun and Hogenberg's *Civitates orbis terrarum*.

To animate the building site there were also, as a rule in these great fortification endeavours, teams of dozens of sappers commisioned of carrying out what was perhaps the hardest and most exhausting task – that is, the excavation of the deep and wide moat that would isolate the strip of land on which Trapani stood, thus effecting its insularisation, according to an approach typical of the Renaissance, which was based on the adaptation and transformation, even radical, of the natural topography of a place. The sappers teams involved in the different locations of the construction site, always composed by at least thirty workers, but sometimes largely exceeding a hundred, came from more inland towns, not only from Trapani: Erice, Salemi, Calatafimi, Castelvetrano, even from far away Alcamo. This was a real conscription requiring abled men of the main urban centers of such a vast territory to serve as sappers in the excavation of moats and trenches.

Another important intervention of a similar nature planned by Tomasello, assigned again to the sappers, was the sinking of the island of Santa Margherita, not much more than a very wide, flat rock that emerged from the shallows off the city, from where the enemy could easily and safely cannonade the southern front of the walls. The sappers attempted to bring the landmass below sea level with pickaxes, though their efforts proved unsuccessfull (Vesco 2009-2010).

The sea not only conditioned the project choices of the engineer from Padua, but also played an important role in the organization of the

construction site. It was by sea, in fact, that it was supplied of most of the building materials, first and foremost lime and stone. For example, the best ashlars – those intended to be carved, such as those for the bulwark cordons – came from the quarries on the island of Levanzo on board a *palascalmo*, a pontoon serving the construction site. More generally, ashlars, once delivered to the construction site of the courtain towards mainland, were distributed among the seven bulwarks under construction in many parts of the city, carried on chariots and carriages. Among the most delicate building steps there was certainly the realization of embrasures and *buttafoco*, not only in bulwarks, but also in curtains, particularly close to the gates. This constructive difficulty derived not only from the fact that these devices were opened in breach in the wall structure, but also because it involved the adoption of complex stereotomic solutions, due to the geometry of their internal surfaces, often *en esviaje*. For this reason it was just the team led personally by Crisci which was in charge of the project and the substantial financial resources devoted to its construction. For example, in February of 1528, 605 loads (*viagi*) of carved ashlars used only for embrasures, as well as blocks, special in shape and size, for their finalisation (*architrave*), were delivered. On the other hand, in May of the same year, the master Bartolomeo D'Antoni made use of «uno modaro di lignami», perhaps a template of the opening, or perhaps a *baibel*, the instrument employed by stonecarvers for cutting ashlars of a complex geometry, for the construction of embrasures in the stone bulwark named Cucchiara.

In addition to the regular teams in which the workforce was distributed, the Trapanese construction site was even crowded by host of daily workers (*jornatari*), who were charged with the simplest operations, such as transport of materials and soil handling, extracted in huge amount from trenches and used to fill the ramparts. All of these individuals were joined by a number of Turkish slaves, including the few belonging to the Royal Court, used for the cost of just a food allowance, and those – much more numerous – provided by Gaspar Sanguesa, whose work was paid as that of any other laborer, to the advantage of the powerful castellan. In October 1527, due to the difficulty of forcing the conscripts to fulfill their duties, Ettore Pignatelli welcomed the suggestion of the engineer to enlist another hundred slaves to accompany the 400 sappers already employed, of whom 200 were active in the mainland moat – a number so great as to have hindered the regular course of the work due to the crowding.

Another significant problem that the Royal Court was forced to confront was represented by the supply of lime, which was essential not only for masonry but also for works made of earth and fagots. Given the circumstances, case they soon realized that most of the lime burners who had signed supply contracts avoided their obligations, delaying as much as possible deliveries and preferring instead to sell the materials to private individuals at a higher price. In June of 1527, it came to the point that the viceroy was informed that the kilns in Erice could not ensure lime production necessary for further work, which might therefore be interrupted. Pignatelli had no choice – no matter how unpopular – than the conscription of lime burners of the cities of Mazara and Marsala, and in February of the following year the persistent lack of lime led to a further worsening in the relationships between central authorities and local communities, compounded by a prohibition to carry out any construction activity that was imposed for two months on the citizens of Trapani and Erice, as well as the seizure of all the lime that was found in both towns.

A BUILDING SITE ON AN ISLAND: THE COLOMBARA FORTRESS

An important step of the project was represented by the completion of the reinforcement works of the Colombara fortress, the ancient stronghold of Frederick II which stood on an islet in the sea in front of the city to protect the harbour, that was first modernized in the years of Ferdinand the Catholic, and, beginning in 1525, according to a project by Tomasello. In January of 1528, they started the construction of a second bulwark towards the south, to be added to the one already built a few years earlier, and the addition of the scarp, obtained encasing the bottom of the wall of the late medieval enclosure, according to constructive solutions already proposed in the late 15th century by the *maestre artillero* Baldar Metell, but certainly implemented only in part (Gaeta 2010). A continuous coming and going of boats of all kinds animated the waters of the Trapani harbour for the transportation from the pier – and then from a purpose-built jetty – to the islet of all the construction materials: first and foremost loads of stone and barrels full of lime, as well as sand and fresh water to knead the mortar. Simultaneously, they hurried to purchase iron for the production of the construction tools – pickaxes, hammers, wedges and saws – necessary to excavate the rocks that almost fully surrounded the fort. This delicate task – the tower had always been considered «una di li più importanti de quisto regno» [one of the most important in the Kingdom]– was once again entrusted to Crisci, who began work along with a large team of masons and laborers beginning in mid February, continuing almost without interruption until at least the summer of 1528. In one of his letters, the viceroy Pignatelli, who personally controlled everything with an iron fist, at once applauded the resumption of works at the Colombara fortess, while complaining about the number of laborers employed – four instead of the usual two per each mason – and not hesitating to give his opinion on the correct composition of a team[6].

The stone used in the Colombara construction site also came from a series of buildings that for military reasons Tomasello had been forced to demolish, including the now obsolete 15th century barbicans of the city walls, as well as the adjacent houses, which were built illegally on the site of the ancient *pomerium*, and *extramoenia* religious buildings that, given their proximity to the fortified enclosure, posed a serious danger in case of an enemy siege. For instance, St. Paul's church and the Franciscan Santa Maria di Gesù were literally disassembled, to obtain ashlars and lumber. The bulk of the stone came, however, by sea from quite distant quarries, both from the island of Favignana and from Bonagia, a place more than fifteen kilometers far from Trapani, which was the location of many of the lime kilns which supplied the construction site, with the aid of a series of pontoons. It was here, for example, that 600 hashlars were produced in June of 1528 destined to the Colombara scarp. The supply was distinct in two lots of unusually small sizes (25x25x25 and 25x25x75 cm), which were smaller than the original standards, obviously in order to facilitate transport and handling.

The final aspect of the construction site of note is that of account keeping. Many notebooks were periodically purchased «per notari li cosi di la fabrica» [to note things related to the construction site], not only for recording the cost and quantities of materials arriving at the construction site, but also for keeping track of the workers. Such crowded building sites like those of urban fortifications – in Trapani the masons on the islet of the Colombara were soon flanked by more than 100 laborers – required careful

[6] *Archivio di Stato di Palermo, Tribunale del Real Patrimonio, Lettere viceregie, reg. 278, c. 335v.*

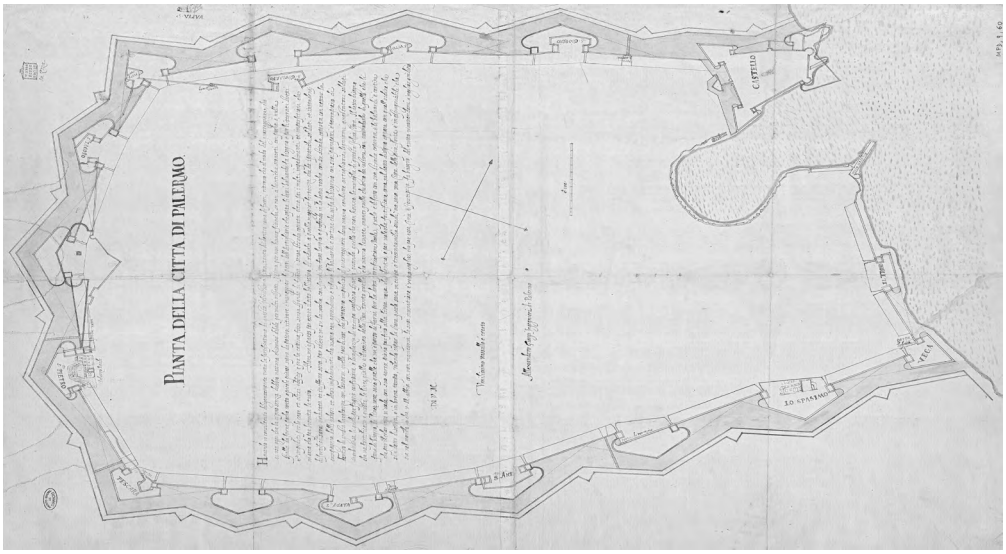


Fig. 2 – Alessandro Giorgi, Plan of Palermo, 1575; Archivo General de Simancas, Mapas, planos y dibujos, 09, 060. Within the bastions built in the second half of 16th century you can see the design of the previous structures related to the project by Antonio Ferramolino.

monitoring of the days of service provided by each. The difficulty of monitoring the labor force soon required that specialists be employed to oversee the task. For example, the Court had already appointed an officer for the counting of the working days of the laborers employed in soil handling and another one «per teniri lo cunto di li ferramenti, lignami et li jornati de la maystranza» [to count metalware, lumber and daily wages of the workforce] by the end of 1527. In the following May they also made use of a notary to record the days worked on-site by the sappers, whose teams were always the most crowded, even surpassing 150 men each. The very large number of operators who crowded the ditches and trenches prompted the installation of an official subordinate to the *sovrastante* of the Royal Court who was responsible for urging and inciting the sappers, and ensuring that they worked. A trusted man was also kept at the lime kilns in Bonagia, who checked the supply of lime and ensured the accurate accounting of the loading operation on board every boat that departed for Trapani.

2. THE CONSTRUCTION OF THE FORTIFICATIONS OF PALERMO (1536-1539)

The construction of a modern system of fortifications to defend the city of Palermo has a history that unfolds over a span of time longer than a century, and sees the alternation of several protagonists on the scene, with a constant relaunch in the sizing and insertion of bastions within a wall circuit in continual updating (Giuffrè 1976). The project by the royal engineer Antonio Ferramolino in the 1530s undoubtedly represents an important step in this long term process, which was characterized by a continual superposition of works in progress and new structures, and the frequent incorporation of earlier works prior to

their completion. Although the planned works were partially implemented, they were supplanted by more updated and impressive structures beginning in the middle of the 16th century under the direction of the Spanish Pedro Prado (Vesco 2009-2010). Nonetheless, Ferramolino's project marks a turning point in the conception of the works of fortification, prescribing *inter alia* the demolition of turreted structures and other works inadequate to modern military techniques, and identifying some of the cornerstones of the defensive system of the island's capital, confirmed by subsequent projects.

The rich and varied coeval documentation available also makes this case study especially significant from a historical point of view, both allowing for a reconstruction of the overall design conceived by the engineer from Bergamo (certainly with the active participation of the viceroy Ferrante Gonzaga), as well as a detailed vision of the construction site, particular in the delicate incipient phase of the works between 1536 and 1539.

THE PROJECT BY FERRAMOLINO IN THE *ORDINI DI LA FORTIFICACIONI DI QUISTA FELICHI CHITA DI PALERMO*

The main source for information of the project conceived by Antonio Ferramolino still remains the well-known document entitled *Ordini di la fortificacioni di quista felichi chita di Palermo*, kept in the Archivio Storico Comunale di Palermo, which was transcribed and published for the first time in the 19th century by the learned Vincenzo Di Giovanni (Di Giovanni 1896).

Divided by seven areas of intervention, the document provides a description of the works to be performed in each, first specifying the position and orientation of the bastion (*belguardo a puncta*) to be inserted in six of the seven identified cornerstones. In addition to the bastions, the new structures envisaged by the project included numerous gunboats at different points of the city walls and three cavaliers, one at the Church of the Spasimo and other two in the *palatio*, namely the old Norman royal palace. With regard to the latter, in fact, the need for the construction of the two cavaliers is set out only at the end of the document, without any specification about the location and manner of execution, while in the section on work to be carried out *In lo palacio*, attention is focused on the planned demolitions. In order not to hinder the shot of the artillery, it is prescribed that the height of the *turri mastra* – that is, the main tower – be reduced, as well as that of the other five towers arranged in sequence on the side occupied by the former site of the church of Our Lady of the Itria. Therefore, no interest was devoted to the residential facilities of the ancient royal palace, which was still used as a quarry to extract stone materials for the construction of new defensive works. Guidelines for the construction of the Spasimo cavalier are spelled out in the paragraph relating to that area, so named from the monastery church of the Olivetan built there from the first decade of the 16th century. The imposing building, which consisted of a longitudinal plan with a large single nave and chapels between partition walls and double transept, is not sacrificed in Ferramolino's project; instead, with targeted structural reinforcements it becomes the base supporting the cavalier that rises above the vaults of the longitudinal body of the church.

Each section repeats several notes related to the sizing and shape of certain parts and elements. Primary attention is devoted to the thickness of the walls, as well as to the degree of inclination so as to confer to the same in the sloping portion extending from the ground up to the height of the cordon. The latter, made of carefully shaped stone blocks, therefore, marks the transition between the two different positions of the external walls, helping to regularize this step, and to endow it with

both a technical and aesthetic value. Regarding the slope profile it is pointed out that it should be done *ad raxuni di uno per sei*, namely narrowing the wall of a palm for every six palms of vertical extention. A further moving back of the wall was finally planned above the cordon. A large part of the directives then refers to the positioning and orientation of the gunboats, specifying in particular whether to create splays more or less marked according to the run of the walls in each of the areas of intervention. Finally, it is specified that merlons must be *voltati a mezzo tundo*, thus assuming a rounded shape in the top limited to the outside. In addition to the cordon, the use of cut stone is planned for the opening of the gunboats and for the merlons, while rustic masonry *di fora a petra scoperta* – that is, without any outside coating – is intended for the rest of the structures. Finally, the operational requirements include one for the realization of a ladder to climb on top of an embankment in correspondence with the Spasimo church tribune, a kind of terraced step with width and slope such as to allow the passage of handcarts for the transport of artillery, that was cut in the central part by a *scalecta facta a scaluni* (stair with steps) for the passage of the soldiers.

Another point for reflection offered by the document concerns the setup and communication mode of the project. If in several steps, reference is made to characteristics inferable from a drawing, in particular for the thickness of the walls (*secundo chi su designati*), in others they instead recall instructions already given orally at the foreman of the work Antonio Belguardo (*comu è stato a bucca ordinato a mastro Antonio Belguardo*), for instance for the conformation of the merlons. Both the type of data obtainable from the drawing – that is, relating only to placement and horizontal sections of the structures – and the nature of the instructions transmitted by the document, including those also communicated orally to the master mason at the head of the building site, suggest that the project had been outlined only in plan. The need to clarify the run of the sloping walls, the shape of gunboats and merlons, and various dimensional data concerning the vertical structures makes obvious the absence of elevation drawings and ultimately the inadequacy of the design prepared to transfer all dimensional and formal features of the planned structures.

On the other hand, it is clear that both the project and the mode of execution were somewhat vague. Regarding the defensive measures needed at Termini city gate (an important city gate from which goods and food were transmitted from the surrounding countryside), reference is made to the existence of prior instructions, *lordini vechio dato altra volta per ipso magnifico Antonio Ferramolino*. Therefore, there was a previously formulated document with operating instructions in part modified by the new document. In the case of Termini gate, for example, the earlier requirement to construct a vault or a wooden platform (*intravata*) in order to create a support platform at a station artillery was eliminated, as that point was already defended by the Spasimo bastion. However, the solution would remain feasible if and when the Spasimo structures was seriously damaged during enemy attack. In other instances, however, the execution of detailed design guidelines is rendered uncertain by the clarification *si serrà possibili* (if it will be possible). Or even, in the instructions relating to the building of the Spasimo bastion, however as a corollary of the indications for the run of the walls and the prominence to be given to the advanced element it is specified *quisto è lo naturali et la raxuni di dicto belguardo* (this was the nature and the reason of a bastion). The rules of art, however, could yield to a compromise solution for the benefit of the monastic community whose buildings remained included in the defensive machine.

One final element of note concerning the implementation of such design solutions is the visits

which were aimed at verifying *in situ* the conditions for the feasibility of the project forecasted, as well as the implementation of signs as reference points for the positioning of the new structures.

In the *Ordini* by Ferramolino, paragraphs describing the works to be carried out in the seven areas of focus are followed by technical insights, oftentimes detailed, which are devoted to the most urgent operational issues posed by the construction site. These include measures for the realization of countermines, vaults in the bastions, merlons and gunboats, as well as for the removal of some ravelins and countermures now obsolete in the new defensive plan, and for the construction of an embankment and a moat around the city. The importance of the latter defensive elements for the efficacy of the system as a whole is critical, representing an intervention of which the viceroy Gonzaga claimed authorship in a report sent to the emperor at the end of his mandate in 1546 (Carreri ed. 1896). To make the realization of the moat, faster and less costly, in fact, the city government stipulated that the stone for the new buildings be sourced from the excavation of the moat.

This heightened awareness of the significant time commitment and financial resources required to complete the project led to the establishment of an order of priorities for the planned works. This program reiterated the urgent need for action at the Spasimo and the Royal Palace, followed by the realization of the other bastions.

THE STARTING PHASE OF THE CONSTRUCTION SITE IN TWO ACCOUNT BOOKS

The transition from project forecasts to its implementation can be followed through two account books that record all of the expenses incurred for the building site in its early phases, between 12 November 1536 and 23 August 1539[7]. The daily recording of all costs, including payments to the various workers who served different roles on the building site, was in actuality a widespread practice. An instrument for controlling the proper management and protecting the general welfare of the building site, these ledgers have sadly been lost, with the exception presented in this contribution. The small list of income to finance these works, mainly from excise duty on flour that was collected in the city by two special deputies, is followed by a detailed record of all expenditures incurred, *de die in diem*, in the execution of the works.

The two volumes record the start of the implementation of Ferramolino's design for the fortification of Palermo (Di Giovanni 1896; Giuffrè 1976; Tadini 1977; Palazzolo 2007), which, in addition to the construction of new bastions, called for significant demolition of pre-existing structures, including a number of recent constructions. As well as providing information on the implementation of the project – focusing in particular during those years on the construction of the bastions of the Spasimo and the round tower (*torre tonda*) – the two account books reveal precious information about the building site.

Regarding the payments made to the masters, skilled workers and suppliers, we can first extract a picture of the competences involved, the materials and work tools used, and the machines available on the site. Moreover, the order of payments for the different activities allows us to reconstruct the sequence of operations needed to carry out the project. First, the *perriaturi* (quarrymen) excavated the trenches, and the labourers removed the earth and stones as the former continued the excavation. The operation therefore had a double purpose, to create the trench and also to guarantee a good supply of construction material *in situ*. Once again in order to optimize resources and labour supply, it appears that additional stone for the new constructions was taken from the defensive structures that were to be abandoned

[7] *Archivio di Stato di Palermo, Tribunale del Real Patrimonio, Numerazione Provvisoria, voll. 1336 and 1415.*

(medieval towers and ravelins), and which were simultaneously in the process of being demolished. These include four towers of the Royal Palace and the "Green Room" (*sala verde*), from which were taken squared blocks (*cantuni*) that were moved to other areas of the construction site. For the demolition of the ravelins, different teams acted simultaneously on successive portions of the building to be removed, identified in the account books referring to the master charged (*appresso magistro*).

As well as stone, mainly lime and above all sand were also procured. To a lesser extent, panels, joints and other wooden elements also appear among the purchases, used mainly for building stairs, platforms for the artillery called *intravate* or support structures for the building site machines. These include cranes and trabucchi, used mainly to lift material excavated from the ditches. Among the work tools purchased, hoes and *zappuni*, cudgels and iron poles *per calcare la pietra* [to press the stone] appear several times. Professionals involved in the construction activities include master masons (or *fabricatores*), such as Antonio di Baudo and Giovan Battista Faya, and carvers entrusted with the task of making *merguloni et cannoneri* [merlons and embrasures]. To assemble the building site machines, wooden stairs, and *furmi* to construct the vaults, the presence of carpenters is recorded, recruited mostly by master Vincenzo di Francesco, the leading figure in the field during that period in the capital of the island. Among the many other professionals named in the ledgers under study are the painter Francesco Soprano from Trapani, compensated for having *depinto la pianta di quista chitati cum soi misuri per la fortificationi* [painted the plan of the city with its measurements for the fortification project]. There are other examples during the 16th century in which a similar appointment was awarded to a painter in Sicily prior to the beginning of an important urban reform (Gazzè 2012). The reference to the presence of measures and to the fortifications, enables us to conclude that it was a technical drawing set on objective measurements and with an operating function.

The remunerations to the various individuals involved in the construction task also reveal some aspects regarding the organization and control of these complex public construction sites. The main figure is the engineer, who served as the designer and author of the commissions, or, more specifically, the indivudal responsive for issuing the executive orders to carry out the project. In the case studied here, we learn that these orders were copied three times and handed out to the deputies of the construction site – one elected by the royal council and two chosen by the town council from among the attorneys of the city – to regulate to the works to be carried out and to guarantee that the engineer's project was executed correctly. As in the case of Noto, the administrative supervision was entrusted to the vigilance of the *municioneri* (equivalent to the book-keepers), who were called on to record in the appropriate ledgers the names of the workers employed on the site each day and the *attratto*, that is, the construction materials. Above the *municionieri* were the deputies who worked alongside other officials, namely the treasurer and the secreto for the financial aspects.

While the engineer was the principal figure responsible for the project at large, and provided instructions for its implementation, his sporadic presence on the building site made it necessary to introduce a figure who was permanently at the helm of the construction work. The proper execution of the work was therefore overseen by a master mason, in this specific case by Antonio Belguardo, later replaced by Francesco Basilicata, who was paid an annual salary of 30 onze for his appointment. Although the stability of the appointment allowed the master mason to have a certain degree of influence over the final results of

the construction efforts, he had a limited measure of freedom regarding his expectations for the project. This is confirmed by the reimbursement of expenses granted to Belguardo which are recorded in the register of the Palermo building site *per haviri andato in trapani per conferiri cum lu ingigneri supra la maramma di la turri di lo tronu* [for going to Trapani to confer with the engineer about the construction of the tower of thunder]. In this case, the documents also indicate the existence of a head labourer for each area of the interventions, who received the payments and distributed them to the workers in his charge. It appears that he was assisted by two helpers, one of whom was in charge of supervising the labourers, and another in charge of receiving the purchased materials, especially the sand usually transported by sea to the plain of San Sebastiano.

The documents examined here enable us to trace a cross-section, which, albeit tentative, lends considerable insights that help to deepen our knowledge of the building sites established for the construction of fortifications in Sicily in the first decades of 16th century. Although some aspects related to planning responsibilities deserve deeper consideration, several bodies of evidence enable us to hone in on the setup of the project, and the primary modes of communication that governed its execution. Finally, it is clear from the general picture and from the examples examined here that a precise and replicable organizational model existed, and that care was taken to establish a pyramidal organizational structure that was somewhat articulated, and still able to guarantee the efficiency, speed and quality of the works, as well as financial management and control.

3. BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

Capasso, Gaetano. 1905-1906. "Il governo di Ferrante Gonzaga in Sicilia." *Archivio Storico Siciliano* XXX: 405-470, XXXI: 1-112 e 337-461.

Di Giovanni, Vincenzo. 1896. "Le fortificazioni di Palermo nel XVI secolo secolo giusta l'ordini dell'ing. Antonio Ferramolino." In *Documenti per servire alla storia di Sicilia*, s. IV, IV. Palermo: Tipografia "Lo Statuto".

Dufour, Liliane. 1999. "Città e fortificazioni in Sicilia nell'età di Carlo V." In *Vincenzo degli Azani da Pavia e la cultura figurativa in Sicilia nell'età di Carlo V*, edited by Teresa Viscuso, 11-24. Siracusa: Ediprint.

Gaeta, Alessandro. 2010. *"A tutela et defensa di quisto regno". Il castello a mare di Palermo, Baldiri Meteli e le fortificazioni regie in Sicilia (1479-1516): protagonisti, cantieri, maestranze*. Palermo: Qanat.

Gazzè, Lavinia. 2012. *Governare il territorio:* la *Sicilia descritta, misurata, disegnata (secoli XVI-XVII)*. Acireale-Roma: Bonanno.

Giarrizzo, Giuseppe. 1989. "La Sicilia dal Cinquecento all'Unità d'Italia." In *La Sicilia dal Vespro all'Unità d'Italia*, edited by Vincenzo D'Alessandro and Giuseppe Giarrizzo, 172-192. Torino: UTET.

Giuffrè, Maria. 1976. "Palermo 'città murata' dal XVI al XIX secolo." *Quaderno I.D.A.U.* 8: 41-68.

Gonzaga, Ferrante. 1896. "Relazione delle cose di Sicilia fatta da D. Ferrando Gonzaga all'imperatore Carlo V 1546." In *Documenti per servire alla storia di Sicilia*, s. IV, IV, edited by Ferruccio Carlo Carreri, 5-27. Palermo: Tipografia "Lo Statuto".

Gosellini, Giuliano. 1574. *Vita del prencipe don Ferrando Gonzaga*. Milano.

Lamberini, Daniela. 2007. *Il Sanmarino. Giovan Battista Belluzzi architetto militare e trattatista del Cinquecento*. Firenze: Leo S. Olschki Editore.

Lantieri, Giacomo. 1559. *Duo libri di M. Giacomo Lanteri di Paratico da Brescia del modo di fare le fortificazioni di terra intorno alle città, & alle Castella per fortificarle...* Venezia: Bolognino Zaltieri.

Maggi, Girolamo and Castriotto, Giacomo. 1583. *Della fortificatione delle città, di M. Girolamo Maggi, e del Capitan Iacomo Castriotto,... Libri III.* Venezia: Camillo Borgominiero.

Nobile, Marco Rosario. 2010. *Antonello Gagini "architetto" 1478 ca.-1536*. Palermo: Flaccovio editore.
Nobile, Marco Rosario. 2013. "Volte in pietra. Alcune riflessioni sulla stereotomia tra Italia meridionale e Mediterraneo in età moderna". In *La stereotomia in Sicilia e nel Mediterraneo*, edited by Marco Rosario Nobile, 7-56. Palermo: Caracol.
Palazzolo, Antonino. 2007. *Le difese del Gonzaga a Palermo (1535-1546)*. Palermo: ISSPE.
Sartor, Mario (ed.). 1989. *Nuove inespugnabili forme diverse di fortificationi*. Padova: Cleup Editrice.
Tadini, Guido. 1977. *Ferramolino da Bergamo – l'ingegnere militare che nel – 500 fortificò la Sicilia*. Bergamo: Poligrafiche Bolis.
Vesco, Maurizio. 2008-2009. "Cantieri e maestri a Palermo fra tardogotico e rinascimento: nuove acquisizioni documentarie". *Lexicon. Storie e architettura in Sicilia*. 5/6: 47-64.
Vesco, Maurizio. 2009-2010. "Pietro Antonio Tomasello de Padua: un ingeniero militar véneto en la Sicilia de Carlos V." *Espacio, Tiempo y Forma* 22-23: 45-73.
Vesco, Maurizio. 2014. "*Il Castellammare di Palermo; un progetto non realizzato di Pietro Antonio Tomasello da Padova*." In *Ricostruire. Architettura - Storia - Rappresentazione. 1*, edited by Maurizio Vesco, 7-30. Palermo: Edizioni Caracol.

Um Capítulo na História da Arquitetura e da Construção Escolar Pública no Brasil:
A Experiência da CARPE

Silva, Geraldo Ângelo A.[(1)*]; dos Santos, Roberto E.[(2)*]
[(1)]dinhoarq@yahoo.com.br, [(2)]eustaaquio1958@ufmg.br
[*]Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura.

RESUMO

Em contrapartida à importância dada pela historiografia da construção e da arquitetura às grandes obras públicas, elementos singulares na paisagem das cidades, a atenção deste trabalho se volta aos edifícios escolares padronizados, no que poderíamos definir como arquitetura de caráter ordinário, ainda muito pouco estudada. Analisamos a experiência de duas instituições públicas – as autarquias Campanha de Reparo e Restauração dos Prédios Escolares do Estado (CARRPE) e Comissão de Construção, Ampliação e Reconstrução dos Prédios Escolares do Estado (CARPE) – discutindo sua relevância para a cultura arquitetônica e para a história da construção em Minas Gerais, Brasil. A análise baseia-se numa leitura crítica de documentos oficiais, reportagens e obras, com ênfase em seu processo de produção e construção. Nossa intenção é ampliar a leitura desse sistema e colaborar para a reconstituição de sua história. Em conjunto, CARRPE e CARPE, foram os órgãos públicos que mais projetaram e construíram edifícios escolares em Minas Gerais (1958-1987). A trajetória dessas entidades pode ser periodizada em três momentos: fundação, consolidação e esgotamento. O primeiro momento é marcado pela atuação da CARRPE (1958-1967), cuja atribuição principal era a manutenção e a reforma predial. Ela se revela como um laboratório de experimentações projetuais, tecnológicas e construtivas. Num segundo momento, impulsionada pelas mudanças institucional (de campanha para comissão) e de atribuição, a CARPE consolida novo sistema de produção, elaborando de maneira singular e sistemática um inédito modelo de produção de edificações. Esse período é caracterizado por eficiência e rapidez no desenvolvimento de projetos e na execução de obras, definindo um significativo salto quantitativo e qualitativo. O esgotamento inicia-se a partir de um intenso questionamento acerca do caráter massivo e padronizado dessa produção. Tais críticas, provenientes principalmente do ambiente acadêmico, parecem ter sido determinantes no declínio da CARPE, extinta em 1987.

Entre outras coisas, destaca-se nesse cenário a peculiaridade da forma da atuação pública da CARPE em relação a outras experiências brasileiras com racionalização e padronização construtiva. É especialmente relevante o fato de que não se verifica aí a reprodução da lógica de imprimir nas obras públicas a marca dos governos e arquitetos. São objetos sem autoria definida, concebidos coletivamente de acordo com rigorosa e organizada estrutura. Assim, essa produção arquitetônica se mostra exemplar na forma como congregou profissionais para a boa projetação e para criação de sistemas produtivos de qualidade.

Palavras-chave: arquitetura escolar pública; racionalização construtiva; padronização; CARPE

1. INTRODUÇÃO

A maior parte da produção historiográfica da construção e da arquitetura tende a dedicar seus estudos às chamadas grandes obras, edificações de caráter público e de destacado valor simbólico, em geral elementos singulares na paisagem das cidades. Nesse aspecto, a História da Arquitetura e da Construção segue o modelo da chamada História Política[1], que privilegia os grandes nomes e os grandes feitos. Este trabalho adota direção oposta, voltando sua atenção para os edifícios escolares padronizados, produzidos em série, no que poderíamos definir como arquitetura de caráter ordinário. A história da arquitetura e da construção no Brasil, em função de suas dimensões, revela momentos de intensa produção de edifícios públicos, ainda pouco estudada. Essa constatação nos autoriza a perguntar pelo peso da participação desse tipo de produção na constituição dos espaços cotidianos e nas dinâmicas produtivas. Além disso, podemos perguntar também pelo grau de importância que vem desempenhando na constituição do próprio campo da arquitetura e da construção.

Analisamos aqui a experiência de duas instituições públicas – as autarquias denominadas *Campanha de Reparo e Restauração dos Prédios Escolares do Estado* (CARRPE) e *Comissão de Construção, Ampliação e Reconstrução dos Prédios Escolares do Estado* (CARPE) – discutindo sua relevância para a cultura arquitetônica e para a história da construção brasileira. Em conjunto, CARRPE e CARPE, foram os órgãos públicos que mais projetaram e construíram edifícios escolares no Estado de Minas Gerais. Entre 1958 e 1987, elas foram responsáveis pela elaboração de mais de 3.000 projetos. Tal experiência é contemporânea de outras tentativas de padronização construtiva no âmbito estadual e nacional como as chamadas *Brizoletas*[2], o *PREMEM*[3], os *CIEPs*[4] e as *Escolas Rurais Transitórias*[5]. Intencionamos aqui ampliar a leitura dos sistemas de produção cunhados para lidar com a produção de edifícios educacionais padronizados, compreendendo a experiência das autarquias mineiras no âmbito geral da produção padronizada, para reconstruir criticamente sua história.

Desde o ponto de vista metodológico, a pesquisa foi elaborada com base na análise crítica e triagem de fontes primárias encontradas em arquivos institucionais (desenhos, manuais e outros documentos oficiais) e acervos pessoais dos arquitetos engajados nessa produção, de publicações especializadas e publicações acadêmicas em arquitetura e construção, bem como das legislações municipais, estaduais e nacionais. Além disso, foram realizadas entrevistas em que se colheram depoimentos de funcionários de diversas instituições e também de arquitetos e engenheiros em atividade no período analisado. Também foram realizadas visitas técnicas às edificações. Fundamentado nesse conjunto de dados e informações, o trabalho busca remontar a história dessas obras em seus aspectos projetuais e construtivos, e ainda, visa ampliar o entendimento desse sistema produtivo de construção, contribuindo para o reconhecimento da importância

[1] *Ver Cardoso, Ciro Flamarion, Vainfas, Ronaldo. (org.) 1997. Domínios da história: ensaio de teoria e metodologia. Rio de Janeiro: Campus.*

[2] *As Brizoletas são as 2.000 escolas padronizadas construídas em dois anos do governo de Leonel Brizola no Estado Rio Grande do Sul, Brasil, apartir de 1959. (Cemin, 2010)*

[3] *As escolas padronizadas do PREMEM (Programa de Expansão e Melhoria do Ensino Médio) criados no Brasil na década de 1970 foram financiados pelo convênio MEC/USAID (Ministério da Educação e Cultura/ Agencia Norte Americana de Desenvolvimento) (Bittencourt Junior; Pedrosa, 2015)*

[4] *Os Centros Integrados de Educação Pública (CIEPs), implantados no Rio de Janeiro, foram frutos da parceiria entre o arquiteto Oscar Niemeyer e o então governador do Estado do Rio de Janeiro, Leonel Brizola. (Revista Módulo. 1986).*

[5] *As Escolas Rurais Transitórias foram criadas pelo arquiteto João Filgueiras Lima, o Lelé, para suprir as necessidades de espaços educacionais nas cidades satélites ao Distrito Federal do Brasil (Lima, 1984).*

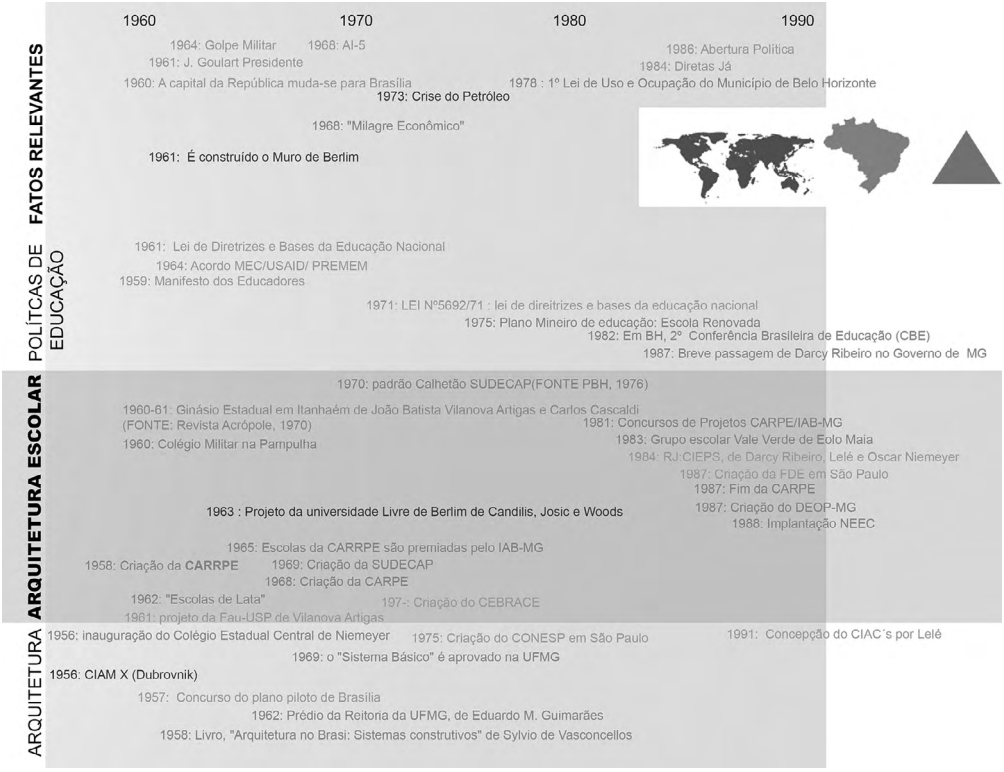


Fig. 1 - Linha temporal da arquitetura escolar e fatos relevantes (Elaborado por Geraldo Ângelo Silva).

das obras ordinárias para o cotidiano das cidades. Buscamos, sobretudo, entender a eficácia e os limites do sistema de operação institucional das CARRPE-CARPE, em termos de sistematização de procedimentos de projetos e racionalização de processos de execução das obras, incluindo o grau de rigor e controle institucional do processo de fazimento. Buscamos também fazer uma reflexão sobre legado dessa experiência no que diz respeito ao conhecimento especializado e à competência técnica e construtiva engendrados ao longo de sua trajetória. As seções que seguem são dedicadas a descrever e a analisar o modo de operação das duas versões da autarquia estadual no que se refere à produção de projetos e construções.

TRAJETÓRIA

A CARRPE atuou de 1958 a 1967, tendo inicialmente a manutenção e a reforma predial dos monumentais grupos escolares[6] por principal atribuição. No entanto, a análise de sua trajetória nos revelou um verdadeiro laboratório de experi-

[6] *Os grupos escolares (1910-1930) são as construções escolares advindas com a instauração do período republicano no Brasil. Usava-se sua expressividade arquitetônica como simbolismo para a instauração de um novo tempo, superando o período monárquico brasileiro. Essas construções suntuosas despendiam de grande investimento público.*

Fig. 2 – Escola de Lata em Cachoeira Dourada. (FONTE: Prefeitura de Cachoeira Dourada).

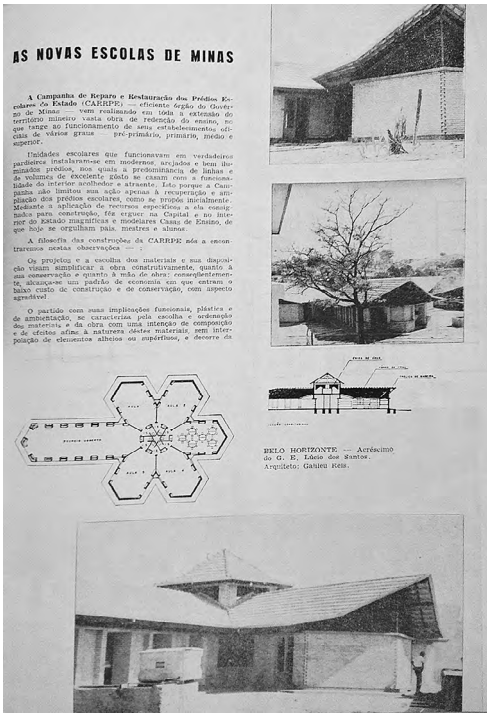
mentações no âmbito do projeto e da construção. Por sua vez, a CARPE, que substituiu a entidade anterior a partir de 1968 até sua extinção em 1987, promoveu um ainda mais expressivo avanço e refinamento nos procedimentos de produção de projetos e obras, especialmente na sistematização da projetação e na racionalização e eficiência construtiva. Essa trajetória pode ser periodizada em três momentos distintos: fundação-eclosão, consolidação-difusão e esgotamento. O esquema abaixo ilustra o período analisado por meio de uma linha do tempo em que estão representados os aspectos políticos, educacionais e do campo da arquitetura.

Fundação-Eclosão

O enfrentamento do déficit de salas de aula no Estado pressionava para soluções padronizadas e de rápida construção. Então, desde o momento inicial, sua atuação é marcada por intensa experimentação construtiva, tecnológica e projetual. Exemplo disso está nas chamadas *Escolas de Lata*. Nessa experiência por meio de um o processo licitatório o governo estadual construiu 400 escolas padronizadas em 9 meses. Essas escolas foram construídas utilizando um sistema construtivo baseado no aço, presente nas estruturas (pilares e vigas), nas vedações e na cobertura. Como salienta Camisassa, o sistema foi "caracterizado por uma impactante austeridade estética" (Camisassa, 2013). O emprego indiscriminado do aço determinou uma baixa qualidade ambiental dos espaços. Por isso, elas tiveram grande rejeição obrigando a CARRPE a abandonar rapidamente esse modelo.

A CARRPE logo extrapolou sua atribuição inicial exclusiva de execução de reparos e manutenção de prédios antigos, avançando na busca por alternativas para a construção de escolas e superando também a experiência das Escolas de Lata. Um dos resultados dessas novas experimentações construtivas é publicado pela Revista Arquitetura e Engenharia[7] em 1965. Nessas obras, diferente-

[7] *A revista foi publicada em Belo Horizonte, entre 1946 a 1965 publicando 68 números. O exemplar de número 68 foi o único daquele ano e o último publicado pela revista, que teve a publicação*



AS NOVAS ESCOLAS DE MINAS

A Campanha de Reparo e Restauração dos Prédios Escolares do Estado (CARPE) — eficiente função do Governo de Minas — vem realizando em tôda a extensão do território mineiro vasta obra de redenção do ensino, no que range ao funcionamento de seus estabelecimentos oficiais de vários graus — pré-primário, primário, médio e superior.

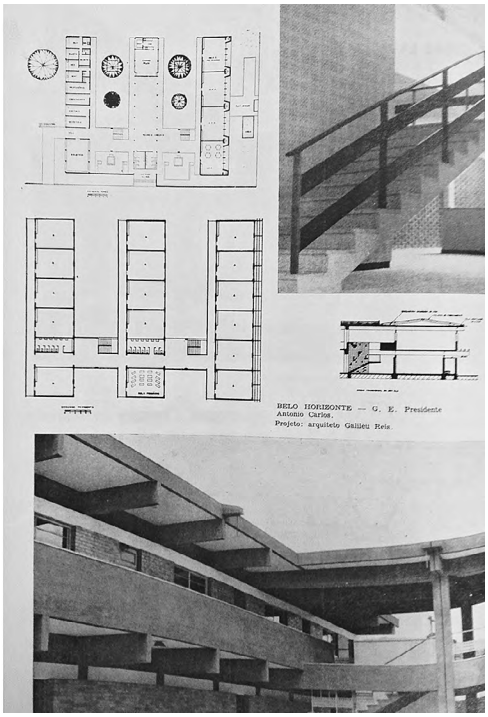
Unidades escolares que funcionavam em verdadeiros pardieiros instalaram-se em modernos, arejados e bem iluminados prédios, nos quais a predominância de linhas e de volumes de excelente gôsto se casam com a funcionalidade do interior acolhedor e atraente. Isto porque a Campanha não limitou sua ação apenas à recuperação e ampliação dos prédios escolares, como se propôs inicialmente. Mediante a aplicação de recursos especiais, a ela consignados para construção, fêz erguer na Capital e no interior do Estado magníficas e modelares Casas de Ensino, de que hoje se orgulham pais, mestres e alunos.

A filosofia das construções da CARRPE não a encontraremos nestas observações — :

Os projetos e a escolha dos materiais e sua disposição visam simplificar a obra construtivamente, quanto à sua conservação e quanto à mão de obra; conseqüentemente, alcança-se um padrão de economia em que entram o baixo custo de construção e de conservação, com aspecto agradável.

O partido com suas implicações funcionais, plástica e de ambientação, se caracteriza pela escolha e ordenação dos materiais e da obra com uma intenção de composição e de efeitos afins à natureza destes materiais, sem interpolação de elementos alheios ou supérfluos, e decorre da

BELO HORIZONTE — Acréscimo do G. E. Lúcio dos Santos. Arquiteto: Galiléu Reis.



BELO HORIZONTE — G. E. Presidente Antonio Carlos.
Projeto: arquiteto Galiléu Reis

Fig. 3 (a e b) - Páginas da Revista Arquitetura e Engenharia Nº68 de 1965, páginas não numeradas.

mente das "industrializadas" *Escolas de Lata* e dos grupos escolares monumentais produzidos entre 1910 e 1930, utilizou-se técnicas construtivas consideradas inovadoras para a época, tais como estruturas em concreto armado, lajes pré-moldadas, vedações em tijolos cerâmicos aparentes e pisos cimentados. Essas obras são chamadas aqui *Seminais*, pois a partir delas foram desenvolvidos os modelos amplamente reproduzidos (Padrões) descritos adiante. O texto da referida publicação define claramente os conceitos norteadores da CARRPE naquele momento:

Os projetos e as escolhas dos materiais e sua disposição visam simplificar a obra construtivamente, quanto à sua conservação e quanto à mão de obra; consequentemente, alcança-se um padrão de economia em que entram o baixo custo de construção e de conservação, com aspecto agradável. O partido com suas implicações funcionais, plástica e de ambientação, se caracteriza pela escolha e ordenação dos materiais e da obra com uma intenção de composição e de efeitos afins à natureza destes materiais, sem interpolação de elementos alheios e supérfluos, e decorre da própria técnica de construir, isto é, cada material é solicitado a integrar o conjunto de acordo com seus

interrompida pelo Golpe Militar de 1964.Cf. Revista Arquitetura e Engenharia. v.1, n.68, 1965 [s.p.]

> *próprios recursos de resistência e de aparência. (Revista Arquitetura e Engenharia. vol.1 nº68, 1965, [s.p.]). (Grifos dos autores)*

A *Revista Arquitetura e Engenharia* abriu espaço para divulgação dessa nova produção em mais quatro de suas páginas (aparentemente na seção comercial, o que sugere tratar-se matéria paga) com o título, "As Novas Escolas de Minas". A CARRPE em seus 10 primeiros anos de atividade foi responsável pela elaboração de aproximadamente 900 projetos em Minas Gerais, embora, em sua maioria, refiram-se a obras de reparos, ampliações e restaurações de edifícios existentes.

Consolidação-Difusão

O segundo e mais importante período iniciou-se com a mudança oficial no nome da autarquia, que passa a se chamar CARPE. Essa mudança corresponde a uma ampliação nas suas atribuições, indicando que as experimentações iniciadas na fase anterior haviam sido valorizadas e culminaram na consolidação de um novo sistema de produção. A partir desse momento inicia-se o trabalho de padronização de modelos que serão consolidados pelo uso ao longo do tempo. Tais modelos são gerados a partir das supracitadas obras seminais, resultando em nove padrões espaciais. Esses modelos filiam-se aos preceitos de que lança mão a Arquitetura do Movimento Moderno no Brasil do período não só pela aproximação com as características brutalistas incorporadas na concepção dos projetos, mas também por estratégias projetuais tais como coordenação modular, racionalização construtiva, padronização de soluções, e flexibilidade espacial. Esse é o momento em que observamos um grande salto no número de escolas inauguradas pela autarquia no Estado. Um tal salto quantitativo seria impossível caso não fosse mediado por um muito bem definido sistema de produção, que em grande parte se assemelha a uma linha de produção. A produção de edifícios escolares, alcançou sua plena eficácia, respondendo plenamente às metas internas dos governos estadual e dos municípios. Vale ressaltar que os modelos da CARPE foram reproduzidos por diversas municipalidades e, até mesmo, pela iniciativa privada, como a Escola Theodor Herzl em Belo Horizonte.

Esgotamento

A fase de esgotamento é marcada por questionamentos acerca da própria produção padronizada, então considerada massiva e repetitiva. Um tal questionamento leva a crer que o sistema de produção, embora eficiente, comece a ser julgado negativamente. As críticas partiam tanto da equipe da própria CARPE quanto de grupo de profissionais arquitetos atuantes em Minas naquele momento. As mudanças no pensamento pedagógico e sua incorporação às políticas públicas da década de 1970 parecem ter sido fundamentais para embasar os argumentos contrários ao tipo de espaço resultante do sistema CARPE. Em 1976, o Plano Estadual de Educação criticou severamente o modelo de escola produzido pela autarquia, reafirmando e promovendo a implantação daquilo que denominava Escola Renovada cuja principal diretriz era tornar operativos os artigos da Lei 5.692/71 (Lei de Diretrizes e Base da Educação). Sob o ponto de vista da estrutura física, a Escola Renovada exigia espaços diferentes daqueles dos edifícios padronizados até então construídos, tal como demonstra o próprio texto do plano:

> *(...) a nova concepção da Escola incidirá em inevitavelmente em mais econômica, flexível e criativa utilização dos espaços. Aqui também a imaginação deverá ser posta a serviço da imaginação. Os materiais de construção, por exemplo, não poderão ser uniformes e indiferenciados em todo nosso vasto e vário território. (Minas Gerais, 1976). (Grifo dos autores)*

Fig. 5 - Escola Estadual Joaquim Francisco em Inhapim-MG - Padrão 4/1983 (FOTO: SRE-CARATINGA).

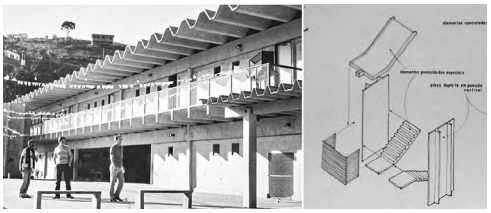


Fig.4 (a e b) - Escola Estadual Antonio Linhares Guerra Machado em Itabira – MG, de 1980 (FOTO: Acervo pessoal de Márcio Lustosa, esquema de montagem da escada).

No final de 1980, foi celebrado um convênio entre Secretaria do Estado da Educação, CARPE e IAB-MG (Instituto dos arquitetos do Brasil) cujo objetivo era a execução do projeto "Novos sistemas e processos construtivos". Desse convênio resultaram, simultaneamente, dois concursos públicos de anteprojetos: Os concursos regionais de arquitetura "Prêmio Doutor Paulo Diniz Chagas" e "Prêmio Arquiteto Eduardo Mendes Guimarães Jr.". Eles tinham diferenças claras de propósito. Enquanto o primeiro previa propostas de construções industrializadas e ampliáveis para as cidades de grande e médio porte, o segundo sugeria o uso de técnicas de construção locais e artesanais. Ambos deixavam claro em seus editais que as propostas deveriam ter carater regionalista e atender às diferenças socio-culturais do Estado. Os concursos envolveram grande parte da comunidade de arquitetos mineiros tendo obtido um grande número de inscrições e propostas. Embora a CARPE tenha pago os prêmios aos vencedores, não se aproveitou muito das propostas apresentadas, tendo sido cosntruídas pouquíssimas escolas industrializadas. Ao que parece, os concursos não surtiram efeito transformador nas práticas da CARPE que manteve suas atividades sem absorver as ideias e conceitos das propostas. Simultaneamente aos concursos, a equipe técnica da CARPE desenvolveu, em caráter experimental, duas escolas montadas integralmente com elementos pré-fabricados em concreto. (Ver Fig. 4a e 4b)

A partir de 1983 a autarquia retomou seu sistema de operação com algumas atualizações nos padrões construtivos, tais como a do Padrão 4 (ver Fig. 5), sem no entanto, incorporar os elementos industrializados em seus projetos até o fim de suas atividades em 1987.

Com a troca de governo naquele ano, o recém-eleito governador Newton Cardoso reestruturou os órgãos do Estado, centralizando toda a produção de projetos e obras do Estado num único órgão, o Departamento de Obras Públicas (DEOP). Entre as primeiras ações do novo órgão estava o lançamento de um programa pedagógico e de expansão das escolas intitulado Núcleo de Ensino e Extensão Comunitária (NEEC) (Minas Gerais, 1988). O NEEC foi desenvolvido por equipe técnica externa ao DEOP, impondo um novo padrão para edifícios escolares baseado em sistema construtivo industrializado no lugar do sistema anterior cuja tecnologia estava baseada num tipo de produção amplamente difundido. O sistema NEEC[8], em vista da tecnologia que empregava, pressupunha empresas construtoras de maior porte e emprego de mão de obra especializada. Antes de tudo, significava centralização do poder de gerenciamento e concentração de lucro para poucas empresas. Nesse aspecto o sistema do concreto e alvenaria de vedação, antes empregado, pode ser considerado mais justo e democrático. Além disso, tal mudança tecnológica desmobilizou um sistema de produção e um corpo de conhecimento consolidados ao longo de anos. Esse novo

[8] *Foram construídos somente aproximadamente 20 exemplares desse modelo. Esse foi abandonado devido a seu alto custo e dificuldades no transporte das peças metálicas pelo Estado de Minas Gerais.*

modelo de gestão de obras representou também o início da dissolução das equipes técnicas internas nas instituições estaduais e uma ampliação das licitações, terceirizações e contratações externas de projetos e obras.

2. SISTEMA CARPE

Conforme já foi dito, a concepção, consolidação, difusão e aprimoramento do sistema CARPE teveram início com as chamadas obras seminais, sendo sucedidas pelo desenvolvimento dos Padrões arquitetônicos e encerradas junto com a extinção da autarquia em 1987.

As construções da primeira fase da autarquia (CARRPE) exploraram várias possibilidades de uso do concreto e de outros materiais em seu estado bruto. Foi necessário repensar não somente os projetos arquitetônicos, mas também a forma de viabilização das obras pelo vasto território mineiro. É possível notar nessas obras algumas soluções arquitetônicas de caráter experimental tais como os *brise-soleils* em concreto para a Escola Normal Oficial de Montes Claros (ver Fig. 6), e outras decisões de projeto que posteriormente se consolidariam em padrões construtivos tais como as plantas organizadas em pavilhões, os materiais em seu estado natural e as circulações avarandadas.

Por outro lado, observam-se soluções que não vingaram, como, por exemplo, o modelo em um pavimento e com circulação periférica do edifício anexo ao Grupo Escolar Lúcio da Santos em Belo Horizonte. Outro exemplo é o da solução em planta não pavillhonar da escola de Ibirité. Há também uma grande variação na solução das coberturas, em que ora se utilizou telhado cerâmico, ora cimento-amianto ou até mesmo lajes planas. Podemos entender essas obras, concebidas pelos arquitetos Galileu Reis e José Resende da Cunha construídas entre 1962 e 1965, como matrizes projetivas fundamentais dos posteriores padrões arquitetônicos, uma vez que suas características espaciais e construtivas reaparecem nos nove modelos posteriores.

Fig. 6 – Obra Seminal - Escola Normal Oficial de Montes Claros, MG (FOTO: Amaro Sérgio Marques).

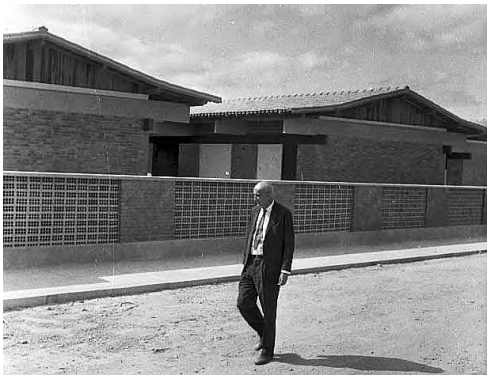


Fig. 7 - Escola Padrão CM1 CARPE em Belo Horizonte, 1967 (FONTE:APCBH).

A partir de 1968, a CARPE desenvolveu seus padrões construtivos baseados na sistematização das soluções testadas. Por intermédio de seu Centro de Pesquisa, ela elabora um conjunto de manuais e documentos técnicos de apoio aos projetos padrões e coordenação de obras. Esses documentos foram fundamentais para o ganho efetivo de tempo e de rigor construtivo. A partir deles a equipe da CARPE pôde tanto desenvolver internamente os projetos, quanto contratá-los de escritórios e empresas de consultoria, via licitação pública. Durante esse período, o prazo médio entre escolha do terreno e a entrega de uma escola para funcionamento era de oito meses em qualquer região do Estado de Minas Gerais. Os primeiros padrões desenvolvidos foram os chamados Curso Médio 1 (CM1) e Curso médio 2 (CM2), de um pavimento (Ver Fig. 7 e 8). O Padrão 3 foi primeiramente desenvolvido em dois pavimentos com a finalidade de viabilizar obras em locais com pouca oferta de terreno. O Padrão 4 (Ver Fig. 9), de dois pavimentos, e o Padrão 5, de um pavimento, foram amplamente aplicados e difundidos, tanto que se observa hoje que a maioria das construções seguiram esses padrões. Já os Padrões 7, 8, 9 e CACs se limitaram ao atendimento de pequenas localidades, vilarejos, comunidades e distritos de menor porte. Em resumo, todos os nove padrões construtivos apresentavam as mesmas especificações de materiais variando as soluções de cobertura (telhado cerâmico, telhas em amianto ou platibanda em alvenaria), a de alvenaria ora aparente ora revestida e número de pavimentos (1 ou 2). Outra variação importante acontece no sistema estrutural, em que alguns padrões eram estruturados pelas alvenarias e outros por estruturas de concreto armado aparente.

As soluções projetuais, inspiradas na arquitetura brutalista dos anos 1960, exploraram as potencialidades de expressividade plástica de elementos e materiais em estado bruto por meio

Fig. 8 - Escola Padrão CM2 da CARPE no Município de Bicas (FONTE:Prefeitura de Bicas).

Fig. 9 - Escola Padrão 4 CARPE em 2 pavimentos – (FOTO: Construtora Marco XX).

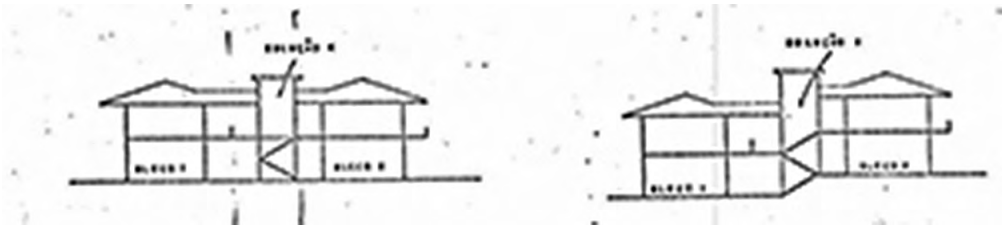


Fig. 10 - Esquema de implantação dos blocos em diferentes terrenos (FONTE: CARPE, 197-).

de uma racionalzação construtiva tal como se pode observar na Fig. 7. A inovação construtiva possibilitava economia de recursos e ganhos de qualidade ambiental dos espaços interno e externo por intermédio do controle de luz, ventilação e de distribuição dos blocos de salas e infraestruturas. Em contrapartida, as soluções de cobertura remetiam, a julgar pelo telhado cerâmico sobre madeiramento, à técnica construtiva colonial brasileira.

É importante ressaltar que o mesmo sistema construtivo dava conta de atender variadas demandas espaciais e que tanto os projetos quanto a obras, em vista do grau de sistematização de procedimentos e racionalização construtivo, poderiam ser realizados, de um lado por qualquer equipe de arquitetos, e por outro, por uma diversificada gama de empresas construtoras.

DINÂMICA DE PROJETAÇÃO E FLUXO DE ATIVIDADES

Anualmente eram definidos pela Secretaria do Estado da Educação de Minas Gerais, com anuência direta do Governador, quais os municípios seriam contemplados com a construção de prédios escolares novos ou com reformas, a aprovação de recursos financeiros e a demanda de espaço. Vale lembrar, a demanda espacial, além do números de salas de aula, podia incluir bibliotecas comunitárias, consultórios médicos, laboratórios de

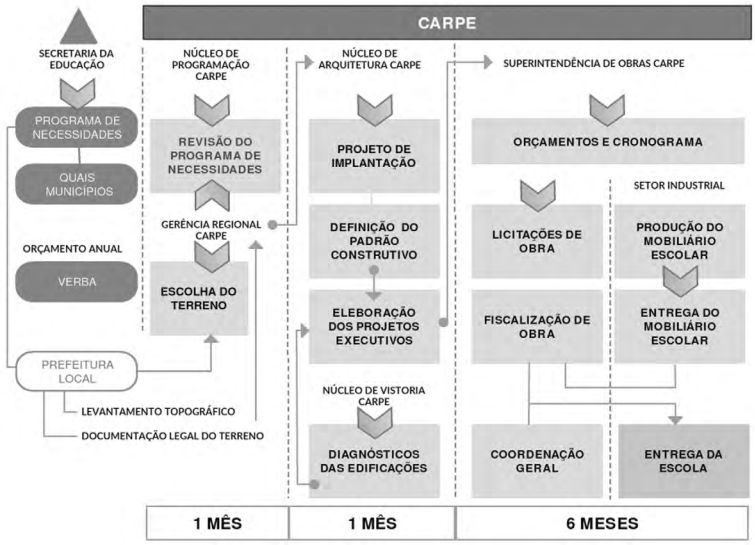


Fig.11 - Diagrama de atuação da CARPE (elaborado por Geraldo Ângelo Silva).

ciências e oficinas técnicas. Isso leva a crer que havia uma articulação entre as diversas secretarias de Estado. A ideia era de que, dependendo da estrutura de serviços públicos do município, as escolas da CARPE pudessem suprir outras demandas da população, além do ensino. Dessa forma, a programação arquitetônica era discutida e redefinida por uma seção denominada Núcleo de Programação. Os casos de reparos e reformas cabiam ao Núcleo de Vistoria, acionado para diagnosticar o estado de conservação das instalações e repassar ao Núcleo de Arquitetura, encarregado da elaboração de projetos de reforma. Era definida também a verba destinada a cada obra. O trabalho iniciava, no caso de edificação nova, pela escolha do terreno pelas gerências regionais, em negociação direta com as prefeituras. Os terrenos eram escolhidos em função de sua capacidade e facilidade de implantação dos padrões existentes, em função das dimensões mínimas necessárias para abrigar o pré-programa de necessidades. As prefeituras, uma vez escolhido o terreno, ficavam responsáveis por sua legalização e pela contratação dos serviços de levantamento topográfico. Esses documentos eram encaminhados para o Núcleo de Arquitetura em atendimento direto das gerências regionais caso a caso. O diagrama na Fig.11 ilustra os procedimentos acima descritos. Orçamentos e cronogramas de obra eram divididos em três subtotais para maior controle das etapas e facilitar a fiscalização da empreiteira contratada para cada obra. O Subtotal A se referia aos serviços preliminares (sondagem, instalação do canteiro, terraplenagem e fundação da edificação), o Subtotal B se referia a execução do prédio padrão em si e o Subtotal C aos serviços complementares das áreas externas como muros, passeios, gramados e escadas externas. O interessante é perceber que somente os Subtotais A e C variavam em decorrência das especificidades de cada terreno. O domínio projetual e dos custos sobre o Subtotal B (edificação padrão) alavancaram a velocidade do processo. Para as reformas e reparos nas edificações escolares, o Núcleo de vistoria iniciava

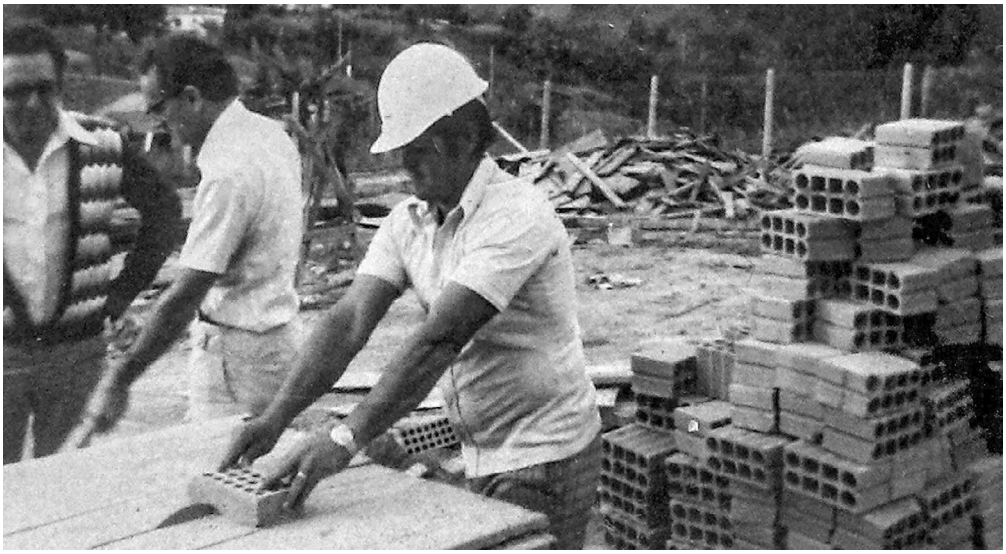


Fig.12 - Testes de corte de tijolos, Obra da CARPE (FOTO: Acervo pessoal de Márcio Lustosa).

Fig.13 - Obra da CARPE em Divinópolis, MG (FOTO: Acervo pessoal de Márcio Lustosa).

os trabalhos com um diagnóstico feito por meio de visitas às escolas.

COORDENAÇÃO E SISTEMA DE OPERAÇÃO DE OBRAS

A Superintendência de obras da CARPE coordenava a execução e a fiscalização das obras. Ela era formada por gerências regionais as quais dividia no território estadual em onze diferentes áreas geográficas de atuação. As gerências regionais assistiam tecnicamente às obras e aos serviços de reparos escolares em suas áreas de ação, tanto nas obras executadas pela própria CARPE quanto nas obras licitadas. De toda maneira, faz-se importante observar que a atuação das equipes técnicas da CARPE era uma forma de garantir o atendimento rápido aos municípios, mas, ao que tudo indica, sem preocupação especial com uma análise

profunda dos contextos locais e com soluções específicas. A forma de operação era padronizada segundo variações de um determinado modelo, orientadas meramente para a eficiêcia construtiva.

A tecnologia do concreto empregada pela CARPE, em vista de sua facilidade operativa, teve rápida difusão no Brasil. No período analisado, já poderíamos falar em um conhecimento de domínio público, posto que está tanto na produção formal quanto na produção informal. No entanto, o controle da produção formal, naquele momento assim como hoje,está restrito a arquitetos e engenheiros com base na noção de responsabilidade técnica, conferida pelo diploma. Esse esquema de produção permite uma certa democratização nas licitações do que podemos chamar "mercado de obras públicas", tanto que constam como prestadores de serviços para a CARPE pequenas e médias assim como grandes empresas. No entanto, nos casos de sistemas construtivos de aço e pré-fabricados de concreto isso não acontece.

3.CONCLUSÕES

Com a centralização das decisões de projeto e do controle de obras conseguia-se produzir espaços de qualidade e de rigor construtivo. Se por um lado a especialização num determinado tipo de procedimento, isto é, o desenvolvimento de um conhecimento prático orientado para a racionalização de projeto e de obras garantia eficiência e qualidade, por outro lado, reduzia a possibilidade de incorporação de prodecimentos alternativos. Outra questão importante constadada aqui o emprego de tecnologia amplamente difundida (concreto armado e vedações em alvenaria) garantia um mais justo e democrático processo licitatório público para contratação de obra, Os sistemas tecnológicos masi sofisticados, a exemplo do aço, estão associados à centralização de poder.

Além disso , não se deu na CARPE a reprodução de uma prática comum no Brasil, de utilizar as obras públicas como marcas dos governos, governadores ou dos autores arquitetos. O foco parece estar no aprimoramento técnico do sistema de operação por intermédio da repetição de modelos de tecnologia construtiva usual. Apesar dos conflitos e limitações dos projetos padronizados, é notável a qualidade dos equipamentos escolares produzidos com um baixo custo, facilidade de execução, baixa manutenção e boa aceitação dos usuários. Sua concepção arquitetônica, hoje considerada seminal, pode ser vista como um objeto sem autoria definida, produzido, revisto e atualizado coletivamente dentro de sua rigorosa e organizada estrutura institucional pública. Trata-se aqui de uma arquitetura não autoral, comprometida em criar um sistema para planejamento de obra e ordenação dos espaços.

Assim, a produção arquitetônica da CARPE se mostra relevante e como um exemplo de forma de agrupamento de profissionais para a boa projetação e para criação de sistemas produtivos, eficazes, de qualidade e comprometidos com os recursos públicos. Por isso, consideramos que trazer à luz essa experiência é de fundamental importância para historiografia da arquitetura e da construção.

4. AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao NPGAU-UFMG (Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo) e ao grupo de pesquisa MOM (Morar de outras maneiras) pelo apoio e incentivo. Agradecemos também aos os arquitetos que nos concederam entrevistas, funcionários e ex-funcionários das instituições e aos seus familiares pela disponibilização dos acervos institucionais e pessoais.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bittencourt Junior, Nilton Ferreira. Pedrosa, José Geraldo. "Americanismo e educação para o trabalho no Brasil: Os Ginásios Polivalentes (1971–1974)" Revista Trabalho & Educação. Belo Horizonte. 1(24). p.11-30.jan-abr. 2015

Cardoso, Ciro Flamarion, VAINFAS, Ronaldo. (org.) 1997. *Domínios da história: ensaio de teoria e metodologia.* Rio de Janeiro: Campus.

Camisassa, Maria Marta dos Santos; et al. 2013. "A opção governamental em Minas Gerais por uma padronização de edifícios escolares nos anos 1960-70". X Seminário Docomomo Brasil, Curitiba. 15 a 18 de outubro de 2013.

CARPE. 1965. "As novas Escolas de Minas". Revista Arquitetura e Engenharia. Belo Horizonte. 68 (1): 25a – 25d. Ano XV,

CARPE. Prêmio Doutor Paulo Diniz Chagas/ Prêmio Arquiteto Eduardo Mendes Guimarães Jr. Documentos gerais. Belo Horizonte: Secretaria do Estado da Educação/IAB-MG/CARPE. 1981.

CARPE. "Normas técnicas para elaboração de projetos (CM1 ao Padrão 9) ". 197-. Belo Horizonte.

CARPE. "Cadernos de Encargos, de Especificação de serviços e materiais (CM1 ao Padrão 9) ". 197-. Belo Horizonte.

Cemin, Viviana. "Não só de pão vivi o homem: a construção de escolas no governo Brizola a partir das fotografias da assessoria do Palácio Piratini (1959-1963)". UFGRS: Porto Alegre. 2010

IAB-MG. "Catálogo da premiação em arquitetura de 1965 e 1966. " 1966. Belo Horizonte.

Lima, João Filgueiras. 1984. *Escola Transitória*. Brasília: MEC/CEDATE

Minas Gerais. "Decreto 5458, de 15 de julho de 1958. " Institui a campanha de reparo e restauração dos prédios escolares do estado. Belo Horizonte: Diário do Executivo de Minas Gerais, 15 jul. 1958. Disponível em: http://hera.almg.gov.br, acesso em: 09/04/15.

_____. Lei n° 4817, de 11 de junho de 1968. Dispõe sobre a construção, ampliação, reparo e conservação dos prédios escolares do Estado e dá outras providências. Belo Horizonte: Diário do Executivo de Minas Gerais, 12 jun. 1968. Disponível em: http://hera.almg.gov.br, acesso em: 09/04/15.

_____. Manual do NEEC. Belo Horizonte: Secretaria de Estado de obras Públicas /Assessoria de projetos especiais.1988.

_____. Plano Mineiro de educação Carta-Compromisso. Belo Horizonte: Secretaria de Estado da Educação.1975/1976.

Revista Módulo. "CIEP". Rio de Janeiro: Avenir editora. Nº91. Maio/julho, 1986.

Santos, Roberto Eustaáquio dos. "A armação do concreto no Brasil: história da difusão do sistema construtivo concreto armado e da construção de sua hegemonia" Tese FAE- UFMG – Belo Horizonte, 2008.

Silva, Geraldo Ângelo de A. A experiência da CARPE e o campo ampliado da arquitetura escolar pública. In: 11° Seminário Nacional do Docomomo Brasil. Anais. Recife, Brasil, 17 a 22 de abril de 2016.

A Intervenção no Património Monumental.
Dificuldades e Desafios

Costa, Aníbal[(1)]*; Dias, Adalberto[(2)]**
[(1)]agc@ua.pt, [(2)]adalbertodia@mail.telepac.pt
** RISCO, Universidade de Aveiro*
*** Faculdade de Arquitectura, Universidade do Porto*

RESUMO

As intervenções no Património monumental levantam sempre muitas questões, decorrentes de se o aspeto funcional do edifício e a quase obrigatoriedade da intervenção no monumento, frequentemente por razões de segurança, se devem ou não sobrepor ao valor de património cultural. Um debate que envolve a ponderação se será melhor deixar enquanto ruína e a história associada à mesma, ou se pelo contrário se deve intervir dotando o monumento de condições para que esse património seja usufruído, usado. Esta será uma discussão inacabada sobre a qual se deve refletir, principalmente quando colocada ao nível de intervenções em monumentos que estão abertos ao público, com valores de património cultural inquestionáveis, mas cujos riscos de segurança estrutural podem colocar em perigo as próprias pessoas que usufruem desse património.

Por outro lado quando se intervém neste património monumental levanta-se a questão de quais os limites dessa intervenção, avaliando-se o benefício de uma intervenção minimalista, que passe pela reduzida intrusividade, pela reversibilidade e consequentemente pelo uso de materiais e sistemas construtivos compatíveis. No entanto, nesta ponderação também se inclui a avaliação das evidências de intervenções consideradas erróneas do passado, o seu peso enquanto elementos que já fazem parte, ou não, da história do monumento e portanto exige-se uma posição crítica perante os mesmos, antes da definição da estratégia de intervenção a seguir.

Dúvidas colocam-se, do ponto de vista estrutural, ao nível de segurança que as construções apresentam e dos meios escassos de conhecimento que existem para proceder à sua caracterização técnico-científica de modo a que todos os agentes intervenientes se sintam confortáveis e em particular o projetista.

Os intervenientes perante dúvidas ou incertezas sobre o modo de atuar necessitam de estabelecer um quadro de parâmetros que lhes permitam fundamentar as decisões e os modos de ultrapassar os confrontos que se lhes deparam.

Pretende-se através da apresentação de um caso prático de intervenção - Igreja de São Francisco em Évora - debater algumas das questões e dúvidas que surgiram em projeto e o modo como foram pensadas e traduzidas em projeto de execução e em obra. Sendo este igualmente considerado um contributo para o registo da evolução da história da construção.

Palavras-chave: património monumental, princípios de intervenção, reforço estrutural, valor patrimonial.

1. INTRODUÇÃO

As intervenções no património monumental, segundo recomendações patentes em Cartas internacionais de salvaguarda do Património, devem ter como princípio procurar contribuir para a manutenção da sua integridade e autenticidade. Assim, quando se define numa primeira fase a estratégia de intervenção, o respeito pelos materiais e sistemas construtivos existentes deve ter subjacente a compatibilização entre a inovação do presente e o legado do passado, mesmo quando se introduzem materiais e técnicas novas.

Estas intervenções devem ser sempre efetuadas com equipas multidisciplinares, que incluam técnicos das diversas áreas do conhecimento, como a arquitetura, a história, a arqueologia, o paisagismo, a conservação e restauro e outras especialidades, que respondam de forma qualificada às necessidades da prática da reabilitação. Deve-se entender que a atuação no património monumental obriga a que se tenha uma visão integradora, para além do objeto em si e de forma coordenada.

A intervenção deve procurar ser sempre minimalista, mas por outro lado garantir a colocação em uso do monumento, a melhor forma de contribuir para a sua preservação. Normalmente todas as intervenções, em património monumental, apresentam singularidades a ponderar em fase de projeto ou apenas conhecidas durante o processo de intervenção que levantam muitas dúvidas, questões, grandes incertezas aos projetistas. É esta especificidade, que leva a que qualquer intervenção se baseie numa reflexão profunda e interdisciplinar, antes de atuar sobre o passado, na definição dos critérios a aplicar no presente que garanta o futuro do edifício onde estamos a intervir.

Uma parte substancial das dúvidas coloca-se do ponto de vista estrutural, ao nível da segurança que as construções apresentam e dos meios escassos de conhecimento para avaliação completa do que existe. Muitas vezes, por se tratar de património monumental, a inspeção tem de ser muito limitada, devido ao facto de só podermos usar meios de diagnóstico pouco intrusivos pois não se deve usar meios de diagnóstico intrusivos. Esta situação levanta muitas dificuldades na aquisição do conhecimento sobre os materiais e os sistemas construtivos existentes levando a que em muitas situações só se adquira esse conhecimento quando se está em obra e aí levantam-se questões que se prendem com a execução da mesma. Este facto leva a que muitas vezes se admita, que essa construção está bem e se opte pela não intervenção. Outras vezes, por precaução, e apesar dos sinais serem favoráveis e por outro lado a história mostrar que determinada parte da construção, já teve determinada utilização, procede-se a ensaios de carga para assegurar a resistência da construção.

Neste trabalho iremos apresentar um exemplo de intervenção num monumento onde a procura do conhecimento dos materiais e dos sistemas construtivos evidenciaram alguma complexidade e por isso optou-se por ensaios e outros métodos expeditos para ultrapassar tal situação.

2. ANTECEDENTES

É conhecido que as intervenções no património monumental exigem um Relatório Prévio (Artigo 4.º do Dec. Lei nº 140/2009), que é obrigatório para efeitos de apreciação de pedidos de parecer, aprovação ou autorização para obras ou intervenções em bens culturais. Este relatório deve refletir a importância e a avaliação das obras ou intervenções cuja realização seja proposta em relação a bens culturais.

O relatório prévio incide, nomeadamente, sobre os seguintes aspetos:

a) Critérios que fundamentem as obras ou intervenções de reconstrução, ampliação, alteração e conservação propostas;
b) Adequação das obras ou intervenções em relação às características do imóvel, tendo em conta o grau de classificação de interesse nacional, de interesse público ou de interesse

municipal, bem como o interesse cultural que a fundamenta, designadamente o interesse histórico, arquitetónico, artístico, científico, social ou técnico;
c) Compatibilidade dos sistemas e materiais propostos em relação aos existentes;
d) Avaliação dos benefícios e riscos das obras ou intervenções propostas;
e) Consequências das obras ou intervenções no património arqueológico;
f) A utilização proposta para o imóvel;
g) Bibliografia e fontes documentais relevantes no âmbito das obras ou intervenções propostas;
h) Levantamento fotográfico ou videográfico geral, de conjunto e de detalhe do interior e do exterior.

No caso do projeto de estruturas este relatório toma normalmente a forma de um Relatório de Inspeção e Diagnóstico (Costa, Aníbal 2012) que deve ser o mais completo possível, embora se entenda que em obras monumentais, os condicionalismos existentes para a inspeção sejam imensos. Este Relatório abrange normalmente os seguintes itens:

- Registo histórico do monumento;
- Levantamento material e estrutural das construções;
- A caraterização geométrica dos elementos estruturais;
- A caraterização das técnicas construtivas;
- O levantamento das anomalias e a deteção de pontos críticos e de zonas a intervir, manter, reforçar ou consolidar;
- A execução de ensaios laboratoriais ou "in situ" que permitam aferir as caraterísticas mecânicas dos materiais e dos elementos estruturais;
- A análise estrutural recorrendo, sempre que necessário, à utilização de modelos numéricos;
- A proposta de soluções fundamentadas de intervenção estrutural, mediante a aplicação de técnicas que, dentro do possível, sejam reversíveis, pouco intrusivas e respeitadoras dos materiais existentes.

No caso do Património Monumental o acompanhamento da intervenção em obra é fundamental, porque por muito completo que seja o relatório de inspeção, as construções são normalmente muito grandes e complexas, com intervenções diferenciadas ao longo dos séculos. Estes são fatores que condicionam a compreensão dos sistemas construtivos, dos materiais usados posteriormente, da sequência das intervenções efetuadas ao longo dos tempos, etc, o que em si confronta os técnicos com um maior nível de situações não previsíveis antes do início da obra e uma contínua exigência de aprofundamento do conhecimento sobre a mesma. Mesmo pressupondo a importante sistematização da recolha de informação que se vai efetuando, previamente, ao longo do tempo e que permite criar uma base de dados e conhecimento acerca das construções existentes, nomeadamente quanto ao tipo de materiais e de sistemas construtivos usados, nem sempre se apresentam suficientes para em determinadas alturas ultrapassarem as muitas dúvidas sobre como proceder, o que demonstra a elevada exigência deste tipo de intervenções e a experiência exigida aos intervenientes. É sobre este confronto entre o conhecimento que foi possível congregar em fase prévia, o que surge de inesperado na obra, bem como a melhor forma de implementar medidas que sigam as orientações de Cartas internacionais de preservação do Património, que este artigo procura abordar através de casos de estudo de obra em monumentos.

3. IGREJA DE SÃO FRANCISCO - ÉVORA

3.1 O edifício: breve descrição arquitetónica

A Igreja de São Francisco em Évora é um notável edifício gótico de planta em cruz latina, de braços

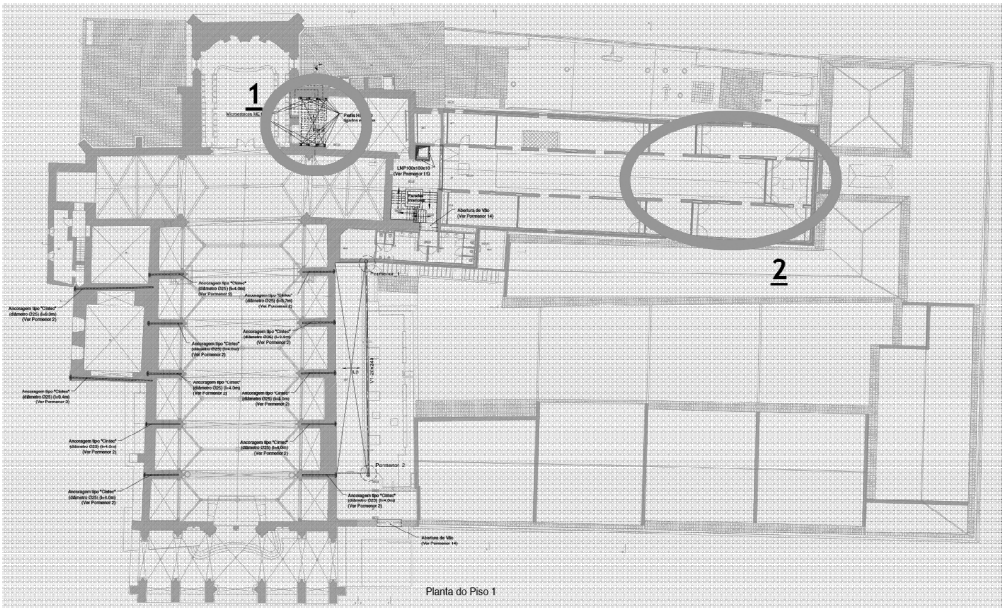


Fig. 1 – Planta, ao nível do 1º piso, da Igreja de São Francisco em Évora (créditos: Aníbal Costa).

estreitos, com uma só nave, a que se segue cruzeiro e abside aberta na parede de topo. O interior da nave tem 24 m de altura e 12.8 m de largura. É coberto por uma abóbada ogival dividida em seis tramos de 6 m por grandes arcos ogivais e colunas de cantaria. O cruzeiro tem 7.5 m de largura. Entre arcos, a abóbada é intercetada de cada lado do eixo por lunetas nervuradas (Gago, António 2004 e Gago, António; Lamas, António 2006). Os encontros da abóbada da nave são formados por um sistema constituído por duas paredes longitudinais, paralelas, com 0.8 m de espessura e afastadas de 2.40 m, e por seis paredes-contraforte transversais, de 0.9 m de espessura e 4.5 m de largura, dispostas no plano dos arcos principais e integrando as respetivas colunas de suporte. As paredes longitudinais interiores abrem ao nível térreo e até quase meia altura para formar, entre arcos e paredes-contraforte, seis capelas laterais. Por cima das capelas e entre as paredes longitudinais corre uma galeria ou tribuna. Os tetos das galerias são formados por abóbadas "botantes" que, partindo das paredes exteriores, apoiam, a um nível superior, as paredes longitudinais interiores. O sistema estrutural foi concebido, através das lunetas que encostam às paredes longitudinais interiores, de modo a transmitir a ação do peso próprio da abóbada às nervuras e arcos principais e, consequentemente, às paredes-contraforte, diminuindo os impulsos nas paredes longitudinais. Esta intenção reflete-se na escolha dos materiais construtivos: cantaria de granito nos elementos responsáveis por este encaminhamento de cargas, nomeadamente nos arcos principais, nervuras e colunas; abóbadas em alvenaria de tijolo e alvenaria corrente nos restantes elementos estruturais.

A cobertura de duas águas, originalmente dividida por paredes de alvenaria sobre os arcos principais, tem a drenagem das águas para terraços laterais sobre as tribunas (isto é, entre as paredes

Fig. 2a – Vista da Sala Régia da Capela Mor (créditos: Aníbal Costa).

Fig. 2b – Vista do interior da Sala Régia (créditos: Aníbal Costa).

Fig. 3 – Vista da Torre Sineira (créditos: Manuel Ribeiro).

longitudinais de suporte), de onde saem através de altas gárgulas. A cumeeira é rematada por um muro de alvenaria e, sobre este, nos alinhamentos dos arcos principais, foram construídos coruchéus. Na fachada principal existe um pórtico manuelino composto por cinco arcos contrafortados, encimado por um terraço ao nível das galerias situadas sobre as capelas laterais. A parede da fachada é ladeada por contrafortes mais salientes rematados por coruchéus especiais.

3.2 Primeiro confronto – decisão sobre intervenções questionáveis do passado

Um primeiro confronto colocou-se na fase de elaboração do projeto e diz respeito à existência de paredes na sala régia, localizadas na Figura 1 pelo número 1, que impedem totalmente o acesso às janelas régias, Figura 2a) havendo somente uma pequena fresta na "janela da rainha" onde era possível observar, de longe, a capela-mor. Do lado da capela-mor a vista para as janelas régias mostravam a existência dessas paredes, inestéticas e sem atributos, Figura 2b).

A pesquisa realizada permitiu concluir que estas paredes tinham sido colocadas entre 1860 e 1862 para servirem de suporte a uma nova torre sineira, Figura 3. Ou seja, podemos questionar se na altura se atribuiu mais valor à construção da Torre Sineira em detrimento da qualidade espacial da Sala Régia, ou se a solução encontrada não terá sido devidamente ponderada, sacrificando a Sala Régia pela solução estrutural usada para a execução da Torre Sineira. Na construção recorreu-se aos materiais tradicionais, cantaria na sala régia e alvenaria nas paredes da Torre Sineira.

A decisão sobre este confronto, entre a importância de uma solução questionável, mas que existe já há 150 anos e portanto pertence à história do monumento e, a avaliação sobre se essa intervenção do passado acrescentou efetivamente valor à igreja ou se pelo contrário contribuiu para uma diminuição apreciável desse valor, foi tida em consideração pela equipa técnica. Assim, ainda em fase de projeto existem questões sobre a estratégia de reabilitação que devem ser assumidas e neste caso, a ponderação entre a equipa projetista e o dono de obra, cónego Manuel Ferreira, resultou na decisão de se optar por uma solução que, sem pôr em causa a estabilidade da Torre Sineira, restituísse à Sala Régia, a dignidade que esta merecia, ou seja restituir a função arquitetónica das janelas e de ligação visual entre espaços. Esta decisão da equipa técnica assume que a intervenção em causa tinha sido errónea e por isso fazia todo o sentido a reversibilidade e a restituição da dignidade da Sala Régia, sem colocar em causa a existência da Torre Sineira e a sua estabilidade estrutural no futuro.

Assim, o funcionamento estrutural deste setor teve de ser reequacionado e alterado para permitir a compatibilização entre a decisão de intervenção e a exequibilidade estrutural. Com este objetivo foi desenvolvida uma solução estrutural que consistia em substituir o apoio da Torre, realizado por paredes de cantaria de granito, por uma abóbada com a forma geométrica da existente na Sala Régia mas que permitisse libertar as janelas régias. Neste sentido, foi prevista a execução de uma sapata em betão armado, que daria apoio aos pilares metálicos de suporte da abóbada, realizada com perfis metálicos Figuras 4a) e 4b). Contudo, por vezes na obra perante as soluções técnicas disponíveis é necessário reequacionar o projetado e foi este o novo confronto e decisão a tomar. Assim, na altura da execução da obra foi proposta uma alteração à solução, pelo empreiteiro, que consistia na execução de 4 micro-estacas de cada lado da sala, para dar apoio a uma abóbada realizada em betão armado, utilizando-se no caso o betão projetado. Tendo em conta os prazos apertados e a muita experiência e conhecimento da empresa neste tipo de solução, sendo uma garantia de solução bem executada e duradoura e, embora se possa mais uma vez discutir a solução do ponto de vista da reversibilidade e da intrusividade, (ICOMOS,

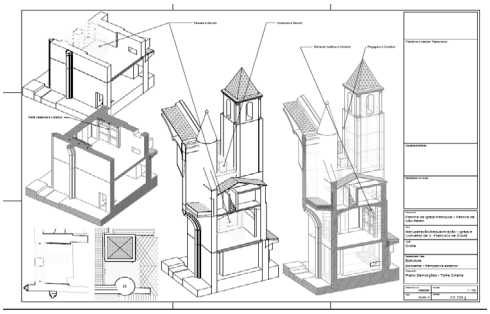


Fig. 4a – Utilização da ferramenta BIm para preparação de obra (créditos: STAP).

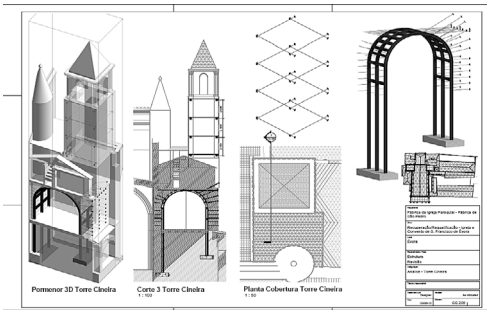


Fig. 4b – Solução inicial de projeto (créditos: STAP).

Fig. 5a – Marcação das microestacas (créditos: Aníbal Costa).

Fig. 5b – Fase inicial de execução da obra (créditos: Aníbal Costa).

2004), foi aceite pela equipa projetista a alternativa proposta, apresentando-se nas Figuras 5a), 5b), 6a) e 6b) algumas imagens da execução da obra. A solução final (Figura 6b) mostra a simbiose entre a intervenção de reabilitação com restituição da qualidade espacial e a solução técnica adotada.

3.3 Segundo confronto - ponderação sobre alterações funcionais com impacto na segurança estrutural

Na Reabilitação do Património edificado o confronto entre alterações funcionais e a preservação do valor do Património cultural subjacente implica por vezes alterações substanciais do ponto de vista estrutural que comprometem a manutenção desse valor. Por este motivo, as alterações funcionais devem ser antecipadamente avaliadas e apenas adotadas quando se garantem bons níveis de compatibilidade. Por ser este um dos principais motivos de perda de Património, apresenta-se aqui um caso de estudo onde este confronto e ponderação foi tido em conta.

O caso que se apresenta refere-se à utilização da cobertura da Capela dos Ossos (identificada na Figura 1 com o número 2) como novo espaço museológico. Neste caso, reconhecendo de forma prévia que a Capela dos Ossos nunca poderia

Fig. 6a – Execução da abóbada em betão projetado (créditos: Aníbal Costa).

Fig. 6b – Parte final da obra (créditos: Manuel Ribeiro).

ser posta em causa, bem como o seu valor de Património cultural, o confronto apresentava-se na avaliação da compatibilização com a instalação de uma nova função, exigente do ponto de vista estrutural e com uma dificuldade acrescida na avaliação de forma não intrusiva do existente para este efeito. A Capela dos Ossos apresenta uma tipologia retangular composta por três naves de quatro tramos, sendo cobertas por abóbadas de aresta que se apoiam em pilares ritmadamente distribuídos, Figura 7. As paredes são todas cobertas de ossos pelo interior e, pelo exterior as

Fig. 7 – Capela dos Ossos (créditos: Aníbal Costa).

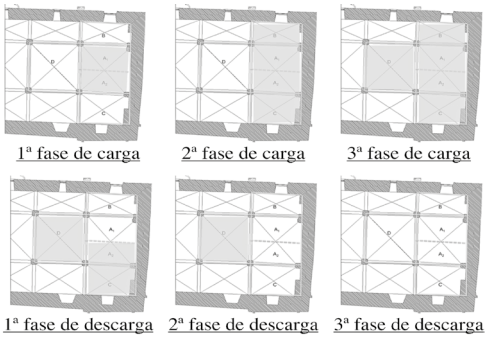


Fig. 8a – Resumo do carregamento usado no ensaio de carga (créditos: Hugo Rodrigues).

Fig. 8b – Carregamento com sacos de cimento (créditos: Aníbal Costa).

dificuldades de acesso eram acrescidas pelo facto de que confinavam em todos os lados, com outros proprietários, não permitindo um acesso franco. Sendo por este motivo muito difícil a execução de sondagens, que permitissem identificar os materiais e praticamente impossível determinar as suas características mecânicas ou dos elementos estruturais dos quais eles eram parte integrante.

A viabilização da solução passou pela realização de um ensaio de carga que consistiu na avaliação da resposta estrutural de um conjunto de abóbadas da Capela dos Ossos ao longo de um carregamento gradual, até se atingirem 350kg/m2 (Costa, Aníbal et al, 2014). Foi feito o registo dos deslocamentos verticais em vários pontos e avaliada a eventual formação de fissuras. Após o carregamento foi retirada toda a carga para avaliação da recuperação das deformações. A aplicação da carga foi feita recorrendo a sacos de cimento.

O ensaio de carga, realizado pelo Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, consistiu no carregamento da abóbada, até uma carga de pelo menos 350kg/m2. Foi carregada uma zona correspondente a metade da área total

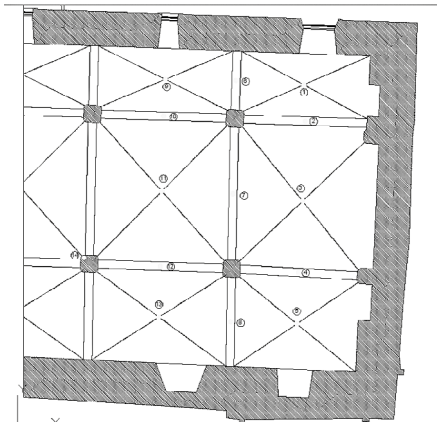


Fig. 9a – Planta com a indicação dos locais onde forma colocados os transdutores (créditos: Hugo Rodrigues).

Fig. 9b – Exemplo da colocação de um dos transdutores de deslocamento do tipo LVDT (créditos: Aníbal Costa).

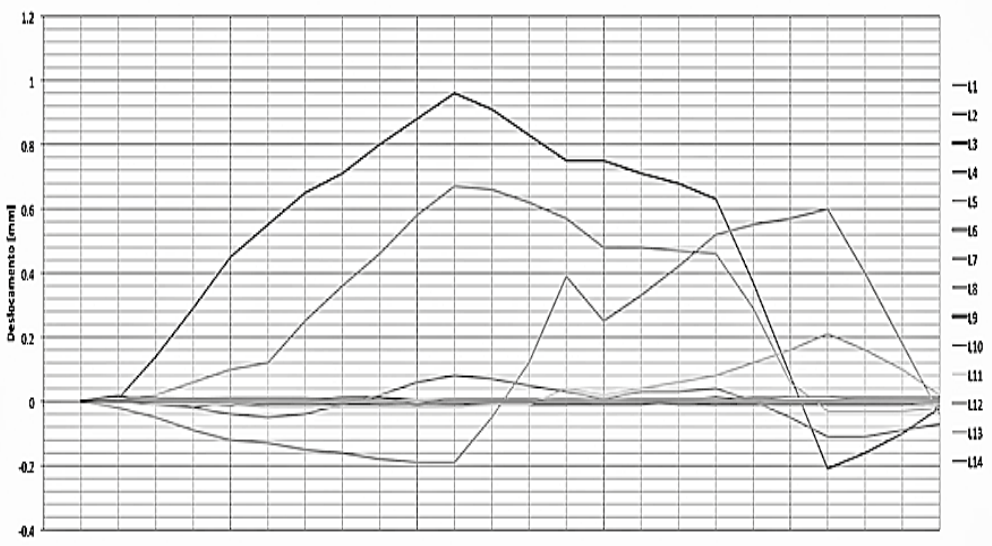


Fig. 10 – Resultados obtidos no ensaio de carga (créditos: Hugo Rodrigues).

da abóbada, através da colocação de sacos de cimento, uniformemente distribuídos na área carregada (ver Figuras 8a) e 8b)).

Para a medição de deslocamentos verticais foram utilizados 14 transdutores de deslocamento do tipo LVDT (Linear Variable Displacement Transducer) com uma precisão superior a 10-6 m. Os pontos de medição localizam-se junto às zonas onde era esperada uma maior deformada da abóbada e que foi carregada. Foi ainda considerado um LVDT a medir a deformação vertical de um pilar para controlo do sistema, Figuras 9a) e 9b).

Apresentam-se de seguida os registos das leituras de cada um dos LVDTs e a respetiva média, podendo-se observar na Figura 10 a evolução dos deslocamentos (positivos no sentido descendente) ao longo do tempo em que decorreu o ensaio.

Os resultados evidenciam um deslocamento máximo próximo de 1 mm para a carga total aplicada. Importa realçar que não seriam de esperar gráficos de força deslocamentos lineares, uma vez que tanto o posicionamento espacial das cargas como a sua resultante foram variando ao longo do tempo, ao invés de uma carga que permanece uniformemente distribuída e que apenas varia de valor. De facto, só nessa situação é que seria expectável obter gráficos de força-deslocamento com evolução linear no caso de a estrutura permanecer em regime linear-elástico. Deste modo, a avaliação da "linearidade" ou "quase-linearidade" de comportamento da estrutura só pode ser feita com recurso à análise dos deslocamentos residuais. Estes resultados permitiram avançar com a obra e executar o museu na parte de cima da Capela dos Ossos, Figuras 11a) e 11b). Por outro lado permitiram igualmente conhecer e caracterizar as características resistentes deste Património.

4. NOTAS FINAIS

As intervenções em Património são exigentes em termos da qualidade das soluções e da com-

Fig. 11a – Entrada do Museu executado em cima da Capela dos Ossos (créditos: Manuel Ribeiro).

Fig. 11b – Museu executado em cima da Capela dos Ossos (créditos: Manuel Ribeiro).

patibilização com o valor Patrimonial cultural subjacente. Por este motivo, as decisões devem passar por várias avaliações do existente, bem discutidas entre a equipa projetista, tendo presente a história do edifício, o seu passado, o seu presente e principalmente o seu futuro em funcionamento. Alguns dos confrontos entre estes níveis de compatibilidade são colocadas à equipa projetista e têm, de ser decididos em obra, apesar da obrigatoriedade de execução do Relatório Preliminar. Este é um instrumento indispensável à execução de um bom projeto de execução, sendo um passo também muito importante para a execução de uma obra com qualidade, para além de um registo fundamental das características do existente e assim mais um contributo para a história da evolução da arquitetura e da construção. Preservar o património monumental significa conjugar diferentes áreas e técnicas, da arquitetura à engenharia, passando pela história, arqueologia, conservação e restauro, entre outras.

Neste particular foram apresentados dois exemplos de casos, da intervenção que foi executada na Igreja de São Francisco em Évora, que se revelou um exemplo paradigmático das problemáticas que existem quando se intervém neste Património e do conhecimento necessário para ultrapassar condicionantes e fundamentar decisões. Graças à excelente coordenação da equipa de arquitetura e ao esforço conjunto de todas as equipas envolvidas, incluindo o empreiteiro e o dono de obra foi possível efetuar uma obra complexa, num curto espaço de tempo (12 meses). Neste tipo de obras o papel do dono de obra é fundamental e neste caso foi um elemento essencial para que a conclusão da obra fosse uma realidade, dado que sabia o que queria e tinha a capacidade de decidir na altura exigida. A História da construção faz-se destas etapas, do conhecimento do existente e da manutenção do registo das intervenções subsequentes, que permitam fundamentar decisões futuras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Costa, Aníbal. 2012. Relatório de Inspeção e Diagnóstico – Igreja São Francisco, Évora, Gepectrofa, Lda, Trofa.

Gago, António 2004. Análise Estrutural de Arcos, Abóbadas e Cúpulas – Contributo para o Estudo do Património Construído", Tese de Doutoramento,

Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.
Gago, António; Lamas, António. 2006. Structural Damages in the S. Francisco Church (Évora–Portugal)", Structural Analysis of Historical Constructions, New Delhi.
ICOMOS (2004) - Comité Científico Internacional para a Análise e Restauro de Estruturas do Património Arquitectónico. Recomendações para a Análise, Conservação e Restauro do Património Arquitectónico.
Costa, Aníbal; Varum, Humberto; Rodrigues, Hugo; Fonseca, Jorge. 2014. Relatório de Ensaios de Carga. Capela dos Ossos – Igreja São Francisco, Évora, Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, setembro.

A perda de Valor Patrimonial Associada à Falta de Conhecimento

Costa, Aníbal[(1)]*; Tavares, Alice[(2)]*
[(1)]agc@ua.pt, [(2)]tavares.c.alice@gmail.com
** RISCO, Universidade de Aveiro*

RESUMO

A degradação da resistência e das condições de salubridade do património são fatores importantes responsáveis por perdas a nível cultural, económico e social. Contudo, existem outros fatores de perda relevantes, cuja avaliação tem sido negligenciável e que são as intervenções erróneas no edificado existente, por proprietários, agentes e responsáveis culturais ou governamentais que subavaliando o impacto ou a necessidade de uma intervenção qualificada que se oriente por princípios internacionais de proteção, acabam por contribuir para o desaparecimento desse património, e para a perda irreversível de valor cultural, histórico e das técnicas de construção antigas..

O edificado mais antigo apresenta um valor patrimonial frequentemente de interesse inquestionável, como é o caso da Baixa Pombalina, classificada pela UNESCO em …mas cujo valor está a ser colocado em causa na maior parte das intervenções, ditas de "reabilitação", que de forma abrangente se apresentam como autênticos atentados a este património. Verifica-se assim, que existe um desconhecimento do valor do sistema construtivo da Gaiola Pombalina na história mundial da construção e especificamente no marco que representa na procura de estruturas resilientes aos sismos.

O que se tem verificado é que por falta de conhecimento dos materiais e dos sistemas construtivos existentes no edificado antigo, concomitantemente com uma falta de regulamentação adequada, na prática, os técnicos "fogem" para a sua área de conforto (sistemas construtivos vigentes) e procedem à demolição do interior do edificado, deixando apenas, na maioria dos casos a fachada principal. Uma prática que apesar de ser repudiada por diversos documentos internacionais da UNESCO e ICOMOS tem sido aceite e/ou promovida pelos municípios. Assim, os técnicos procedem à dita "reabilitação" através de uma construção nova, preservando muito pouco do valor patrimonial do edifício existente. Verifica-se desta forma que o entendimento do valor patrimonial cultural do mesmo, no seu conjunto, volumetria, interior, estrutura, muito para além da, fachada é esquecido, fazendo desaparecer da memória coletiva, materiais e sistemas construtivos que as gerações vindouras não terão a oportunidade de conhecer, nem saber. Ficando desta forma, impedidos de que o permitiam realizar. Somos assim responsáveis, enquanto coletivo de lhes deixar apenas uma memória virtual e em alguns casos, nem essa, por falta de registos nos processos de acompanhamento das demolições, uma realidade altamente criticável.

Preservar o edificado, em particular os centros antigos e o património edificado, significa conjugar diferentes áreas, técnicas e conhecimento, que vão da arquitetura à engenharia, passando pela história da construção, arqueologia, restauro e muito pelo dono de obra, num projeto de reabilitação, com equipas multidisciplinares, que sejam capazes de dialogar e que coloquem acima de todos os interesses o valor patrimonial do edificado, porque só assim será possível preservar esse património para as gerações vindouras.

Palavras-chave: Gaiola Pombalina, património edificado, princípios de intervenção, conhecimento, valor patrimonial.

1. INTRODUÇÃO

A reabilitação urbana deveria ser um instrumento que contribui para a afirmação cultural de cada região e país tendo em vista a preservação do seu Património de modo a garantir bons níveis de autenticidade e integridade deste. Desta forma, poderia assumir-se como uma fonte de sustentabilidade dessa intervenção, rejeitando-se à *priori* a constituição de cenários ou fachadismos, que por consequente perda de identidade e de valor não contribuem para transmissão do conhecimento construtivo do passado e do valor cultural para as gerações vindouras. Tendo presente que o fachadismo representa uma perda que irá contribuir para a diminuição do sentido de pertença ao lugar da comunidade residente, bem como a tendencial fuga de um turismo cultural cada vez mais exigente e sensível às questões do valor cultural (Tavares *et al*, 2013). Neste sentido é fundamental que o conceito de valor esteja sempre presente nas premissas das intervenções de reabilitação que se vão fazendo em Portugal. Uma vez que os processos de reabilitação se devem submeter a regras/estratégias que garantam a preservação do valor cultural, interessa pois, mencionar o que se entende por este conceito. Neste trabalho aceita-se como sendo o conjunto de características de um edifício ou conjunto de edifícios, que por serem originais ou de registo de fases de vivências têm a potencialidade de contarem a história do lugar, das suas técnicas construtivas ancestrais, da sua Identidade. Será assim, um fator a preservar enquanto garante da continuidade (sustentabilidade), com capacidade de gerar recursos financeiros, dinâmicas culturais, turísticas e de dinamização social. É este fator que importa discutir nas intervenções ditas de "reabilitação" que se estão a processar na cidade de Lisboa, principalmente na zona da Baixa Pombalina, sobre a qual este artigo procura refletir.

O valor patrimonial cultural da Baixa Pombalina é internacionalmente reconhecido e deve

Fig. 1 - Planta-tipo elaborada por Eugénio dos Santos e escolhida por Pombal para a requalificação de Lisboa apos o terramoto de 1755.

merecer por parte das autoridades competentes essa relevância. O governo português através da Direção Geral do Património Cultural (DGPC) classificou-a como CIP - Conjunto de Interesse Público, através da portaria n.º 740-DV/2012 referindo que a "Baixa Pombalina" se encontra classificada como imóvel de interesse público (IIP), conforme Decreto n.º 95/78, publicado no Diário do Governo, I Série, n.º 210, de 12 de setembro. A Lisboa Pombalina é o símbolo da excecional resposta ao Terramoto de 1755, que destruiu grande parte do centro da cidade de Lisboa. O extraordinário plano de recuperação urbana promovido por Marquês de Pombal, que se apoiou na qualificada formação teórica e empírica da engenharia militar portuguesa, deu origem ao mais significativo exemplo dos princípios políticos e filosóficos do Iluminismo, similar a alguns exemplos europeus da sua época mas claramente superior na sua modernidade pragmática e de incremento da resiliência da cidade aos sismos. A atual classificação abrange 62 quarteirões de traçado pombalino praticamente íntegro, de malha ortogonal, que se desenvolvem em torno dos espaços de representação monumental da Praça do Comércio e da Praça do Rossio, constituindo um excecional conjunto patrimonial de grande coerência urbanística e aproveitando de forma exemplar a morfologia do terreno e as potencialidades cenográficas da frente fluvial. Efetivamente na reconstrução da cidade seguiu-se um plano urbano geral definido por Eugénio dos Santos e pelo engenheiro-mor do reino, Manuel da Maia. A reconstrução associou conceitos urbanísticos e arquitetónicos a construtivos inovadores para a época, sendo de referir a organização urbanística em malha ortogonal, os conceitos de normalização e de pré-fabricação e o sistema estrutural em "gaiola".

Em Maio de 1758 foi promulgado um alvará com força de lei, que constituiu a base legislativa básica de todo este processo de reconstrução e em 12 de Junho de 1758, foram apresentadas instruções sobre o modo de colocar em prática a obra, bem como considerações gerais para a sua reconstrução, dimensões máximas e mínimas das ruas principais (sentido N-S), secundárias (sentido E-O) e passeios; a altura das casas deveria respeitar a cércea dos edifícios do Terreiro do Paço; e a composição das fachadas, isto é, sacadas nos primeiros andares e janelas de peito nos restantes, nas ruas principais, e somente janelas de peito nas outras ruas, prevendo portas tratadas em ruas como as de S. Francisco e S. Roque, de maneira a se distinguirem das casas nobres (Carmo, 2013).

Nesta altura, o desenho com o novo traçado, de Eugénio dos Santos e Carlos Mardel foi tornado público, juntamente com desenhos-tipo para os alçados e ruas (Santos, Eugénio, 1756), Figura 1.

A construção caracteriza-se pela sua originalidade, uma vez que se utilizaram sistemas de pré-fabricação e normalização (Gonçalves, Ana, 2015). As novas casas teriam de ser construídas para albergarem uma população considerável, satisfazer simultaneamente planos de recuperação económica e a confiança dos habitantes em termos de segurança. Os edifícios são formados por rés-do-chão destinado ao comércio e três andares, ao qual para ser mais rentável (dada a pressão de construtores e proprietários) se acrescentou uns anos mais tarde um outro piso, acima da cornija. Na fachada são integradas varandas estreitas no primeiro andar e janelas de peito nos restantes. Os vãos da janela são quase da mesma largura que os panos de parede que os separam reforçando a regularidade da métrica. No terceiro andar as janelas não são tão altas, com vergas arqueadas ornadas com um facho pequeno. As cantarias simulam consolas e as vergas são recortadas ligeiramente. Os espaços entre as partes, bem como a parte inferior dos espaços entre as janelas sacadas,

são em cantaria. O perfil de cornijas é simples e sobre esta erguem-se duas partes do telhado. As caves são abobadadas com pilares. As casas têm divisões grandes e os corredores são pouco utilizados, podendo existir quartos sem janelas, interiores. O único ornamento das divisões e das escadas dos prédios resume-se a lambris de azulejo (Mascarenhas, 2015).

O estilo pombalino implanta-se com imposições e práticas, não só na Baixa pombalina mas também noutras zonas de Lisboa, noutras cidades do país e até no Brasil, nomeadamente na cidade de São Luís do Maranhão que foi construída segundo as mesmas orientações da construção pombalina de Lisboa (Figueiredo, Margareth *et al*, 2011).

É um dos primeiros exemplos de construção antissísmica no mundo concebida pela engenharia. Afirma-se que os modelos estruturais foram testados com a utilização de tropas em marcha para simular um terramoto (França, Augusto, 1989)

Contudo, como muitas vezes se verifica no Património, uma coisa são as classificações e distinções e outra é o que se faz na prática, pela sua preservação e pelo registo sistemático do conhecimento dos sistemas construtivos. Quando se afirma na proposta de classificação que "A atual classificação abrange 62 quarteirões de traçado pombalino praticamente íntegro, de malha ortogonal ", efetivamente, atualmente a única coisa que deve ser verdade nesta afirmação é permanência da malha ortogonal, porque ao nível da integridade deste Património há muito tempo que este foi severamente comprometido e o que resta está no presente a ser dizimado. O interior destes edifícios está a ser "triturado" pela modernidade e pelos valores alheios atuais, que são normalmente os ditos "económicos" e de "revitalização". Na verdade nos últimos anos tem-se assistido a um verdadeiro atentado a este Património classificado. As intervenções erróneas baseadas no princípio de que os edifícios têm, obrigatoriamente, de se adaptar às novas funções e serviços, para além de que o seu sistema construtivo se encontra em mau estado de conservação (quando na realidade não são feitos quaisquer relatórios científicos que o comprovem) escamoteia a falta de conhecimento sobre as características e capacidades deste sistema construtivo e tem levado à destruição da maior parte dos interiores dos prédios que constituem a Baixa Pombalina. De tal modo que dentro de muito poucos anos quando se falar em gaiolas pombalinas estar-se-á com certeza a falar de miragens, de um bem cultural que não existe mais. Ou seja, compromete-se este legado histórico pela incapacidade de prevenir a sua proteção e impor que, seja obrigatório que as novas funções procurem compatibilizar-se com o Património existente, restringindo as alterações ao mínimo indispensável.

O que se verifica é que este sistema construtivo que é reconhecido e estudado em todo o mundo está a ser destruído de uma forma contínua e célere sem que as autoridades competentes tomem medidas no sentido de evitar esta destruição criminosa. É urgente que se faça um levantamento dos edifícios que na Baixa Pombalina ainda conservem as gaiolas pombalinas e que se pare com a destruição das mesmas, é a memória de um povo que está em causa, o registo de um marco histórico que significa tão somente a mais relevante reação contra catástrofes naturais do século XVIII na Europa. É assim, incompreensível como se é tão ágil a legislar e a classificar e depois se pode ficar indiferentemente a olhar para o que se passa debaixo da sua jurisdição e não se tomam as medidas adequadas. A Direção Geral do Património Cultural (DGPC) e a Câmara de Lisboa têm responsabilidades nesta destruição e como tal devem atuar enquanto se vai a tempo de preservar alguma memória.

2. GAIOLA POMBALINA

Os edifícios com gaiolas pombalinas possuem fundações que assentam sobre estacaria de madeira, cravada em terrenos de aluvião abaixo do nível freático, servindo de embasamento para os alicerces. Ao nível das lojas, as salas são abobadadas com tijoleira e rematadas por arcos de cantaria. Esta solução correspondia a um mecanismo que proporcionava uma maior rigidez à estrutura na base com a função de, ao mesmo tempo, cortar o fogo, caso acontecesse algum incêndio nas áreas comerciais ou de função não residencial. A parte superior das abóbadas era cheia com o material resultante dos escombros provocados pelo terramoto, de modo a tornar a superfície mais regular e reciclar materiais.

Os andares acima foram construídos com uma das particularidades mais notáveis das estruturas pombalinas, a designada gaiola pombalina, uma estrutura interior de madeira com travamento, projetada para distribuir as forças sísmicas. Estas paredes, muitas vezes designadas como frontais, formam uma malha ortogonal que recebem os vigamentos de piso complementada por uma estrutura simples colocada do lado de dentro dos paramentos exteriores, que confina toda a alvenaria das paredes exteriores, Figura 2. Esta estrutura de madeira que une às paredes de alvenaria (as travessas nomeadamente) são dotadas de peças de ligação de madeira à alvenaria, chamadas "mãos", que vão melhorar esta ligação e ficam embebidas na alvenaria.

Ana Gonçalves (2015) salienta que a gaiola é indispensável para o travamento da estrutura e é a chave para que estes edifícios funcionem bem perante um sismo. O limite externo da gaiola é formada por um esqueleto de madeira constituído por frontais nas duas direções, frechais, pavimentos, contra-frechais, e escadas, devidamente interligadas.

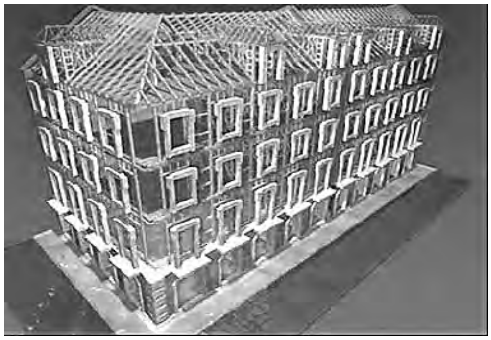


Fig. 2 – Materiais e sistema construtivos do edifício pombalino (Ramos, Luís 2002).

Estes frontais pombalinos são formados por elementos de madeira verticais (designados por prumos), horizontais (as travessas ou travessanhos) e diagonais (as escoras), que constituem o elemento conhecido por cruz de Santo André, que é preenchido com alvenaria. Todos estão ligados entre si e envolvidos por alvenaria de tijolo maciço, pedra irregular argamassada de cal ou fragmentos cerâmicos. São estas paredes que em conjunto com as do tabique formam as divisões das casas. A sua espessura varia entre os 15 e 22 cm e o carvalho, o castanho, o pinho bravo e a casquinha são as madeiras utilizadas no seu fabrico, decorrentes de reciclagem de materiais ou de uso de madeiras novas sobretudo do pinhal de Leiria.

As paredes de frontal situadas acima do primeiro piso, nas duas direções, têm uma importante função estrutural no modo como a gaiola se comporta, tanto na absorção da parte da carga vertical como no travamento geral da estrutura.

Para resistirem aos sismos tem de existir uma boa ligação entre os elementos e no travamento que esta desencadeia, Figuras 3 e 4.

3. VALOR PATRIMONIAL.

Na tradução portuguesa do Glossário do ICOMOS, reabilitação é o "processo para adaptar

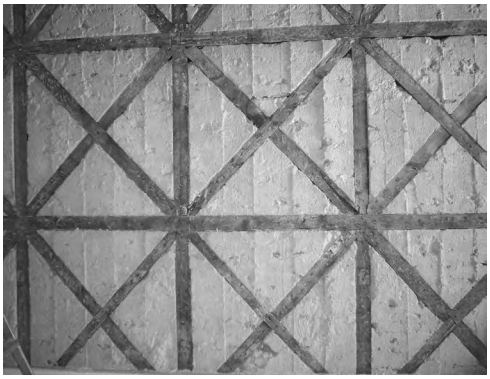


Fig. 3 - Parede de frontal Pombalino.

Fig. 4 - Pormenor de ligações da parede de frontal.

uma construção a um novo uso ou função, sem alterar as partes da construção que são significativas para o seu valor histórico". Considera que "conservação são as operações que mantêm a construção tal qual como é hoje, ainda que intervenções limitadas sejam aceites para melhorar os níveis de segurança estrutural". O que representa uma distinção entre termos sobretudo ao nível da mudança ou não de função e do nível de intrusividade das intervenções.

Nos documentos da UNESCO o termo reabilitação é associado a um conjunto de ações que permitem compreender o património, conhecer a sua história e o seu significado, assegurando a sua salvaguarda material, a sua apresentação, restauração e valorização (Tavares *et al*, 2013). O que amplifica a sua abordagem, não se restringindo apenas a uma ação sobre o edificado, mas implica o reconhecimento do seu enquadramento global e a promoção deste, necessariamente a ser usado para a sua sustentabilidade e sensibilização da opinião pública.

Contudo, existe uma base comum, o garantir com a ação de reabilitação a manutenção do valor cultural, patrimonial e histórico do edifício, conjunto de edifícios ou lugar. Este aspeto só é assegurado se forem compreendidos os valores de autenticidade a ele subjacente (já sobejamente conhecidos pela divulgação da Carta de Nara, 1994), como os identificar e como os gerir num quadro de intervenção que deve ter sempre uma visão macro. Compreender a função ou papel de uma pequena unidade no conjunto de todas as outras, mesmo que não se encontrem fisicamente ligadas, permitindo no entanto a leitura do lugar do ponto de vista histórico e cultural.

Interessa a este respeito relembrar o conceito de "autenticidade e contexto" que consta da Carta de Brasília (Cury, 2000), como sendo a "conservação da autenticidade dos conjuntos urbanos com um valor patrimonial, o que pressupõe a manutenção do seu conteúdo sociocultural e melhorar a qualidade de vida dos seus habitantes. É imprescindível o equilíbrio entre o edifício e a sua envolvente, tanto na paisagem urbana como na rural. A sua rutura seria um atentado contra a autenticidade. Para isso, é necessário criar normas especiais que assegurem a manutenção do entorno primitivo, quando for possível, ou que gerem relações harmónicas de massa, textura e cor" (Cury, 2000). Este é um aspeto relevante que está na base do diagnóstico do fracasso da preservação de valores culturais do edificado antigo, nomeadamente do relativo aos

Fig. 5 - Reabilitação de um edifício no centro de Lisboa. Réplica de gaiola e pisos em estrutura de madeira (créditos: Aníbal Costa).

edifícios pombalinos. Já que a manutenção da autenticidade e do seu contexto pressupõe que se previnam descontinuidades de ocupação residencial nos centros históricos e se apoie uma evolução do entorno urbano sem contrastes, como se decorresse de uma evolução natural ou de transformação concertada com a manutenção de valores do passado.

Acrescenta ainda que nos edifícios ou conjuntos com valor cultural a manutenção simples de fachadas ou de fragmentos não deve ser adotada por corresponder a uma perda intrínseca do bem. Valorizando ainda o conhecimento do edifício e do diagnóstico para definição de quais as intervenções aceitáveis e que podem ser suportadas por este (Tavares *et al*, 2013). Pode-se afirmar que este é um dos pontos falíveis na observação da prática, pois frequentemente a mudança de função e adoção de técnicas irreversíveis se sobrepõe ao interesse da preservação do valor cultural do bem.

Esta é a situação que se tem verificado na Baixa Pombalina a maior parte das intervenções são desadequadas, não tirando partido do sistema construtivo existente e prevendo, na maior parte dos casos, a demolição do interior, para ser fácil a construção de uma estrutura nova e livre de amarras legislativas e com conhecimento duvidoso, já que não se apresentam justificações devidamente fundamentadas e comprovadas cientificamente, tecnicamente mensuráveis ou mesmo economicamente avaliadas com dados credíveis. A maioria dos técnicos neste tipo de intervenções foge para a sua área de conforto de formação, que são as estruturas de betão armado. Os arquitetos porque reivindicam uma liberdade de criação e não querem ficar condicionados a alinhamentos de paredes existentes que no entanto são importantes proteger já que são constituídas por frontais que interessa manter e preservar. No entanto, em toda a prática de arquitetura se verificam condicionantes decorrentes de legislação e compatibilização com infraestruturas e nesses casos essas mesmas condicionantes são inseridas de forma natural na prática, pelo que não se compreende este desinvestimento dos arquitetos na definição à priori de estratégias que permitam a preservação das gaiolas pombalinas. Os engenheiros porque com a demolição do interior podem projetar em betão armado, ou mesmo em madeira, mas com madeiras novas, controladas e negligenciar os meus de ensaio e diagnóstico das madeiras existentes. Por vezes em algumas situações fazem réplicas das gaiolas,

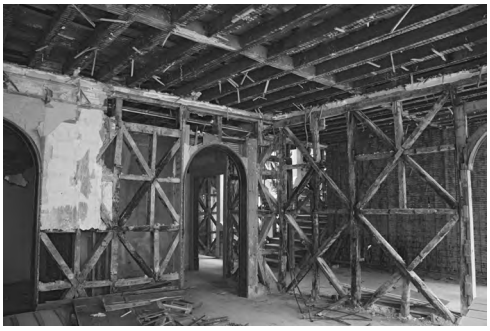


Fig. 6 - Paredes de frontal antes de serem demolidas.

para "manter a memória", esquecendo-se de dois princípios fundamentais: primeiro - qualquer imitação é muito pior que a estrutura existente e segundo – na generalidade dos casos, qualquer madeira nova é muito pior que a madeira existente, Figura 5, um aspeto que a prática de análise científica nos tem diversas vezes comprovado. Devendo ainda mencionar-se o contributo negativo que apresentam algumas empresas de construção com a atitude sistemática de que o que é antigo não tem condições de preservação e ainda os mercados paralelos de materiais. Assim, a autenticidade e o valor patrimonial são totalmente desprezados neste tipo de intervenção de reabilitação que deveria ser supervisionada e debatida, com ações específicas de sensibilização da população em geral e de sensibilização dos investidores, para além da definição de regras de intervenção com procedimentos obrigatórios de avaliação do existente. Assim, deveria ter-se presente o documento internacional do ICOMOS " Princípios para a análise, conservação e restauro de elementos estruturais do Património Arquitetónico", de 2003, quando se elaboram regulamentos ou projetos de intervenção nesta área. Nomeadamente quando refere que o valor do património arquitetónico não se limita à sua aparência visual, mas depende da integridade de todas as partes que o compõem, pois é um produto único da tecnologia construtiva da época. De ressaltar que o mesmo documento, há 13 anos atrás, já referia que se deveria evitar a remoção de elementos estruturais internos, para manter as fachadas. Verifica-se assim, o atraso que existe no entendimento dos modos de preservar e salvaguardar o Património edificado Pombalino.

Fig. 7 – Gunitagem em paredes exteriores pela parte interior da parede de alvenaria.

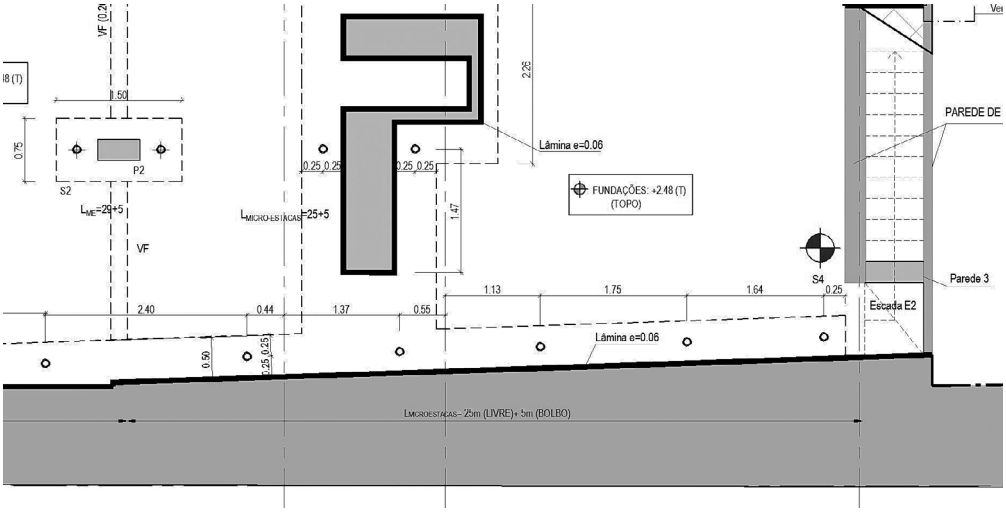


Fig. 8 – Lâmina de betão em paredes exteriores pela parte interior da parede de alvenaria.

4. INTERVENÇÕES EM EDIFÍCIOS COM GAIOLA POMBALINA

A maioria, senão todos, os edifícios intervencionados em Lisboa, por razões de uso e de funcionalidade, e muitas vezes por assumirem que a estrutura resistente não dá para ser adaptada a essas novas funções partem do pressuposto de que a estrutura interior tem de ser nova e por isso acabam por só manter as fachadas. É frequente que as memórias dos projetos refiram que "face às patologias verificadas, estado de degradação generalizado e reduzida capacidade de carga da estrutura dos pavimentos existentes, a sua manutenção não será compatível com as condições de segurança e funcionamento necessárias. Será, de qualquer forma, possível, proceder à reparação e reutilização dos elementos, em particular tábuas de soalho, que se encontrem em melhores condições de conservação". E por outro lado que "O projeto de arquitetura prevê a demolição integral dos pavimentos existentes, mantendo as fachadas do edifício.", Figura 6.

Esta é a situação mais comum, ou seja uma avaliação estrutural extraordinariamente simplificada, onde na maior parte das vezes se pressupõe que a estrutura não é capaz de assegurar as condições de segurança e por outro lado o arquiteto, assume à priori que o interior é para demolir, condenando desta forma aligeirada e sem reflexão adequada o património existente. Estas duas questões estão interligadas, ou seja frequentemente a arquitetura assume determinados pressupostos em função da avaliação estrutural simplificada do engenheiro, outras vezes é a arquitetura que não respeita as pré-existências, como as paredes existentes, muitas vezes por questões de poucos centímetros e obriga a fazer paredes novas demolindo as existentes, sem procurar soluções alternativas.

Salienta-se pois, que as intervenções na Baixa Pombalina deveriam estar condicionadas ao valor histórico, cultural e patrimonial e por isso

qualquer intervenção deveria respeitar a estrutura existente. Bem como, o projeto de arquitetura deveria ser elaborado com base nessa condição e o projetista de estruturas deveria prever apenas operações de restauro ou de conservação das mesmas. O argumento de que a estrutura existente não verifica a ação dos sismos e depois se prevê soluções em que se faz uma gunitagem pelo interior de uma parede de alvenaria, com 3cm de espessura, Figura 7, ou uma lâmina de betão com 6cm de espessura, Figura 8, é não ter a noção do que se está a fazer. Ou seja procede-se à demolição de uma estrutura com base num pressuposto e depois implementa-se uma solução que não é resistente à ação dos sismos, acabando para contribuir para uma perda desnecessária de Património. Representa por isso, um retrocesso na evolução da construção, não contribuindo para a história da construção.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com este trabalho pretende-se sensibilizar a sociedade, o meio científico e técnico para a necessidade de implementação de medidas eficazes para a proteção e preservação de um sistema construtivo singular no mundo e muito representativo para a Europa, que é a Gaiola Pombalina. Para além disso, alertar para a perda acelerada deste Património, que se verifica estar em curso desde o século XIX, mas que no presente se verifica de forma muito acelerada na Baixa Pombalina. As intervenções erróneas nos edifícios com gaiolas pombalinas têm levado à sua destruição prevendo-se que dentro de pouco tempo a Gaiola Pombalina seja uma miragem, não faça parte do nosso legado histórico e cultural. É urgente evitar esta destruição. O conceito de valor patrimonial tem de se sobrepor aos conceitos de especulação e de uso que têm servido de base para essas intervenções. A intervenção neste tipo de edifícios têm de passar pelo princípio de que nos edifícios onde existam gaiolas pombalinas as mesmas são Património e por isso não podem ser demolidas, mas sim restauradas e conservadas. É necessária uma atuação proactiva e de controlo por parte das entidades e uma atuação mais fundamentada e assertiva por parte dos agentes e técnicos que atuam neste edificado, que devem ter um conhecimento profundo do sistema construtivo antes da fase de estudo prévio. A Gaiola Pombalina faz parte do Património nacional e da Humanidade, merece continuar a fazer parte da história da construção mundial, enquanto registo vivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Carmo, Luís. 2013. As ligações da madeira em estruturas históricas: Estudo sobre a gaiola pombalina. Tese de Mestrado. Universidade de Trás-os Montes e Alto Douro. Vila Real.

Cury, I. 2000. Cartas Patrimoniais. 2ªedição revista e aumentada. Edições do Patrimônio, Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, Rio de Janeiro, Brasil, ISBN 85-7334-015-0.

Figueiredo, Margareth; Varum, Humberto; Costa, Aníbal. 2011. Patologias que afetam o sistema construtivo das edificações do século XIX em São Luís no Maranhão [CD-ROM]. In: 7º Congresso Internacional sobre Patologias e Reabilitação de Estruturas – CINPAR. Fortaleza: Atas do Congresso.

França, Augusto. 1989. A reconstrução de Lisboa e a arquitectura pombalina. 3ª Ed. Biblioteca Verde, Vol 12. Instituto de Cultura e Língua Portuguesa, Ministério da Educação, Lisbon.

Gonçalves, Ana. 2015. Reabilitação estrutural de paredes de frontal em edifícios pombalinos. Tese de doutoramento. Instituto Superior Técnico. Universidade de Lisboa.

ICOMOS - Glossário de Recomendações para a análise, conservação e restauro estrutural do patri-

mónio arquitetónico, ICOMOS, Comité Científico Internacional para análise e restauro de estruturas do património arquitetónico.
Mascarenhas, Jorge. 2004. Sistemas de Construção V, Livros Horizonte, ISBN: 9722413384.
Ramos, Luís. 2002. Análise Experimental e Numérica de Estruturas Históricas de Alvenaria. Tese de Mestre em Engenharia Civil, Universidade do Minho, Guimarães.
Santos, Eugénio. 1756. Planta-tipo elaborada por Eugénio Santos escolhida por Pombal para a requalificação de Lisboa após o terramoto de 1755 . Museu da Cidade, Lisboa.
Tavares, Alice; Costa, Aníbal; Varum, Humberto. 2013. Análise de estratégias para Implementação da reabilitação Urbana e Salvaguarda do Património Vernacular. Congresso Internacional de Habitação no Espaço Lusófono. 2ª CHIEL. 13-15 de Março 2103, LNEC, Lisboa, Portugal.

As Prescrições Técnico-Construtivas de Casimir Tollet para a Ventilação dos Espaços Hospitalares

Hospital ultramarino de Cabinda

Serrano, Inês[(1)]*; Moreira, Anabela[(2)]*
[(1)]inesserrano@ipt.pt, [(2)]anamoreira@ipt.pt
** Instituto Politécnico de Tomar*

RESUMO

O programa dos hospitais foi no século XIX, tomando corpo fora da esfera da Arquitetura. As construções hospitalares deveriam estabelecer-se como "máquinas de curar" dependentes da satisfação de exigências terapêuticas de ordem funcional e técnica.
Entre as inovações tecnológicas que surgiram nessa época, destaca-se a contribuição do engenheiro Casimir Tollet (1828-1899). Este "tratadista" da Arquitetura hospitalar reforçou algumas ideias relativas à definição funcional e programática dos hospitais e introduziu inovações técnicas, como o designado "sistema Tollet". Este sistema, baseando-se nos princípios da ventilação ascendente para a renovação do ar nas enfermarias, consiste no desenho de um teto em abóbada que se apoia sobre uma estrutura de perfis metálicos em arco de forma ogival.
Esta solução de ventilação dos espaços comuns foi empregue em vários hospitais, sobretudo na Europa, e da sua execução foi, em muitos casos, encarregada a sociedade francesa criada por Tollet e designada "Sociéte Nouvelle de Constructions Systeme Tollet".
No entanto a aplicação dos princípios técnico-construtivos enunciados por C. Tollet nas suas publicações não se limitou à Arquitetura hospitalar, mas compreendeu igualmente outras tipologias. Esta comunicação ancora-se na análise de desenhos técnicos, referentes a edifícios encomendados pelo Reino Português à Societé Nouvelle de Constructions System Tollet, para o território do Congo, no último quartel do século XIX.
É indiscutível que a literatura técnica higienista teve influência notória nos regulamentos e na construção de edifícios com novas exigências funcionais, sobretudo os hospitalares. Este trabalho inquire o modo como algumas das inovações técnicas e construtivas essencialmente destinadas aos equipamentos de saúde migraram para outras tipologias e geografias.

Palavras-chave: Casimir Tollet; ventilação, sistema construtivo.

1. INTRODUÇÃO

Desde meados do século XVIII que o programa de construção dos hospitais foi sujeito a grandes transformações que refletiam a Arquitetura como instrumento de cura. Nesse contexto, o médico assume-se como principal responsável pela sua organização funcional, face à validação do espaço hospitalar como instrumento terapêutico.

O ponto de partida para um longo debate sobre a Arquitetura hospitalar surgiu sob o impulso da reconstrução do Hôtel-Diêu de Paris, que sofrera um grave incêndio em 1772. Em 1785 o arquiteto Bernard Poyet (1742-1824), seguindo as recomendações do médico Antoine Petit (1766-1811), propôs um projeto em que a forma circular facilitava as circulações e a vigilância constante, mas que se revelava, contudo, pouco adequado ao cuidado médico[1]. Em 1777, após concurso promovido pela "Comission des Hopitaux", da "Academie de Sciences", o projeto de Julian David Leroy[2] (1724-1803) apresentou um hospital disperso por vários pavilhões paralelos[3].

Em 1788, um dos membros da comissão, o médico cirurgião Jacques-René Tenon (1724-1816) acolheu as disposições de Leroy, propondo quatro hospitais autónomos, cada um destinado a doenças específicas, e onde o ambiente asséptico se confiava à ventilação e isolamento dos edifícios. No seu trabalho pôs em evidência a relação entre as condições ambientais hospitalares e o sucesso das práticas médicas, relacionando a facilidade de contágio das doenças com a proximidade dos doentes e com o contacto de materiais contaminados. A obra publicada nesse contexto, "Mémoires sur les hôpitaux de Paris" (1788), baseou-se na sua vasta experiência hospitalar, descrevendo com minúcia as características físicas de vários hospitais europeus. Este relatório serviu de base ao projeto de diversos edifícios hospitalares, designadamente no estabelecimento de requisitos formais, espaciais e funcionais de organização dessas instalações (*e g.*, garantia de ventilação das enfermarias, a separação dos pacientes em função das suas doenças, a lotação das enfermarias, o abastecimento de água).

A partir de 1870 tornaram-se frequentes as visitas e as observações comparadas a diversos hospitais e das quais resultaram publicações de referência[4]. Estas expedições tiveram como objetivo redefinir um programa de reforma hospitalar assente na organização do espaço, na adequação dos materiais de construção e na concretização de sistemas de ventilação eficazes, relacionando a quantificação das necessidades com a classificação sistémica das patologias, fatores decisivos para a definição da tipologia do recinto hospitalar.

As pesquisas de Tenon, e de outros autores, foram recuperadas, cerca de um século depois, por Casimir Tollet (1828-1899), engenheiro higienista, que não só retomou as indicações formuladas anteriormente, como as desenvolveu de forma expressiva, seguindo as preocupações higienistas da época. Em 1889, este autor publica o livro "Les hôpitaux au XIX^{e} siècle – *études*, projets, discussions et programes relatifs a leur construction" [Tollet, 1889], no qual analisa pormenorizada-

[1] *Ainda assim, o sistema panótico foi transposto, com sucesso, para outras tipologias, tais como prisões.*

[2] *"Pour se former donc une idée de l'hôpital que je propose, il faut s'en représenter les différentes salles comme entièrement isolées, et rangées comme les tentes dans un camp, ou comme les pavillons des jardins de Marly; on les voit ainsi rangées dans l'élévation de mon hôpital, prise sur la longueur. Par cette disposition, chaque salle est comme une espèce d'île dans l'air, et environnée d'un volume considérable de ce fluide, que les vents pourront emporter et renouveler facilement par le libre accès qu'ils auront tout autour. Cet air, étant ainsi renouvelé, servira ensuite à renouveler celui des salles, sans que le mauvais air des uns puisse être reporté dans les autres". Jean-Baptiste Le Roy, Précis d'un ouvrage sur les hôpitaux dans lequel on expose les principes résultants des observations de Physique et de Médecine qu'on doit avoir en vue dans la construction de ces édifices; avec un projet d'hôpital disposé selon ces principes. In Mémoires de l'Académie Royale des Sciences, Année 1787, 1789, p. 585-600.*

[3] *"A la place de tous ces projets en carrés ou en croix, qu'il juge archaïques et dangereux, il va imposer le rangement parallèle de salles pavillonnaires rectangulaires, à la manière des tentes d'un campement militaire (Plan VII). Ce système est en fait assez proche de celui adopté dès les années 1750 pour les hôpitaux militaires anglais, mais Leroy affirma plus tard n'avoir pas eu connaissance de ces modèles au moment où il concevait son projet d'Hôtel-Dieu". In Cheminade, Christian. 1993. "Architecture et médecine à la fin du XVIIIe siècle: la ventilation des hôpitaux, de l'Encyclopédie au débat sur l'Hôtel-Dieu de Paris". Recherches sur Diderot et sur l'Encyclopédie, n°14, p. 99.*

[4] *Em Portugal, pode referir-se António Augusto da Costa Simões (1819-1903) como fazendo parte de uma geração de médicos que procurou, através de viagens de estudo, difundir os preceitos higienistas e as premissas para a reforma hospitalar.*

mente a constituição dos hospitais l'Hôtel-Dieu e Montpellier, com base nos diversos estudos prévios, nas várias propostas de projetos e nos correspondentes programas. Em 1894, no livro "Les hôpitaux modernes au XIX^{e} siècle – description des principaux hôpitaux français et *étrangers*" [Tollet, 1894], Tollet apresenta a descrição das instalações de vários hospitais, mencionando os diversos mecanismos de aquecimento e de ventilação que diferem em função das condições climáticas de cada país. A ventilação adequada dos ambientes hospitalares é, aliás, um dos principais requisitos do sistema construtivo Tollet, pois a salubridade dos espaços interiores era, naquela época, entendida como um dos fatores fundamentais para a rápida recuperação dos convalescentes.

Neste artigo propõe-se a análise dos edifícios de enfermaria do hospital ultramarino de Cabinda, construído segundo o sistema Tollet. O trabalho apresentado baseia-se no estudo comparativo entre os desenhos do projeto, as prescrições de Casimir Tollet e os relatórios do delegado de saúde de Cabinda, durante o funcionamento daquela unidade de cuidados médicos.

2. AS PRESCRIÇÕES DO SISTEMA TOLLET

Autor de várias publicações, entre livros e artigos, Tollet teve igualmente uma vasta obra como projetista[5] de instalações hospitalares em França, bem como noutros países. As construções de Casimir Tollet, fundador da "Societè Nouvelle de Constructions Systeme Tollet", estenderam-se também a outras tipologias, sobretudo relacionadas com acomodações militares, apresentando em comum o sistema de ventilação, denominado por "System Tollet".

[5]. *São exemplos de hospitais construídos segundo o Sistema Tollet ou pela "Societè Nouvelle de Constructions Systeme Tollet", os Hospitais de Montpellier (1890), de Bourges (1874-78), de Bichat (1880-82), Du Mans (1891), em França; o Hospital de Bône (1894-5), na Argélia, e o Hospital San Juan de Dios (1890), em Espanha.*

Nas suas propostas para hospitais, Tollet adotou o modelo pavilhonar que se baseava na separação dos doentes em função do seu quadro patológico, disposição essa que se tornara comum na generalidade dos hospitais da época. Este tipo de planificação é fundado na quantificação das necessidades médicas, na classificação das doenças, e na separação e isolamento dos serviços. Pretendia-se favorecer a salubridade através da circulação do ar facilitada pela implantação fragmentada dos edifícios.

De acordo com as determinações do sistema Tollet, existem alguns fatores que contribuem para garantir tais condições de salubridade, *e.g.*, as dimensões dos espaços, o arejamento exterior, as condições de ventilação internas, o espaçamento entre as camas, a rápida evacuação dos dejetos e o aquecimento das instalações através de sistemas de água ou de vapor. O terreno de implantação dos edifícios deveria ser bem exposto, permeável, de fácil drenagem e com água potável. As condições de arejamento exterior e a ventilação interior das construções dependem da orientação, da exposição e do local de implantação do edifício. Nos edifícios hospitalares localizados em climas quentes, e numa explícita referência ao hospital ultramarino português, Tollet recomenda a orientação das construções a Este-Oeste, com a exposição das fachadas de maior desenvolvimento a Sul (e a Norte), e com a manifesta condição de as proteger com varandas cobertas [Tollet, 1894, p. 137, p. 148].

O engenheiro Casimir Tollet terá sido, assim, um dos principais tratadistas da construção de instalações hospitalares do século XIX, tendo as suas prescrições técnicas sido desenvolvidas com o intuito de dar resposta às exigências de salubridade da época, designadamente no que se referia à garantia de condições de higiene e de renovação de ar no interior dos ambientes hospitalares.

Na figura 1 apresenta-se um corte transversal de uma sala terapêutica, segundo o sistema Tollet.

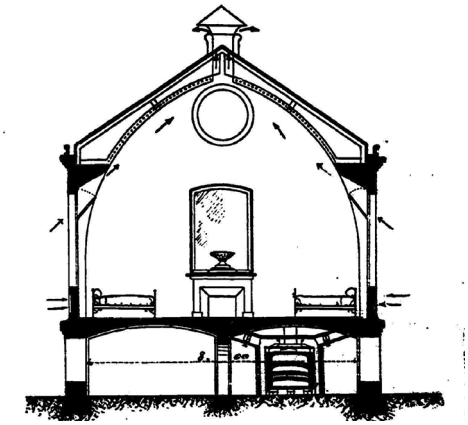


Figura 1 – Corte transversal de uma sala terapêutica com o sistema de ventilação Tollet [Tollet, 1894, p. 140].

A renovação de ar no interior da enfermaria é realizada naturalmente, através da existência de orifícios de entrada e de saída de ar. O sistema construtivo consiste na sobreposição vertical de dois pisos, com desenvolvimento retangular, em planta. O piso inferior apresenta paredes em forma de abóbada abatida e dispõe de vãos que comunicam com o exterior. O piso superior, com pé direito significativamente mais elevado, apresenta paredes que se intersectam em arco ogival, formando a cobertura (figura 1). É neste piso que se dispõem as camas dos doentes. As suas paredes apresentam vãos de grandes dimensões que se abrem para uma varanda exterior, para que os acamados pudessem, em dias amenos e secos, ser expostos, nos seus leitos, ao ar puro exterior.

O sistema de ventilação compreende vários orifícios de entrada e de saída de ar, adequadamente localizados, que asseguravam, assim, a renovação de ar no interior da enfermaria. Os orifícios de entrada de ar exterior, na enfermaria, estão localizados no piso superior, dispondo-se ao longo da parede, junto ao pavimento. Neste piso existem, ainda, outros orifícios de entrada de ar exterior, localizados próximo da base da cobertura, que se

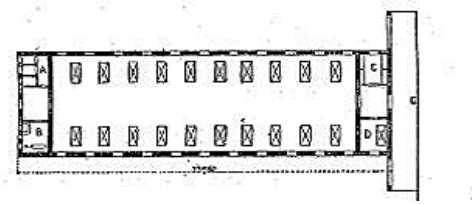


Figura 2 – Disposição das camas na enfermaria de um hospital (A, B e C correspondem às instalações anexas à sala terapêutica) [Tollet, 1889, p. 116].

destinavam a garantir a renovação da massa de ar existente entre a estrutura ogival e a estrutura inclinada da cobertura. Os orifícios de saída de ar estão localizados na zona mais elevada da cobertura, no piso superior, e na zona mais elevada da abóbada, no piso inferior.

A configuração ogival no piso da enfermaria tem como principal propósito o encaminhamento ascensional dos fluxos de saída de ar, garantindo-se, assim, a renovação de ar no ambiente interior (figura 1). As formas em arco ogival e em abóbada das paredes, nos pisos superior e inferior, respetivamente, também eliminam as arestas nos espaços interiores, evitando a deposição e acumulação de poeiras e de germes, e tornando, assim, o ambiente mais salubre.

Tollet sugere, ainda, a colocação de anemómetros nas zonas de saída de ar viciado, de forma a monitorizar a ventilação, nos ambientes interiores (Tollet, 1894, p. 143). Existem, igualmente, recomendações para se evitarem salas com pé-direito muito elevado, pois a existência de recintos de grandes dimensões dificultaria o adequado aquecimento das instalações, imprescindível para manter o conforto térmico na convalescença dos pacientes.

As recomendações de Tollet (Tollet, 1894) para as instalações anexas às enfermarias inclu*íam* 1 wc por cada 15 camas, zona de preparação de tisanas, zona de banhos, quartos para doentes em isolamento, salas de dia e de convalescença, claustros cobertos e zonas de vestiários. As zonas de

Fundações	• Pedra (*e.g.*, granito, basalto, grés, sílex) • Betão
Paredes	• Alvenarias de pedra calcária • Alvenaria de tijolo cozido vazado • Alvenaria de adobe • Betão
Revestimentos das paredes exteriores	• Rebocos de argamassas de cimento
Revestimentos de paredes interiores	• Estuque pintado com 3 demão de tinta de óleo
Pavimentos	• Betume ou asfalto com gravilha • Betonilhas de cimento que devem ser aplicadas na forma de elementos descontínuos, para evitar a fendilhação • Elementos cerâmicos
Carpintarias	• Castanheiro • Abeto • Carvalho
Revestimentos de coberturas	• Telhas cerâmicas • Elementos de ardósia • Folhas metálicas de zinco • Papel betuminoso, palha, madeira.

Tabela 1 – Recomendação para os materiais a usar na construção dos hospitais [Tollet, 1894].

despejos, *i.e.* wc (water-closet), deveriam localizar-se nos extremos dos pavilhões para reduzir a probabilidade de contaminação do restante ambiente, pelo ar sujo destes espaços. Na figura 2 apresenta-se o desenho esquemático de uma planta de enfermaria, preconizado por Tollet, para enfermarias com 20 camas, e na qual as instalações anexas se posicionam nos extremos do pavilhão.

Na tabela 1 apresentam-se os principais materiais de construção recomendados para os edifícios hospitalares. Ainda que a generalidade dos materiais de construção recomendados se reporte aos convencionalmente usados em França (e para estes se indiquem mais detalhes, designadamente características físicas, propriedades físicas, químicas e mecânicas[6]) e nos países europeus onde foram realizados os levantamentos, também se identificaram referências a outros materiais menos usuais neste tipo de edifícios, tais como palha e madeira em revestimentos de coberturas.

[6] *No caso dos materiais a aplicar em coberturas, são apresentadas as características físicas, propriedades físicas, químicas e mecânicas de uma variedade de ardósia usada em França, a ardósia d'Angers [Tollet, 1894, p. 271].*

3. A ENCOMENDA PARA O DISTRITO DO CONGO

A encomenda a Casimir Tollet de vários edifícios de foro administrativo e militar no Congo Português surge na sequência da Conferência de Berlim em 1885. Nessa conferência, onde Portugal apresentou o designado "Mapa Cor-de-Rosa", foi reconhecida a posse do enclave de Cabinda, que veio formar o Distrito do Congo, fazendo parte da então província de Angola. A escolha para capital do distrito recaiu sobre a cidade de Cabinda. Foi nesse contexto que o primeiro governador do distrito, José António Brissac Neves Ferreira (1846-1902), deu início às obras de construção, necessárias à implantação de uma estrutura administrativo-militar da região.

No Arquivo Histórico Ultramarino estão depositados catorze desenhos, desagregados, correspondentes a projetos para vários edifícios da "Societè Nouvelle de Constructions Systeme Tollet", encomendados pelo "Royaume de Portugal Ministere de la Marine et d'Outre-Mer/Constructions pour le Congo"[7]. Foram consultados nove desenhos, seis com a data de 1886 e três de 1891 que correspondem a projetos de vários edifícios, de tipologias diversas, incluindo as referentes ao complexo hospitalar. Os desenhos datados de 1886 correspondem aos edifícios números 7, 10 e 17 (capela), à casa do governador e a dois desenhos referentes a pormenores de execução, em corte transversal, do sistema de ventilação, comum a todos os edifícios. O conjunto de desenhos datados de 1891 incluem o alçado, um corte e as plantas do r/c e do primeiro piso da caserna para o batalhão; a planta dos pavilhões da enfermaria A, B e C[8] e o alçado do pavilhão A da enfermaria. De acordo com o projeto, o pavilhão A representa a enfermaria (ou sala terapêutica) para 30 camas, e com as salas de apoio terapêutico ou anexos; o pavilhão B corresponde à cozinha do complexo; o pavilhão C inclui a sala de operações, o consultório do médico, uma sala destinada ao depósito de medicamentos, a farmácia, a sala de trabalho do farmacêutico, o quarto do farmacêutico, um recito de depósito, um compartimento de banhos e uma instalação sanitária (ou water-closet, wc).

Entende-se que as datas correspondem a momentos diferentes do projeto, apresentando-se como verosímil que a encomenda dos vários edifícios se tenha concretizado entre 1885 e 1886, e que os desenhos, datados de 1891, resultem possivelmente de alterações aos projetos apresentados em 1886, designadamente a construção do complexo hospitalar. É nesse contexto que se compreende a afirmação do delegado de saúde de Cabinda, João Mattos Silva que refere que "*A hospitalização dos doentes começou à minha chegada a Cabinda (1887), por ser provisoriamente n'uma das casernas do batalhão já acabada, ampla construcção de ferro e madeira pelo systema Tollet um pouco modificado (…)*" (Silva, 1904, p. 47-48), sendo, assim, implícito que a caserna para o batalhão já estaria concluída em 1887.

A encomenda para o hospital partiu precisamente da necessidade de construção de uma nova enfermaria, para albergar vários doentes em condições de higiene. Foi o delegado de saúde, João Mattos Silva, que insistiu na necessidade de construção de um complexo hospitalar em Cabinda. Para a escolha do lugar de implantação do hospital devia atender-se às recomendações de Tollet, descritas na secção 2. No entanto, alguns locais já se encontravam tomados para a localização do palácio do governador e dos edifícios militares: "(…) *indiquei segundo local, que, destinado para o palácio do governo que lá se construiu e demais repartições públicas (…). Também bom seria o logar onde já antes da nossa chegada começara a construcção dos pavilhões do quartel (...)*" (Silva, 1904, p. 48). Da descrição de João Mattos Silva, depreende-se que a construção dos edifícios ad-

[7] *Referência inscrita na legenda dos desenhos.*

[8] *Nos desenhos do projeto, bâtiment A, bâtiment B e bâtiment C.*

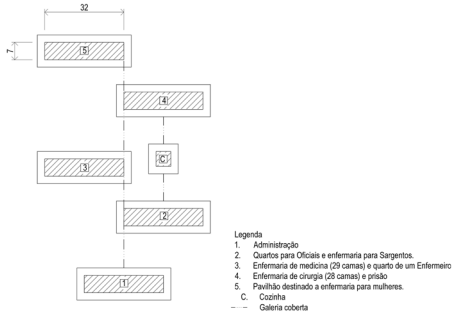


Figura 3 - Esquema de implantação do recinto hospitalar, segundo a descrição de João Mattos Silva.

ministrativos, a sede do governo, e os edifícios militares já se teria iniciado em 1887.

A construção do complexo hospitalar inicia-se em 1889[9], num local afastado da população e que se revelaria, contudo, pouco adequado[10].

Em 1894, o relatório do delegado de saúde dava conta da conclusão de quatro pavilhões[11].

Em 1896, o relatório da inspeção ao hospital de Cabinda, confirma a existência de "*quatro pavilhões (…), systema Tollet (*nota de rodapé no texto original: É *quasi, mas tem modificações.) servindo um para residência do médico, do pharmaceutico, secretaria, pharmacia, deposito de medicamentos, de roupas e utensílios, e casa para consultas (*nota de rodapé do texto original: *Tem também residencia para outro médico, três divisões.); e outro dividido a meio, servindo uma parte de enfermaria de sargentos, e a outra repartida em oito cubiculos chamados quartos para officiaes, onde mal cabe uma cama e apenas com uma pequena porta com persianas para a varanda exterior (…). Os outros dois pavilhões constituem as duas enfermarias, uma das quaes comporta vinte e seis camas, e a outra dividida na extremidade que olha para leste (…), em uma pequena casa (…) que serve de prisão.*" (Silva, 1902, p. 13). Esta disposição em quatro pavilhões, com funções diferenciadas, corresponde às indicações, em termos de implantação, das instalações hospitalares, onde a ventilação e exposição são também favorecidas pelo esquema "à redans". Na proximidade do recinto hospitalar localizavam-se, ainda, "*a capella e a sala d'autopsias, pequena edificação também do género Tollet, mas terrea*" (Silva, 1904, p. 51). Assim, segundo a descrição do delegado de saúde: *"a metade direita do primeiro pavilhão, o da administração, dista vinte metros do segundo, quartos para oficiaes e enfermaria dos sargentos; a metade esquerda dista quarenta metros do terceiro, enfermaria de medicina e quarto d' um enfermeiro; do segundo ao quarto (o primeiro que foi construído) vão quarenta metros e a meio está a cozinha, bôa construção d'alvenaria (…)*" (Silva, 1904, p. 51). No esquema da figura 3 representa-se a disposição dos pavilhões do hospital, de acordo com as descrições do delegado de saúde.

4. ANÁLISE COMPARATIVA DO PAVILHÃO DA ENFERMARIA COM AS PRESCRIÇÕES CONSTRUTIVAS DO SISTEMA TOLLET

O conjunto de edifícios do hospital de Cabinda foi implantado em terreno "*completamente silicioso (…) no começo da planície que muito lentamente se abatte para as praias de N. e W.*" (Silva, 1902, p. 10), *"(…) tendo todos os pavilhões o comprimento na direcção do vento quasi constante e sendo fortemente iluminados(…)*" (Silva, 1904, p. 51).

Na figura 4 pode observar-se o alçado do edifício hospitalar de Cabinda, correspondente à

[9] *No relatório de 1889, João Mattos Silva escreve referindo-se ao hospital: "Continuou funccionando o provisório como em 1888. Está-se construindo o novo (…)" [Silva, 1902, p. 8].*

[10] *No relatório da inspeção ao hospital de Cabinda, realizada em 1896 pelo delegado de saúde, este escreve "Acham-se installados estes pavilhões [do hospital] no local mais improprio e insalubre da povoação, no ponto mais baixo (…), n'um terreno verdadeiramente pantanoso (…)" [Silva, 1902, p. 13-14].*

[11] *"Consta por emquanto de 4 pavilhões, systema Tollet modificado, já promptos, um armado em ferro, e da casa mortuaria e d'autopsias quasi prompta, collocada ao fundo." [Silva, 1902, p. 10].*

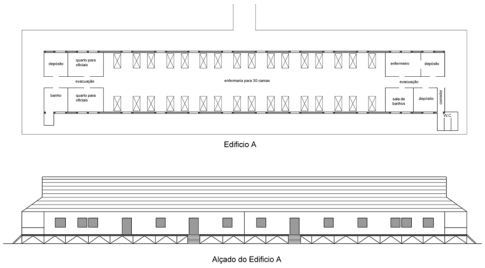


Figura 4 – Representação esquemática do alçado do edifício da enfermaria (*bâtiment* A), segundo o desenho original.

Figura 5 – Representação esquemática da planta do edifício da enfermaria (bâtiment A), segundo o desenho original.

enfermaria ou sala terapêutica. De acordo com as descrições do delegado de saúde de Cabinda, João Mattos Silva, tratava-se de uma "(…) *ampla construcção de ferro e madeira pelo systema Tollet um pouco modificado, feita sobre pillares d'alvenaria, na melhor praça da villa.*" (Silva, 1904, p. 47-48). Atendendo às peças desenhadas do projeto, o edifício da enfermaria (ou pavilhão *A – bâtiment* A) apresenta as dimensões (54 m 8 m), em planta, tem uma varanda coberta, com 3m de largura, que contorna todo o seu perímetro exterior (figuras 4 e 5), em consonância com as prescrições do sistema Tollet para construções em climas quentes[12]. Nos relatórios do delgado de saúde, é referido que todos os pavilhões, dispostos paralelamente, têm as dimensões (32 m x 7 m), excluindo a varanda que rodeia totalmente os edifícios, levando, deste modo, a crer, e com base nas peças desenhadas consultadas, que os pavilhões construídos não respeitaram as dimensões definidas no projeto.

A zona destinada à enfermaria deste edifício foi projetada para albergar 30 camas (dispostas em duas alas de 16 camas[13], alinhadas segundo as paredes exteriores de maior desenvolvimento), dispostas numa área de (328) m^2. No entanto, as descrições do delegado de saúde referem, como atrás transcrito, duas enfermarias, uma com 26 camas e a outra destinada a prisão.

No projeto, as instalações anexas à enfermaria, e que servem o apoio terapêutico, localizam-se em cada extremo do pavilhão. Desta forma, para além da sala da enfermeira, estariam previstas 3 zonas de depósito (nas quais se colocavam roupas, utensílios e drogas), 2 quartos para oficiais, 2 recintos para banhos[14], localizados em cada extremidade do pavilhão, e 3 instalações sanitárias (ou water-closet, wc), neste *último* caso localizadas apenas num dos extremos do pavilhão (figura 5). No projeto do hospital de Cabinda, a distribuição das camas, na sala terapêutica, e a localização das instalações de apoio à enfermaria são, em tudo, semelhantes às que se encontram descritas em [Tollet, 1889] e [Tollet, 1894]. Porém, de acordo com o relatório do delegado de saúde, em 1896, não existiam retretes nem salas destinadas a banhos, porque o complexo foi implantado num terreno afastado da praia. O abastecimento de água era assegurado por um poço do qual se obtinha "*água límpida*", mas não existiam sistemas de drenagem de águas pluviais nem de saneamento (Silva, 1902), (Silva, 1904). Entende-se, assim, que o conjunto de edifícios não garantia, afinal, as desejadas condições de higiene definidas por Tollet, no que se referia ao sistema de saneamento.

O desenho correspondente ao corte transversal dos pavilhões (figura 6), incluído no projeto, apresenta uma estrutura dupla em cúpula ogival, na zona interior, e paredes verticais e cobertura inclinada, na parte exterior. Segundo as prescrições Tollet, os materiais mais adequados para a estrutura da envolvente seriam ferro e madeira e estes foram os materiais usados na construção dos edifícios [Silva, 1904]. A estrutura da envolvente construída, na enfermaria, corresponde, *à*

[12] *"Je continuerai à recommander pour le climats chauds l'emploi de vérandas, sinon tout au pourtour des salles au moins du côte sud, en orientant le longs pans est-ouest" [Tollet, 1894, p.137].*

[13] *Apesar de estarem mencionadas 30 camas na legenda da planta, há 32 camas desenhadas, na sala da enfermaria.*

[14] *As zonas de banhos incluíam "tinas cimentadas em volta e disposições para banhos a temperaturas diversas, medicamentosos, de chuva, de jacto, etc." [Silva, 1902, p. 8].*

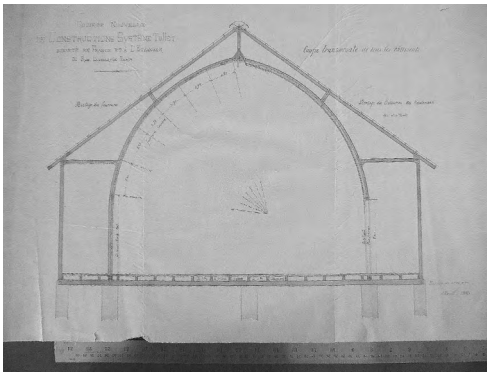


Figura 6 – Desenho correspondente ao corte transversal de todos os edifícios do Complexo do hospital ultramarino de Cabinda in Arquivo Histórico Ultramarino, "*Coupe transversal de touts les bâtiments*", 1886, AHU_CARTm_076-D50 [digitalização e reprodução do desenho original autorizada pelo Arquivo Histórico Ultramarino].

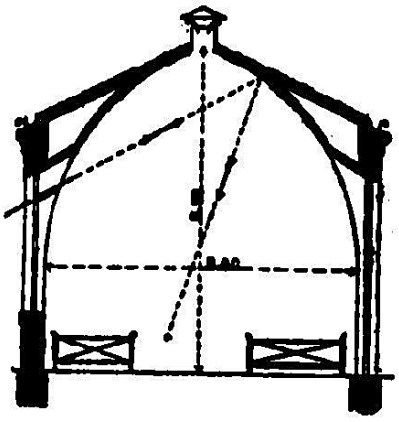


Figura 7 – Corte transversal dos pavilhões do hospital militar de Bourges [Tollet, 1894, p. 164].

descrita na secção 2, exceto no piso inferior que, no hospital de Cabinda, é inexistente, assentado a estrutura do pavimento em pilares de alvenaria (tal como é relatado pelo delegado de saúde). Nos desenhos do projeto do hospital africano é possível encontrar semelhanças com as representações do hospital militar de Bourges (figura 7), designadamente na estrutura da envolvente e nas dimensões[15] e lotação[16] das enfermarias.

No mesmo corte transversal do projeto (figura 6) é, ainda, possível identificar o mecanismo que controla as entradas e saídas de ar, na zona mais elevada da cobertura. No projeto existe também um desenho de pormenor do referido mecanismo de ventilação (figura 8) e que consiste numa abertura localizada na zona de fecho da ogiva e que pode ser obturada por meio de dois elementos móveis de madeira posicionados paralelamente entre si, e acionados por meio de duas roldanas laterais. Na enfermaria do hospital "(…) *nas paredes há portas de madeira com persianas (…). Estas paredes, verticais até aos dois metros, inclinam-se depois em abobada cujo fecho dista do sobrado pouco mais de seis metros, e é em lanternim com extensas aberturas que podem fechar-se e que facilitam o arejamento do interior*" [Silva, 1904, p. 52]. Mais uma vez, é possível estabelecer uma analogia entre a altura média do pé direito na enfermaria do hospital africano, *i.e.*, "*pouco mais de seis metros*" e a do hospital militar de Bourges, 6.20 m [Tollet, 1894, p. 164]. A descrição do delegado de saúde menciona a existência de um lanternim no sistema de ventilação, no entanto, atendendo às fotografias[17] do hospital que integram o relatório, depreende-se que o lanternim, referido pelo técnico de saúde, seria afinal o mecanismo de abertura (e fecho) pormenorizado no projeto, sendo, assim, presumível que o sistema de ventilação tenha sido construído de acordo com as disposições previstas no projeto.

Nas descrições do delegado de saúde são referenciadas "*As ogivas, forradas de madeira a toda a altura ou não (na enfermaria de cirurgia) distam irregularmente - em curva suave – no mí-*

[15] *As dimensões em planta dos pavilhões do hospital de Bourges são (28.40 m7.50 m) e altura média de 6.20 m [Tollet, 1894, p. 164].*

[16] *A enfermaria tinha 28 camas [Tollet, 1894, p. 164].*

[17] *Duas imagens fotográficas do exterior dos edifícios construídos.*

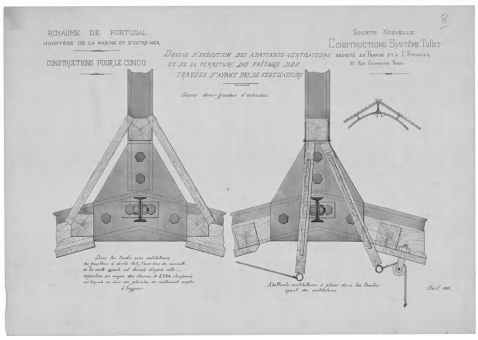


Figura 8 – Desenho de pormenor do sistema de ventilação dos edifícios do complexo do Hospital Ultramarino de Cabinda in Arquivo Histórico Ultramarino "*Dessin d'execution des abbattants-ventilateurs et de la fermeture du faitage des travées, Paris, Societé nouvelle de constructions System Tollet*", 1886 AHU_CARTm_076-D48 [reprodução do desenho original autorizada pelo Arquivo Histórico Ultramarino].

nimo cinco decímetros do plano do telhado, de telha modelo marselhez, de duas águas salientes, em baixo, à vertical exterior da varanda (…), e a certa altura teem pequeno telhado para cobrir a varanda." [Silva, 1904, p. 52]. Esta descrição é corroborada pelas fotografias que acompanham o relatório, anteriormente mencionadas, no que se refere à tipologia da cobertura (duas águas e varanda coberta) e ao tipo de telha, *i.e.*, marselha. Verifica-se, no entanto, uma incongruência entre o que foi construído, em Cabinda, e o que é indicado por Tollet [Tollet, 1994, p. 274] a propósito daquele hospital, concretamente no material de revestimento da cobertura (Tollet menciona que o revestimento da cobertura foi realizado com folhas metálicas de zinco)[18].

Interessa, contudo, salientar, e tal como anteriormente referido, que os desenhos analisados fazem parte de um conjunto de documentos desagregados, pelo que se assume a natureza lacunar dos dados até agora levantados, que se inscrevem necessariamente num trabalho em curso, e cujos resultados são, nesta fase, ainda, preliminares.

5. CONCLUSÕES

Este trabalho resulta da consulta dos desenhos de projeto constantes no Arquivo Histórico Ultramarino, em Lisboa, dos edifícios do hospital ultramarino de Cabinda, construídos segundo o sistema Tollet.

As peças desenhadas consultadas incluem disposições construtivas identificáveis nas prescrições Tollet, mas que diferem, em alguns aspectos, das descrições incluídas nos relatórios que o delegado de saúde de Cabinda, João Mattos Silva elaborou, durante o funcionamento do hospital.

No estudo realizado, depreende-se que o sistema de ventilação dos edifícios respeitou as determinações do projeto, nomeadamente na estrutura da envolvente dos pavilhões, nos materiais usados na estrutura e na implementação do mecanismo de ventilação. No entanto, identificaram-se algumas alterações construtivas (relativamente ao projeto elaborado "Societè Nouvelle de Constructions Systeme Tollet"), designadamente nas dimensões dos pavilhões, na organização das instalações anexas às enfermarias, na função destas e nos materiais aplicados. Para além destas alterações, interessa enfatizar o local de implantação dos edifícios que também não respeitou as indicações gerais indicadas por Casimir Tollet, relativas à localização dos recintos hospitalares.

Ainda que as prescrições de Tollet se reportassem aos materiais e aos sistemas construtivos de uso generalizado em França e na Europa, encontraram-se recomendações arquitetónicas e construtivas consonantes com as características climáticas locais, tais como a indicação concreta da orientação das fachadas de maior desenvolvimento ou a cobertura das varandas, em climas

[18] *Sobre as folhas de zinco para o revestimento de coberturas, Tollet refere "Elles sont surtout commodes, à cause de leur légèreté et de la facilité de leur emploi, quand il s'agit d'envoyer au loin les éléments d'une construction complète, comme le village du système Tollet envoyé de toutes pièces au Congo portugais et édifié par les nègres sous la direction des officiers coloniaux".*

quentes, em explícita alusão ao hospital ultramarino português.

A encomenda para Cabinda que ocorreu num momento de alguma incerteza, face à partilha do território africano pelas principais potências europeias, representava para Portugal, o domínio deste território, situado numa zona de fronteira com o então Congo Belga. Os desenhos consultados dizem, pois, respeito a vários edifícios, com funções diferenciadas, referentes à instalação de uma estrutura militar e governativa na cidade.

Neste artigo, foi apenas possível cotejar os desenhos referentes ao complexo hospitalar, com as descrições do delegado de saúde de então. Os outros edifícios, nomeadamente a caserna, a casa do governador ou a capela, configuram soluções construtivas que, de acordo com os projetos, também observam as disposições do sistema Tollet. Estes edifícios serão objeto de um estudo mais aprofundado, num trabalho em desenvolvimento, através do qual se pretende compreender o modo como um sistema construtivo, que foi especificamente desenvolvido para solucionar problemas de ventilação em edifícios hospitalares, se adaptou a edifícios de outras tipologias.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cheminade, Christian. 1993. "Architecture et médecine à la fin du XVIIIe siècle: la ventilation des hôpitaux, de l'Encyclopédie au débat sur l'Hôtel-Dieu de Paris". Recherches sur Diderot et sur l'Encyclopédie, n°14: 85-109. doi : 10.3406/rde.1993.1207.

Foucart Bruno, Hamon, Françoise (ed.). 2006. L'architecture religieuse au XIXe siècle: entre éclectisme et rationalisme. Paris: Presses de l´Université Paris-Sorbonne.

Insua Cabanas, Mª Mercedes; Fernández Ibáñez Mª Isabel. 2004. "Análisis geométrico de la bóveda ojival Tollet." XVI Congresso de Ingenieria Gráfica, Zaragoça, Huesca, Espanha, 2, 3 4 Junho de 2004.

Mignot, Claude. 1983. L'architecture du XIXe siècle. Paris: Ed. du Moniteur.Cheminade, Christian. 1993. "Architecture et médecine à la fin du XVIIIe siècle: la ventilation des hôpitaux, de l'Encyclopédie au débat sur l'Hôtel-Dieu de Paris". Recherches sur Diderot et sur l'Encyclopédie, n°14: 85-109. doi : 10.3406/rde.1993.1207.

Tollet, C. 1889. Les hôpitaux au XIXe siècle – études, projets, discussions et programmes relatifs a leur construction. Paris: l'auteur.

Tollet, C. 1894. Les hôpitaux modernes au XIXe siècle – description des principaux hôpitaux français et étrangers. Paris: l'auteur.

Silva, J. Mattos. 1904. Congresso Colonial Nacional – Contribuição para o estudo da região de Cabinda apresentada por José Mattos e Silva. Lisboa: Typ. Universal.

Silva, J. Mattos. 1902. Documentos para a História do Hospital de Cabinda. Lisboa: Typ. da Cooperativa Militar.

A Construção Luso-Brasileira em Período de Transição da Indústria

Tavares, Alice[(1)]*; Costa, Aníbal[(2)]*
[(1)]tavares.c.alice@gmail.com, [(2)]agc@ua.pt
** RISCO, Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro*

RESUMO

A indústria em Portugal teve um desenvolvimento maior após a instalação dos caminhos-de-ferro e das comunicações por via fluvial ou marítima. O mesmo aconteceu no Brasil, onde as indústrias rurais, como as fazendas de café, dependiam dos meios de comunicação e facilidade de exportação por via marítima, para o seu sucesso. As tendências estéticas da Arquitetura eram conhecidas em ambos os países e ditaram durante o século XIX algumas alterações que foram gradualmente sendo aplicadas, dependendo da capacidade económica dos seus proprietários e da interação cultural que estes mantiveram.
Esta investigação analisou o edificado construído por Portugueses que regressam do Brasil durante o período de finais do século XIX e procurou caracterizar o que da fase inicial da industrialização em Portugal, do comércio de materiais se torna relevante para a compreensão das opções construtivas. Muitos destes edifícios estão atualmente abandonados apesar do seu grande valor em termos de caracterização da construção desta época, da qualidade construtiva e dos materiais que incorporam, que este estudo concluiu.
O progresso em termos da indústria metalúrgica irá igualmente provocar nesta época um maior uso de vigas e colunas de ferro fundido, que serão elementos muito utilizados neste edificado. O seu uso ultrapassa questões estéticas e este estudo conclui que preocupações ao nível da segurança estrutural e durabilidade, para além de afirmação de um símbolo de época estão por detrás deste seu uso mais globalizado para construções de relevo. Um facto que a título exemplificativo se apresenta na afirmação do comércio no centro das cidades, com o aumento nesta época de alterações de fachadas com o uso de vigas que permitiam montras maiores. Uma estratégia que, apesar de na época discutir os critérios para não diminuir a segurança estrutural do edifício, apresenta-se hoje em dia como uma medida muito discutível. Este estudo apresenta assim o principal momento em que esta estratégia começa a ser aplicada a nível nacional.
Assim, a investigação conclui que na época, os materiais naturais mantinham uma grande importância no volume de construção, apesar dos elementos metálicos terem ganho uma maior aplicação e que a procura de materiais com qualidade e duráveis não se restringia a obras de grande relevo, embora nestes fossem um critério obrigatório.

Palavras-chave: Construção do século XIX, indústrias antigas, materiais tradicionais e materiais industriais.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da indústria em Portugal teve um avanço importante após a construção da ferrovia, principalmente porque facilitou grandemente o transporte de matéria-prima e de escoamento dos produtos industriais e a ligação aos portos marítimos principais (Porto, Lisboa e Aveiro). No entanto, a ligação Norte-Sul ferroviária foi feita gradualmente por troços e muitas vezes através de suporte técnico de Ingleses. Situação semelhante ocorreu no Brasil, com a progressão das indústrias agrícolas como as fazendas de café ou de açúcar, dependentes dessas ligações ferroviárias para os portos marítimos, já que se tratavam de produtos destinados ao comércio internacional. A melhoria dos meios de transporte permitiu igualmente o desenvolvimento do comércio nacional e internacional dos materiais de construção.

Em Portugal, no eixo Porto-Aveiro onde se localizam os edifícios estudados nesta investigação construídos por Portugueses que emigraram para o Brasil e regressaram anos mais tarde, o desenvolvimento da ferrovia respondeu à necessidade de transporte de matéria-prima para a construção. Em 1863 é posto em funcionamento o troço ferroviário entre Estarreja e Vila Nova de Gaia em via única, sendo que em 1877 com a conclusão das obras da ponte D. Maria Pia é posto em funcionamento o troço Vila Nova de Gaia e Campanhã, que só terá ligação à estação de S. Bento em 1896. A ligação a Campanhã revestiu-se de grande importância para a implementação na sua proximidade de indústrias e de armazéns de indústrias de outras regiões, nomeadamente de Aveiro. A ligação entre Espinho a Gaia concretiza-se em 1905 em via dupla melhorando a circulação e apenas em 1907 entrará dessa forma a ligação Aveiro a Espinho, completando assim a ligação Porto-Aveiro com via dupla, sendo que para o sul a via dupla será realizada nos anos seguintes (Torres, 1958). Anteriormente a este período, a via marítima ou a lagunar da Ria de Aveiro (extensão de 45 km de Ovar a Mira) ou ainda a via terrestre eram as usadas para o transporte de materiais. A implementação tardia da ferrovia justifica o atraso do desenvolvimento industrial da região de Aveiro, dada a dependência das condições de navegabilidade e de estado das estradas até então. Verifica-se que esta fase após a abertura da estação de Aveiro coincide ainda com o período de maior crescimento de edifícios de maior custo de construção (acima de 2.000 réis) na cidade (Rodrigues, 1998). Estes passam de 26 edifícios para o período 1902-1906, para 62 edifícios para o período de 1907-1911 (Rodrigues, 1998). Um aspeto que movimentou algumas valências associadas à construção como mestre-de-obras, carpinteiros, serralheiros, negociantes de madeira e após 1919 a abertura de estabelecimentos de materiais de construção, na cidade de Aveiro e freguesias vizinhas. O intercâmbio entre o Norte e o Centro chegava ao ponto da formação de técnicos e artífices ser feita ora em empresas do Norte ora do Centro, num processo de ajuda mútua, como aconteceu com a Fábrica de Porcelanas da Vista Alegre (Ílhavo, distrito de Aveiro).

No Brasil o crescimento da indústria agrícola e de exportação de materiais apoiou-se muito na ligação da ferrovia aos portos marítimos (Borba, 2007). A abertura dos portos a países estrangeiros em 1808, mas sobretudo as alterações ocorridas após a independência do Brasil em 1822, com as novas taxas e maior abertura ao comércio com países europeus, irá produzir efeitos com um consequente decréscimo do comércio com Portugal e um crescimento da influência nomeadamente inglesa para a ferrovia e francesa na Arquitetura. Em 1840 essas referências são evidentes no edificado residencial nomeadamente nas casas dos fazendeiros do café que em 1850 estavam em franco desenvolvimento. A rede ferroviária que no Estado de São Paulo apresenta momentos decisivos em 1867 e 1872 (Borba, 2007), o que

pode justificar um período de 1870-1880 onde se conhece um grande crescimento de construções na região de São Paulo, com uma intensificação da imigração com proveniência de Portugal, Itália e Espanha, para São Paulo, com especial significado após a abolição da escravatura em 1888. Surgem pois oscilações não apenas sociais e ligadas ao trabalho, mas também ao nível dos métodos construtivos, com uma implantação abrangente da construção do tijolo, produzidos muitas vezes nas próprias fazendas que possuíam fornos para a sua cozedura (Amoroso et al. 2015). O mercado internacional do café conhece períodos de crise financeira pela flutuação dos mercados externos, pela falta de adaptação de algumas fazendas às novas condições de trabalho, mas também por saturação dos terrenos por processos produtivos intensivos (Amoroso et al. 2013). Assim, no início do século XX o investimento na especulação imobiliária para repor essas perdas financeiras é a solução encontrada (Prado, 1994) e por volta de 1940 a produção de café em São Paulo tinha perdido a sua posição, com consequências negativas para a permanência deste Património edificado até aos dias de hoje.

O edificado em análise neste estudo respeita sobretudo ao período entre 1880 e 1905 para os residenciais e de entre 1890 – 1920 para os espaços comerciais urbanos, da cidade do Porto e da região de Aveiro. Ou seja, pelo anteriormente enunciado verifica-se que o período de regresso dos Portugueses do Brasil (finais do século XIX) se dá numa fase inicial da implantação da ferrovia e consequentemente do desenvolvimento industrial. Por este motivo, as opções por materiais e técnicas construtivas são aspetos que tiveram de contornar as dificuldades decorrentes de uma menor industrialização.

2. A INDÚSTRIA, O COMÉRCIO INTERNACIONAL E A LIGAÇÃO ÀS ALTERAÇÕES NA CONSTRUÇÃO E NA ARQUITETURA (PORTUGAL E BRASIL)

A importação de materiais industriais para Portugal era uma prática que já vinha do século XVIII, quando o grande afluxo de ouro do Brasil (entre 1714 e 1764) permitia a capacidade financeira para um crescimento da importação de materiais de Inglaterra (Caetano, 1986) e os acordos com este país o facilitava. Para além disso, em Portugal a falta de artífices experientes e conhecimento técnico, na fase inicial de criação de indústrias, irá exigir o recurso a estrangeiros de várias nacionalidades a salientar-se holandeses, franceses, ingleses e italianos. É de destacar a medida de Marquês de Pombal da criação do Real Colégio das Manufaturas e do Bairro dos Fabricantes (Caetano, 1986), numa tentativa de garantir um controlo sobre a transmissão do conhecimento a aplicar nas futuras indústrias. As medidas protecionistas implementadas irão favorecer algumas indústrias, no entanto, as ligadas ao processamento dos materiais de construção não se enquadraram neste apoio mais alargado.

Durante o século XIX a emigração Portuguesa vem igualmente incrementar ligações com outros países Europeus e os Estados Unidos (Mendes, 1980) e desenvolver a importação de materiais, contrariando em muitos casos o deficiente protecionismo da produção nacional, que se vê confrontada com uma concorrência forte e um diferencial de taxas nos portos, que a prejudicava.

Nesta altura, a indústria Portuguesa ainda apresentava um reduzido número de fábricas (Caetano, 1986). Considerando a distinção que era feita na época entre fábrica e oficina, a primeira teria de ter mais de 10 empregados, tendo ainda em conta os meios de produção de energia usados. Assim, a produção industrial nesta fase ainda se apresentava muito próxima de uma produção artesanal baseada em unidades familiares

de pequenas e médias oficinas, o que incluía as indústrias ligadas aos materiais de construção. As fontes de energia serão fatores condicionadores deste crescimento, verificando-se um primeiro momento de viragem no tempo de D. Maria I (1734-1816) quando se apoia como fonte de energia o carvão em detrimento dos combustíveis vegetais (em forte decrescimento no país para este fim). Um aspeto não só associado às necessidades decorrentes da reconstrução após o sismo de 1755 de Lisboa, mas igualmente por um progressivo menor controlo na reflorestação do pinhal de Leiria e um menor planeamento em outras regiões. Este não será o único fator que atrasou o desenvolvimento das indústrias Portuguesas, já que as invasões Francesas impuseram uma elevada destruição, incluindo dos meios de comunicação (estradas, pontes, etc). Tendo a situação das indústrias sido levantada e apresentada no documento Mappa Geral Estatístico que representa as Fábricas do Reino em 1812, com o objetivo de conhecer os prejuízos causados na indústria pelas invasões (Magalhães, 1988). Para além da recorrente dependência de Inglaterra (Mendes J., 1980), com os malefícios do Tratado de 1810 e a abertura dos portos brasileiros ao comércio internacional dois anos antes, vieram dificultar ainda mais a situação. A independência do Brasil em 1822 ocorrerá num período em que Portugal se encontra ainda mal preparado para a concorrência do comércio internacional.

O incremento do uso de máquinas a vapor revela o atraso da indústria Portuguesa que as começa a utilizar em 1835, enquanto em Inglaterra estas eram usadas desde 1785 e registava-se em 1830 que estavam em funcionamento nesse país 15.000 máquinas (Caetano, 1986). Estas, e mais tarde os motores elétricos representam momentos de viragem importantes para a indústria. A evolução da indústria e a criação das bases do Ensino Profissional em 1836 e 1837 será complementada com o aumento de número de patentes que passa de 83, entre 1837 e 1852, para 657 entre 1885 e 1892 (Caetano, 1986). Até 1852 a industrialização, ainda incipiente, apresenta-se como um período marcado pela transição de uma época que passa da função central do artesão para uma estrutura de trabalho baseada na divisão de tarefas (Magalhães, 1988). Em 1852 fundar-se-á a Associação Industrial Portuense cujo objetivo era instruir as classes operárias e industriais (Alves, 1996), sendo que em Aveiro esta apenas será criada em 1899, a Associação de Classe dos Operários da Construção Civil e Artes Correlativas, que secundou a criação da Escola de Desenho Industrial em 1893 (Rodrigues, 1998). Estes aspetos em conjunto com a melhoria dos meios de comunicação como os portos e as vias terrestres irão ter um papel decisivo na afirmação da indústria. No caso do distrito de Aveiro há a considerar algum papel relativo à lagoa costeira "Ria de Aveiro" que acompanha uma faixa litoral de Ovar a Mira com uma extensão de mais de 40km e um rio Vouga que era navegável e por onde se fazia o transporte de madeira.

A indústria das madeiras na região Centro e Norte irá implantar-se numa primeira fase através de pequenas serrações, muitas vezes inseridas noutras unidades produtivas ligadas à construção (Rodrigues MF, 1998). As limitações das serrações decorrentes do atraso do uso de fontes de energia mais avançadas condiciona-as a uma produção a força de braços, ou hidráulica, um aspeto que irá justificar o pouco processamento dos elementos construtivos para estruturas de pisos e de cobertura. Justificando-se assim, o uso de vigas de madeira de secção redonda, um aumento do uso de pregos e um uso de soluções mais detalhadas ao nível de encaixes apenas para construções cujos proprietários possuíam maior poder económico. No entanto, o crescente volume de construção decorrente da abertura de novas ruas ou avenidas irá fazer florescer esta

		DISTRITOS (PORTUGAL)					
		Porto		Aveiro		Lisboa	
TIPO DE PRODUÇÃO	ANO	Fábricas	Oficinas	Fábricas	Oficinas	Fábricas	Oficinas
MADEIRAS	1881	4860		-		217	
	1890	102	1429	1	144	49	870
	1930	1033		154		680	
CERÂMICA/VIDRO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO	1881	59		3		13	
	1890	6	31	17	117	44	254
	1930	92		56		114	
METAIS E CONSTRUÇÕES MECÂNICAS	1881	54				58	
	1890	77	1132	10	223	54	725
	1930	860		251		753	

Quadro 1 – Número de indústrias ligadas à construção dos Inquéritos de 1881, 1890 e 1930 (Anuários Industriais e comerciais de Portugal).

indústria e aumentar o comércio de madeiras não transformadas, incluindo a importação destas da Suécia e da Bélgica para além do Brasil.

Concomitantemente, o uso de máquinas a vapor será muito relevante para o desenvolvimento da indústria da metalurgia, destacando-se dos inquéritos à indústria de 1867 o desenvolvimento que apresentavam as fábricas de fundição da Companhia Perseverança Petters & Cª, a Ramos &Bachelay em Lisboa e as de Massarelos (Companhia Aliança) e Bicalho no Porto, de um total de 28 fábricas a nível nacional. O desenvolvimento desta indústria será relevante para a construção, sendo as vigas e os pilares de ferro fundido usados de forma cada vez mais frequente no final do século XIX, com especial destaque em armazéns, mas também nos grandes edifícios residenciais e nas alterações das fachadas dos novos espaços comerciais no centro das cidades, como se verá em próximo capítulo.

Os inquéritos às indústrias do período de 1881 a 1890, período em que se dá o retorno de Portugueses do Brasil que investem em Portugal e constroem as suas grandes residências, mostram igualmente uma preponderância da região Norte das indústrias associadas aos materiais de construção. Sendo de destacar as das madeiras, cerâmico/vidro/materiais de construção e metais e construções mecânicas (Quadro 1). Verifica-se um peso importante das oficinas transformadoras de matéria-prima para a construção na região do Porto em comparação com a região de Lisboa, destacando-se que esta preponderância do Porto existente em 1881 acabará por se estender até 1930, com exceção de cerâmica e vidro em alguns períodos (1890, 1930). Ou seja, todo o período de grande relevo de construção dos Portugueses que regressam do Brasil conhecerá a influência do Porto, algo que não se ficará apenas pelos materiais de construção, já que arquitetos e engenheiros do Porto também projetarão para a região centro. Este será um facto relevante para a compreensão da influência da região do Porto na região de Aveiro e também a presença de materiais processados no Porto e que são aplicados em Aveiro, por vezes com artífices do Porto ou da região Norte.

		1868-1873	1870-1874	1917	1918	1919	1920	1921	1928	1939
BRASIL	**Aveiro**	7996	5931	1018	805	4025	7269	2171	2815	2293
	Porto	-	14036	2919	2239	7168	8058	4377	2495	186
	Lisboa	-	-	3236	3787	6927	7382	3569	241	2105
EUA / EUROPA	**Aveiro**	-	-	-	-	-	-	-	282 / 3185	-
	Porto	-	-	-	-	-	-	-	18 / 1268	-
	Lisboa	-	-	-	-	-	-	-	9 / 429	-

Quadro 2 - Emigração dos distritos de Aveiro, Porto e Lisboa para o Brasil / EUA / Europa.

Assim, a nível nacional o Porto apresenta para este período (1881-1890) a maior taxa de industrialização, seguido por ordem decrescente Lisboa, Castelo Branco, Braga, Guarda, Aveiro e Coimbra. No entanto, verifica-se uma alteração do tecido empresarial, já que o número de fábricas vai crescendo em detrimento de uma diminuição de registo de oficinas.

As exportações no período 1881-1890 continuam a ser sobretudo para o Brasil e para Inglaterra, enquanto as importações se verificam com maior incidência da Alemanha e Inglaterra.

A emigração de Portugueses da região Norte e Centro, para o Brasil, teve como destinos significativos o Rio de Janeiro, São Paulo, Pará, Maranhão e Baía. Esta emigração foi relevante para o conhecimento da oferta de materiais para a construção comercializados desde o Brasil, como as madeiras no final do século XIX. Pela análise do Quadro 2 constata-se que o distrito de Aveiro e o do Porto têm um peso significativo no cômputo geral, mesmo em relação à capital, com uma expressão muito significativa no período de 1868 a 1917.

Este nível de emigração decorre em parte de uma evolução difícil da implantação da indústria até pelo menos 1945, decorrente do impacto das Guerras mundiais, da dificuldade no acesso a matéria-prima e de combustíveis (Silva Lopes, 2002).

3. O PATRIMÓNIO EDIFICADO DOS QUE REGRESSAM DO BRASIL E AS ALTERAÇÕES DE FACHADAS IMPOSTAS PELA PRESSÃO DO COMÉRCIO

O Património edificado respeitante às grandes casas dos Portugueses que regressam do Brasil, dos finais do século XIX e inícios de XX, apresentam um enquadramento comum ao nível das preocupações higienistas e de salubridade e de uma disseminação da Arquitetura Eclética, reflexo de uma preocupação de acompanhamento das tendências Europeias, nomeadamente Inglesas e Francesas. Observa-se neste período, uma influência direta do gosto do proprietário no edifício a construir, muitas vezes seguindo modelos Europeus - ingleses, franceses ou italianos - integrando igualmente os novos materiais fornecidos pela indústria e comércio internacional, quer no Brasil quer em Portugal. Neste sentido, os edifícios construídos por estes Portugueses regressados do Brasil apresentam elos comuns entre a prática da

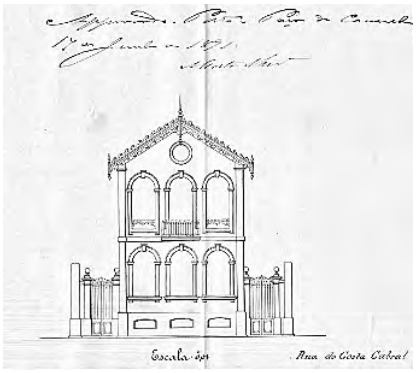


Fig. 1 – Fachada 1891, Porto (Arquivo municipal do Porto).

Fig. 2 – Interior palacete, Águeda (créditos: Alice Tavares).

Fig. 3 – Pormenor de torreão com vidros coloridos (créditos: Alice Tavares).

Arquitetura no Brasil e em Portugal, incluindo ao nível decorativo e da organização dos espaços, onde a dicotomia entre espaços privados e espaços mais públicos ou destinados à interação social na habitação definiam estratégias comuns. Estes edifícios ecléticos, de uma burguesia que se procurava integrar na alta sociedade e na região onde se pretende fixar em Portugal, mostram igualmente duas tendências comuns, a valorização do espaço de entrada e das circulações (escadas e corredores) que estratificam e separam os espaços familiares dos espaços de convívio social, sendo que os espaços mais "públicos" se podem apresentar de forma sequencial sem corredores ou átrios de separação, apesar das funções diferentes. A procura de individualização de cada espaço, afastando-se da linha tradicional de espaços plurifuncionais, é outro traço significativo deste edificado, com o recurso aos elementos decorativos das paredes e tetos e da pintura destes espaços. Em vários destes palacetes ou casas grandes, a escada encontra-se centralizada na construção, encimada por uma grande claraboia, à volta da qual se distribuem os espaços, com ou sem corredor intermédio. Noutros casos, a escada principal encontra-se sensivelmente a meio do corredor, apresentando-se uma distinção clara entre escada principal e escada secundária de serviço para os empregados, seguindo em vários casos um modelo de organização mais próximo do tradicional de corredor centralizado longitudinal ou transversal. Outra preocupação comum, que se destaca dos modelos tradicionais é a tentativa de maior ligação entre interior e exterior, com a colocação de varandas grandes ou terraços associados sobretudo a salas. Um aspeto que decorre de um gosto pelos espaços arborizados, que no Brasil estão bem patentes nas fazendas de café e açúcar através das alamedas dos acessos principais ou envolventes à casa principal e em Portugal surgem com a plantação de árvores exóticas na envolvente do edifício, sendo um fator complementar e emblemático deste tipo de edificado. No entanto, apesar dos elementos distintivos entre os novos edifícios construídos pelos que regressam do Brasil (Figs. 1, 2 e 3), que valorizam a cor e os efeitos de luz (pintura, janelas e portas, claraboias, torreões envidraçados) em relação aos edifícios que eram construídos pela alta burguesia Portuguesa na mesma época, os aspetos comuns são significativos, nomeadamente os apresentados sobre organização espacial e sistemas construtivos.

Ao nível do sistema construtivo concluiu-se que os critérios sobre a escolha da qualidade dos materiais, bem como a procura de uma cons-

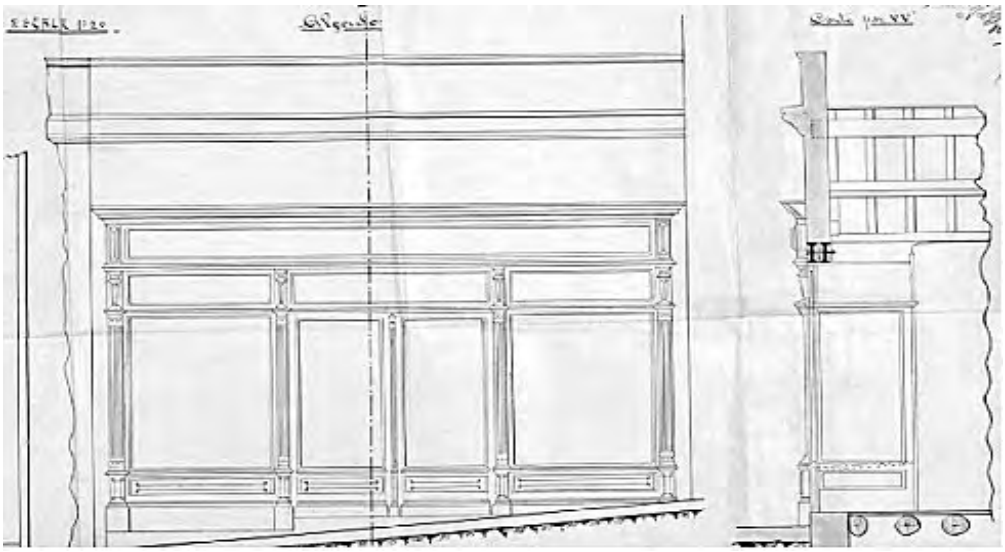


Fig. 4 – Projeto de alteração de fachada com inserção de vigas metálicas (alçado frente e corte), 1909 Porto (créditos: Arquivo Municipal do Porto).

trução sólida e durável, pautaram muitas das decisões tomadas. Será a segurança estrutural e a durabilidade dois aspetos chave que destacam este edificado do de construção corrente. Era tido um cuidado sobre a base de fundação e um especial sobre as alvenarias que apresentam com frequência ligações à estrutura da cobertura ou de pisos através de um gateamento ou uso de tarugos de madeira com ferrolhos metálicos a aumentar essa ligação entre elementos estruturais. Assim, para além de uma ação para impedir movimentos para fora do plano de paredes, existia ainda um funcionamento mais coeso entre os componentes estruturais e uma melhor distribuição das cargas. Verifica-se que existe um conjunto significativo que usa os materiais nacionais, nomeadamente a madeira de castanho em detrimento da madeira do Brasil e seguindo as secções de vigas correntes comercializadas, mas com a preocupação de escolher as melhores madeiras, nomeadamente de castanho em detrimento do pinho. As estruturas de cobertura possuem soluções mais elaboradas, que exigem alguma perícia técnica, pois em muitos casos a dimensão da construção e o facto de o sótão ser espaço habitável obrigando a um pé-direito mais alto, impôs soluções próprias. No entanto, a divergência em relação à construção corrente é também um uso mais sistemático de elementos metálicos para complementar os de madeira, no sentido de reforçar estes nas suas ligações ou à parede. O uso de ferrolhos ao nível dos frechais e ao nível das vigas de pavimento (em todos os pisos), sendo que estas vigas apoiavam nas paredes em toda a sua espessura ou em parte mas com aumento de base de apoio através de cachorros, demonstra mais uma vez uma preocupação com a solidez da construção. Com este sentido são também por vezes usadas vigas metálicas simultaneamente a vigas de madeira As paredes apresentavam espessuras normalmente 10% superiores às correntes, tinham ainda a particularidade de usarem em muitos casos uma percentagem maior de cal, com um traço de 1:2 ou 1:2,5 (cal parda: areia). Os revestimentos de

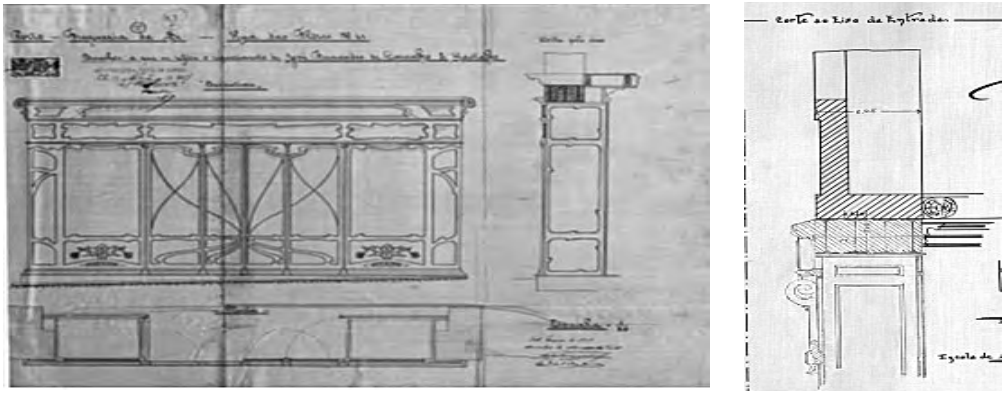


Fig. 5 – Projecto de alteração da fachada com modelo Arte Nova para espaço comercial e corte de detalhe da zona das vigas metálicas, 1909, Porto (créditos: Arquivo Municipal do Porto).

parede em pelo menos duas camadas (emboço e reboco) tinham uma granulometria controlada pelo menos na última camada. Assim, verifica-se que estes edifícios apresentam algumas variações no sistema construtivo corrente, que se pautam sobretudo por preocupações ao nível da segurança e durabilidade estrutural, mas também maior complexidade ao nível das soluções adotadas para as estruturas de cobertura de madeira e um recurso mais sistemático de elementos metálicos.

Uma das expressões mais significativas da entrada dos produtos da indústria na construção corrente será o uso das vigas metálicas no final do século XIX e início do XX, com o desenvolvimento da indústria metalúrgica. As alterações nas fachadas apresentam-se a dois níveis, por um lado as alterações ao nível do rés-do-chão para o comércio, com montras mais largas e que impõem o uso de vigas de ferro em substituição dos panos de parede tradicionais de alvenaria de pedra, de adobe ou de tijolo.

4. A APLICAÇÃO DE ELEMENTOS METÁLICOS NA CONSTRUÇÃO EM COMPLEMENTO AOS MATERIAIS NATURAIS DA CONSTRUÇÃO TRADICIONAL

A continuidade de aplicação de materiais naturais como o adobe no final do século XIX e início do século XX, nos edifícios construídos pelos que regressam do Brasil nesta altura, decorre em parte pelo facto das conhecidas "grandes" indústrias de cerâmica da região se terem implantado ligeiramente mais tarde, como foi o caso em Aveiro da Fábrica Jerónimo Pereira Campos (1896). Para além de numa primeira etapa estas indústrias produzirem sobretudo telha em vez de tijolo. Assim, apesar de em 1865 serem identificadas 62 pequenas oficinas de telha e tijolo no distrito de Aveiro (Caetano, 1986), a adoção do adobe para a construção prevaleceu, concomitantemente com a pedra (nomeadamente a pedra de Eirol e o granito) para partes específicas da construção, como as fundações e embasamento. No entanto, sendo uma região de matéria-prima abundante para a produção do tijolo o crescimento de

TIPO DE VIGAS	h - altura (cm)	Banzo (cm)	Espessura (cm)	Nº de vigas	Vão (m)
Viga duplo "T"	25	12	n.i.	3	2,8
	30	12	1,1	2-4	-
	30	13 a 16	1,1 a 1,5	2-4	6,0
Viga "I"	23	10,8	1,4	3	2,9
	25	11 a 12	0,9 a 1,2	3	3,4-3,5
	26	10	1,2/0,7	2	-
	30	12 a 16	1,1 a 1,5	3-4	3,3-7
	35	12 a 14	1,2/1,8	2-3	4,3
	35,5	15	1,5	3	
	36	14,3	1,3	3	5,2
	38	n.i.	n.i.	2	6,5
	40	n.i.	n.i.	6	-

Quadro 3 – Caracterização das vigas de ferro – resumo da base de amostragem (35 fachadas).

oficinas de telha e tijolo progrediu e em 1881 já fazia alguma concorrência às da região do Porto, concomitantemente com as de Viana do Castelo e Braga, conforme cita Soeiro (Soeiro et al., 1995), pela melhoria das comunicações terrestres e transportes.

O recurso a oficinas ou operários especializados da região Norte decorre igualmente do número diminuto destas na região de Aveiro. A título de exemplo veja-se que em Aveiro, em 1891 existia apenas um estucador e em 1927 existia apenas uma sociedade coletiva de canteiros (Rodrigues, 1998). Por outro lado, a proliferação de estruturas pequenas familiares dedicadas a mais do que uma função diminuía a especialização necessária para a construção dos edifícios dos que regressam do Brasil. Assim, apesar destes serem construídos com mão-de-obra local para as alvenarias, os trabalhos de maior detalhe, como as estruturas de madeira das coberturas e os estuques ou pinturas eram requisitados operários de outras regiões a Norte, onde muitas vezes estes novos proprietários tinham igualmente negócios ou onde já haviam vivido. Uma prática que ainda se observou no período posterior de Arte Nova na região.

Neste sentido, quando se procede à análise dos edifícios construídos pelos que regressam do Brasil na região Centro ou Norte terá de se ter em conta a partilha de técnicas, materiais e conhecimento que existiu entre as duas regiões.

Nesta simbiose entre materiais de construção industriais e os materiais de construção naturais e usados nos sistemas construtivos tradicionais, este estudo pretendeu analisar os processos de alterações de fachadas de alvenaria que incluíram vigas e/ou pilares metálicos em ferro. Foram analisados casos da cidade do Porto e da cidade de Aveiro dentro do período de 1880 a 1920. Estas alterações atingiram sobretudo o rés-do-chão de edifícios existentes em áreas centrais das cidades e destinados ao comércio, normalmente associados a alteração de função ou de ramo comercial. Da análise de 35 casos de estudo em fachadas tradicionais, a solução encontrada passou sis-

tematicamente pela demolição dos nembos de parede do rés-do-chão, pelo menos até à altura das padieiras existentes. Na generalidade essa demolição apenas deixa 0,20 m a 0,35 m de parede nos extremos, para apoio das vigas metálicas e em menor número de casos, a demolição dos nembos de parede não é total, deixando-se ficar um portal para entrada independente das habitações localizadas nos pisos superiores.

Em termos gerais a caracterização das intervenções desta época relativas à introdução de elementos metálicos – vigas e colunas – apresenta-se da forma que a seguir se descreve. A colocação das vigas metálicas tinha como imposição que a sua área de suporte tivesse no conjunto a mesma largura que o pano de fachada que estava a suportar. Assim, as vigas metálicas (de ferro) eram entremeadas por vigas de madeira normalmente de Riga e o número de vigas – 2,3, 4 ou 6 – dependia da espessura da parede superior. No entanto, a solução com 3 vigas era a mais corrente, sendo usada para fachadas com paredes de 0.50 m de espessura e 4 vigas para 0,65 m de espessura. As vigas metálicas e de madeira eram ligadas por parafusos de ferro para completa solidarização, sendo comum fazer coincidir a sua localização com o prumo dos apoios de colunas de ferro ou paredes. As vigas disponham-se lado a lado, conforme Fig. 4 e ficavam com os extremos encastrados nos nembos de paredes dos limites da fachada ou nas paredes meeiras.

Esta é uma solução que é igualmente adotada para as intervenções Arte Nova (Fig.5).

O processo construtivo de integração destas novas vigas de ferro podia passar por um escoramento prévio (fachadas e interior) e pela demolição sectorial apenas do necessário à sua montagem (vigas e colunas), sendo o restante apenas demolido após estar completa esta operação.

As vigas de ferro em "I", mais comum na base de amostragem ou "duplo T" (sobretudo até 1909) apresentavam dimensões variáveis conforme Quadro 3, para vãos normalmente entre 2.80 m e 7.00m, sendo mais comuns os casos no intervalo 3.00-4.00 m.

O cálculo das vigas – dimensionamento e número – era realizado com apoio de tabelas fornecidas pelo fabricante ou fornecedor. Era apresentado um valor de carga por m^3 de parede de alvenaria de pedra (a título de exemplo: 26,5KN/m^3) que era usado no cálculo demonstrativo da capacidade de carga das vigas, enfatizando frequentemente uma margem de segurança que rondava um excesso da capacidade de carga entre 23% a 70% em relação à carga calculada a suportar. As vigas de madeira não eram valoradas para efeito de cálculo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A industrialização em Portugal deu-se de forma lenta mas para a qual foi fundamental o desenvolvimento das vias de comunicação, a evolução das fontes de energia e da indústria metalúrgica. O regresso de Portugueses do Brasil com capacidade para construírem as suas grandes residências ou edifícios para investimento teve de lidar com algumas lacunas em termos das técnicas e artífices especializados disponíveis. Por este motivo verificou-se um intercâmbio entre a região Norte e Centro, nomeadamente nas áreas de estudo do Porto e de Aveiro. Concluiu-se que a qualidade e durabilidade construtivas era uma premissa na construção deste edificado aliado à procura de novos materiais com impacto igualmente no campo estético, como a título de exemplo se apresentou os elementos metálicos em ferro (colunas e vigas) e destes aspetos decorre também o grande interesse e valor dos edifícios desta época. O conhecimento dos materiais e o progressivo aumento de capacidade produtiva das indústrias de materiais de construção não irão impedir o uso dos materiais tradicionais de cada região nestes edifícios. Assim, verifica-se que a construção em alvenaria de pedra e madeira ou alvenaria de adobe e madeira permanece. O elemento que acaba por

produzir um maior destaque em termos do acesso a materiais industriais será o uso de vigas e colunas de ferro fundido, que serão frequentes neste tipo de casas e não tanto na construção corrente. Estes mesmos elementos metálicos irão ser usados nos processos de alterações de fachadas para adaptação ao comércio, como forma de expressão de uma época que procura demonstrar o seu conhecimento técnico em termos de engenharia. As condições de segurança estrutural eram debatidas e o uso mais universal de elementos metálicos em complemento de estruturas de pavimentos e de cobertura irão contribuir igualmente para essa durabilidade da construção. Aliava-se desta forma, a evolução da indústria da construção, a maior capacidade técnica e as influências do estrangeiro. O Património construído na fase de transição das unidades de manufatura para as industriais apresenta assim qualidades que lhe permitem continuar no presente em uso, pelo que este estudo procurou contribuir para a caracterização deste.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FCT – Fundação para a Ciência e Tecnologia pelo apoio à investigação de Pós-doutoramento de Alice Tavares, SFRH/BPD/113053/2015.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alves J.F. 1996. O emergir das associações industriais no Porto (meados do século XIX). Análise Social. Vol XXXI (136-137) 2º, 3º 527-544. Porto, Portugal.

Amoroso, M.R., Tirello R.A. 2015. A região norte leste do município de Campinas/SP (Brasil). Património Cultural x Ordenamento Territorial. Livro de Actas do Fórum Internacional do Património Arquitetónico. Universidade de Aveiro. Portugal. ISBN – 978-989-20-50742-2.

Annuario Commercial de Portugal (ACP), Vol II, 1895-1930. Lisboa, Imprensa Nacional, Ministério das Finanças, República Portuguesa, Portugal.

Anuário Estatístico de Portugal (AEA), Ano 1917. 1921. Lisboa, Imprensa Nacional, Ministério das Finanças, República Portuguesa, Portugal.

Anuário Estatístico de Portugal (AEA), Ano 1921. 1925. Lisboa, Imprensa Nacional, Ministério das Finanças, República Portuguesa, Portugal.

Bacellar, C. A. P 1997. Os senhores de terra - família e sistema sucessório entre os senhores de engenho do Oeste Paulista, 1765-1855. São Paulo, 1987. CMU/Unicamp.

Borba J.L. 2007. Material de tração. Tese de Pós-graduação em Engenharia Ferroviária. PUC-Minas Gerais. Belo Horizonte, Brasil.

Caetano, L. J. 1986. A indústria do distrito de Aveiro – análise geográfica relativa ao eixo rodoviário principal (EN 1) entre Malaposta e Albergaria-a-Nova. Tese de doutoramento em Geografia da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra. Volume 1. Comissão de Coordenação da Região Centro, Coimbra, Portugal.

Magalhães, Maria Madalena A. 1988. A indústria do Porto na primeira metade do século XIX. Revista da Faculdade de Letras – Geografia. I Série, Vol. IV. Porto, p.111-154.

Mendes J.M.A. 1980. Sobre as relações entre a indústria portuguesa e a estrangeira no séc. XIX, Análise Social, Vol XVI (61-62), 31-52. Portugal.

Prado JR C. 1994. História Econômica do Brasil. São Paulo: Brasiliense. Brasil.

Rodrigues M.F. 2010. Empresas e empresários: os industriais transformadores na Sub-região da Ria de Aveiro, 1864-1931. Fundação Calouste Gulbenkian. ISBN: 978-972-31-1322-8. Portugal.

Rodrigues M F (1998) A construção civil em Aveiro 1860-1930 - Notas para a sua compreensão histórica. A Indústria Portuense em Perspectiva Histórica, Actas do Colóquio - separata. (Coord.), Porto, Alves J. F. CLC- FLUP.

Silva Lopes, José (2002) "A Economia Portuguesa

no Século XX", (pp. 269-323) in Fernando Pernes (coord.) Panorama da Cultura Portuguesa no século XX, Vol. I, Porto: Afrontamento, Porto 2001 e Fundação Serralves.
Soeiro T., Alves J.F., Lacerda S., Oliveira J. 1995. A Cerâmica Portuense, evolução empresarial e estruturas edificadas. Revista Portugália, Nova Série, Vol. XVI, Universidade do Porto, Portugal.
Tavares A., Amoroso M.R, Amoroso L., Costa A. 2013. Rehabilitation of heritage buildings of 19th century of Brazil. 2nd Biennial of Architectural and Urban Restoration. 15-30 Outubro, Taranto. Itália.
Tavares, A., Costa, A., Varum, H. 2013. Análise de estratégias para Implementação da reabilitação Urbana e Salvaguarda do Património Vernacular. Congresso Internacional de Habitação no Espaço Lusófono. 2ª CHIEL. 13-15 de Março 2103, LNEC, Lisboa, Portugal.
Torres C.M. 1958. A evolução das linhas Portuguesas e o seu significado ferroviário. Gazeta dos Caminhos de Ferro, 70, nº 1681. Portugal.

Acontecimentos Precursores da Criação da Gaiola Pombalina e Construção Mista com Madeira.

Tavares, Alice[1]*; Costa, Aníbal[2]*
[1]tavares.c.alice@gmail.com, [2]agc@ua.pt
** RISCO, Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro*

RESUMO

A "Gaiola Pombalina" é reconhecida internacionalmente como um dos primeiros sistemas construtivos criado por técnicos qualificados, com o objetivo de salvaguardar vidas humanas, em caso de evento sísmico. A sua aplicação faz-se após o terramoto de Lisboa de 1755, por engenheiros e arquitetos militares Portugueses, num quadro de grande necessidade de construção para habitação com custos controlados, com reciclagem de materiais de construção, com as restrições de materiais e de mão-de-obra do momento. Apesar do enorme reconhecimento deste sistema construtivo como um marco da Engenharia sísmica, a falta de desenhos da época sobre o mesmo, coloca várias questões sobre a base de influência que lhe deu origem. Esta investigação analisou vários aspetos da época e chegou à conclusão de quais podem ser entendidos como os seus precursores.

Na investigação foi analisada a formação e experiência dos técnicos militares Portugueses, a sua integração em obras de relevo, a legislação e diretivas produzidas na época para apoio à reconstrução, os sistemas construtivos tradicionais mistos com madeira que possam ter sido do conhecimento dos técnicos Portugueses e obras relevantes anteriores que possam ter fornecido uma maior experiência sobre os materiais, nomeadamente os usados na Gaiola Pombalina.

Esta investigação conclui que a formação e experiência militar é um aspeto precursor chave da criação deste sistema, que se baseava no desenvolvimento da capacidade de observação de danos em edifícios, da escolha criteriosa de materiais, de gestão orçamental e de uma gradual aprendizagem dos métodos construtivos das diferentes tipologias. O uso de tratados militares estrangeiros não era a única fonte de disseminação do conhecimento, já que os militares Portugueses elaboravam os seus próprios documentos de apoio e a estrutura dos cursos acompanhava as tendências da época. Os Portugueses tinham conhecimento de terramotos noutros países, nomeadamente em Itália, eventualmente de outros sistemas construtivos, contudo será a experiência militar e um forte sentido prático e objetivo o que justificará melhor a criação da "Gaiola Pombalina".

Palavras-chave: experiência militar, edifícios pré-pombalinos, gaiola pombalina e terramotos históricos.

1. INTRODUÇÃO

O terramoto de Lisboa de 1755 representa um marco em eventos de sismos históricos do mundo e particularmente da Europa, já que foi um dos de maior intensidade, tendo sido sentido em vários países europeus e em Marrocos. Este é um evento singular que gerou um debate na comunidade científica e sociedade em geral, desde Rousseau, a Kant e Voltaire, passando por várias figuras de renome do meio universitário Espanhol, como o Reitor da Universidade de Sevilha, J. Cevallos (1726-1776), ao Matemático e Professor da Universidade de Salamanca, O. Gallardo y Villaroel, entre outros (Vallina, 2010). Apesar do debate na altura se ter dividido entre a procura de uma justificação do foro religioso, existiram várias tentativas de o compreender cientificamente como um acontecimento de cariz natural.

A devastação ocorrida na capital de Portugal deveu-se não apenas ao terramoto, mas também ao tsunami que se lhe seguiu e finalmente ao grande incêndio que destruiu um grande número de edifícios. Assim, em pouco tempo Lisboa ficou com uma população desalojada, ruas intransitáveis, vários mortos, em pleno inverno. A urgência de uma reação rápida, a perda irreversível de vasta documentação técnica e a necessidade de motivar todos para a reconstrução da capital iria impor uma abordagem baseada num forte sentido prático, teve como objetivo principal o de resolver simultaneamente o problema do alojamento, ativar a economia e recuperar a confiança na segurança estrutural dos futuros edifícios (a reconstruir). É neste ambiente que nasce uma estrutura singular – a gaiola pombalina – desenvolvida por arquitetos e engenheiros militares Portugueses.

A gaiola pombalina é amplamente referenciada pela comunidade científica internacional da engenharia sísmica, como uma das mais antigas conceções estruturais desenvolvida por técnicos, com o objetivo de resistir aos sismos. Após esta, apenas é conhecida a estrutura casa baraccata Italiana que foi implementada após o sismo de 1783 da Calábria (Tavares et. al., 2014). A gaiola pombalina contempla três situações distintas no mesmo sistema construtivo (Fig.1): i). uma estrutura interna de madeira composta por cruzes de Santo André inseridas numa estrutura de malha ortogonal, de madeira com enchimento de alvenaria, que abrangia todas as paredes internas. Formando assim, espaços interiores de dimensões controladas, numa conceção com vista a um comportamento tridimensional, com ênfase nas ligações e regularidade do espaçamento dos elementos nos pisos e na cobertura; ii). uma estrutura de madeira adossada à face interior das paredes de fachada (de alvenaria de pedra ou alvenaria ordinária), com uma composição conhecida na época e referenciada na Encyclopédie de D'Alembert (D'Alembert & Diderot, 1751-1772), que neste caso permitia fazer a ligação através de elementos pontuais de madeira (as denominadas "mãos") à parede de fachada, pela sua face interior. Desta forma, não ficava a estrutura de madeira à vista como acontece noutros sistemas mistos de madeira antigos Europeus; iii). um rés-do-chão composto por uma sequência de abóbadas apoiadas em pilares ou paredes que por sua vez poderiam estar apoiados em fundações de estacaria de madeira compostas por vários layers (Mascarenhas, 2004).

A gaiola pombalina revela desta forma a procura em atingir uma estrutura de edifícios resiliente aos sismos, capaz de superar os efeitos dos movimentos horizontais impostos por este, através de uma estrutura regular mais leve e deformável, com madeira e onde as paredes de alvenaria das fachadas poderiam sofrer os maiores danos (com eventual colapso), mantendo as pessoas a salvo no interior do edifício. A regularidade estrutural, as ligações e o uso omnipresente das cruzes de Santo André são fatores que distinguem a gaiola pombalina dos modelos europeus mistos com madeira, para além das preocupações relativas a incêndios que impõem a ocultação da estrutura

Fig. 1 – Fotografia de estrutura de gaiola Pombalina (créditos Aníbal Costa).

de madeira. Este trabalho irá no entanto debater como eventual precursor da gaiola pombalina as estruturas pré-pombalinas que tinham igualmente madeira na sua estrutura.

Os vários registos produzidos após o terramoto de 1755 revelam que em várias localidades do país era conhecida a existência de outros grandes sismos na Europa e na América do Sul, destacando-se o terramoto de 1693 na Calábria (Sanches, 1756) que atingiu 30 cidades italianas na região e que teve a particularidade de reconstruções maciças de cidades e a relocalização da cidade de Noto (Tobriner,1983). Contudo, não se consegue ainda provar o nível de conhecimento por parte dos técnicos Portugueses envolvidos na criação da gaiola pombalina sobre estes sismos e as consequentes medidas implementadas na época.

2. ENQUADRAMENTO DO AMBIENTE HISTÓRICO DA GAIOLA POMBALINA

O terramoto de 1 de Novembro de 1755 ocorre num período de desenvolvimento de Portugal e da sua ligação às colónias, com especial destaque ao Brasil. O facto de ter atingido a capital do país irá condicionar o seu crescimento futuro e obrigar ao uso dos recursos disponíveis em função da sua reconstrução, um processo que levará vários anos. Segundo Bonifácio (Bonifácio, 2014) dois terços das ruas ficaram intransitáveis, das 20.000 casas existentes no centro apenas 3000 casas ficaram operacionais após o sismo e o grande incêndio. Das 40 igrejas paroquiais apenas 5 resistiram e dos 65 conventos apenas 11 ficaram com condições mínimas de habitabilidade, embora com danos. Nenhum dos 6 hospitais resistiu após o grande incêndio e 33 residências principais de famílias da corte ficaram destruídas. Em Lisboa onde se concentrava 10% da população de Portugal estima-se que tenham morrido 10.000 a 15.000 pessoas (Bonifácio, 2014). Este nível de destruição dá-nos a imagem da urgência e necessidade de rapidez de atuação, bem como da mobilização de recursos humanos e materiais para a mesma, que ficará registada na legislação e orientações produzidas na época e que interessa abordar.

A análise da legislação decorre do interesse em acompanhar que recursos e procedimentos foram necessários mobilizar durante a reconstrução de Lisboa que possam ter influenciado as características do sistema construtivo da gaiola pombalina. Pretende ainda avaliar qual o papel que alguns dos engenheiros militares e arquitetos tiveram na reedificação de Lisboa e de que forma esta se reestruturou para permitir o novo método construtivo.

A 29 de Novembro de 1755 é publicado o decreto que regula o Plano de praças e casas de Lisboa, promovendo o levantamento das pré-existências, sendo destacados para a tarefa arquitetos e engenheiros militares.

A tentativa de controlo do processo de reedificação de Lisboa, um aspeto muito significativo para a implementação do sistema pombalino obriga a um Edital a 30 de Dezembro de 1755, que impedia que se reedificasse antes da finalização do levantamento das casas existentes e das casas incendiadas. Prevendo-se como exceção a possibilidade de reparação de casas danificadas pelo sismo, mas que se mantivessem habitáveis. De Novembro a Dezembro o esforço incidiu sobre

a retirada de entulhos, nivelamento de cotas e no registo do levantamento das pré-existências nas áreas a definir pelos planos que teriam regulação.

As dificuldades encontradas para a reedificação contaram com o apoio dos negociantes, revertendo 4% do lucro para a reedificação da Alfandega de Lisboa (Decreto de 2 de Janeiro de 1756). No entanto, apesar da procura na reativação da economia, a produção de materiais de construção apresentava-se deficitária para fazer face à procura. A reciclagem de materiais dos escombros era assim uma prioridade.

A 10 de Fevereiro de 1756 é publicado um edital a anunciar que se irá proceder à elaboração do Plano para cada um dos bairros de Lisboa (mencionando que se iriam publicar com brevidade), onde irão constar a largura e direção das ruas, a estrutura exterior e altura dos edifícios. Neste edital já é feita referência à necessidade de uniformidade do edificado, numa clara perceção da necessidade de se encontrarem metodologias mais ou menos estandardizadas que permitissem uma maior facilidade na reconstrução. Este edital faz ainda menção ao de 30 de Dezembro (1755) referindo que todas as construções que fossem contrárias aos novos planos, construídas após essa data seriam demolidas à custa dos proprietários. Este é um aspeto que revela o controlo que se pretendia ter nesta reedificação.

Com o terramoto e a reconstrução, a necessidade de madeira para a construção acentuou-se muito, pelo que em 29 de Novembro de 1755 é publicado um alvará que isenta o pagamento de direitos às madeiras vindas do Brasil que cheguem em embarcações Portuguesas (Bonifácio, 2014). A 22 de Maio de 1756 é publicado novo alvará isentando de diretos as madeiras criadas no Reino e liberalizando a circulação destas entre portos Portugueses. A preocupação com o abastecimento de madeira necessária para a reconstrução transparece na publicação de 10 de Setembro do mesmo ano, onde se isenta de taxas as madeiras que qualquer proprietário ou construtor pretendam importar às suas custas nas quantidades necessárias à obra que pretendiam realizar, ou seja para uso próprio e deixando de parte eventuais especulações comerciais. Em 1758 volta a ser publicado um Decreto (28 de janeiro) sobre o comércio das madeiras isentando de taxas as que fossem importadas para as obras Reais (Obras do Arsenal da Cidade de Lisboa).

Em Lisboa, após o sismo de 1755 foram construídas 9000 barracas em apenas 6 meses (Bonifácio, 2014), existindo referências de outras importadas da Europa. De referir que, tal como aconteceu noutros terramotos em Portugal e em Itália, a construção de barracas de madeira após estas catástrofes naturais era comum. Num evidente reconhecimento de que seriam mais seguras em caso de réplicas do sismo. Por este motivo, em Lisboa foram construídas várias nos espaços abertos ou logradouros, incluindo para arrendamento.

Um dos aspetos interessantes da legislação da época é a regular publicação de alvarás que discriminavam os procedimentos de intervenção urbana, desde o levantamento topográfico do existente, à definição da tipologia de ruas (consentâneas com a abordagem de Ribeiro Sanches, 1756), algumas considerações sobre a característica geral a dar aos edifícios, o apoio à produção dos materiais de construção, a regulamentação do comércio dos materiais de construção, para além de definir as responsabilidades de intervenção. Podem-se enumerar algumas destas situações que refletem as limitações da época, como a autorização concedida a Guilherme Stephens (empresário inglês) em 1757 para a produção de cal em Portugal, sem pagamento de direitos e cuja fábrica usaria carvão importado de Inglaterra em detrimento de lenha Portuguesa, dada a grande necessidade de madeira para a reconstrução.

Em 1757 Lisboa ainda se encontrava muito arruinada, o que transparece no aviso de 27 de janeiro que dava ainda nota da falta de segurança

que se vivia na capital. A necessidade de se imprimir uma maior velocidade à construção justifica a publicação do alvará de 12 de Maio de 1757 onde se refere o apoio à multiplicação de fábricas de cal, tijolo, telha e madeira, permitindo a livre circulação dos materiais e a facilitação no acesso a lenha para os fornos de cal e cerâmica. Do que se pode destacar o relevante compromisso patente no edital de 29 de Julho, onde a Fazenda Real se comprometia a adquirir toda a cal, telha e tijolo que fosse produzida e não tivesse comprador. Numa tentativa de imprimir confiança aos produtores para a laboração e igualmente retirando eventuais problemas de legalização das suas oficinas ou pequenas fábricas, já que se aceitava que pessoas fora do ramo da produção de materiais de construção os produzissem.

A 12 de Maio de 1758 é publicado um significativo alvará sobre a reedificação de Lisboa, que faz pela primeira vez referência aos objetivos do sistema construtivo aplicado. Nele é referido a existência do Plano regular para a reedificação, estabelece as regras de edificação, mas também a possibilidade de os proprietários aderirem ao plano de construção onde se previa que as obras estivessem concluídas num prazo de 5 anos. Neste alvará é feita uma referência expressa ao novo sistema construtivo ao mencionar que estes proprietários iriam assim receber "os benefícios do menos perigo nos terramotos e incêndios" com a nova forma de construir, o que comprova que nesta altura o sistema da gaiola pombalina já estava concebido e em aplicação. Concluindo que por todos os motivos enunciados e os privilégios atribuídos no diploma, os proprietários teriam o valor da propriedade acrescido, quer em termos do valor global, quer nos alugueres. O mesmo alvará define as áreas beneficiadas com estas medidas, que passava igualmente pela isenção de taxa (de Aposentadoria) por 30 anos a favor dos proprietários que construíssem de raiz ou reedificassem desde as fundações.

Um mês mais tarde (12 de Junho de 1758) é publicado o Plano para a reedificação da Cidade de Lisboa, relembrando os Editais anteriores sobre as proibições de construção aleatória dentro do perímetro definido, referindo que as casas teriam de obedecer a um prospeto uniforme em simetria e altura. Menciona as larguras das ruas, a alteração do declive das mesmas, usando o entulho para esse efeito de suavização de declives, referindo ainda uma separação de funções dos edifícios, bem como as características arquitetónicas dos edifícios (fachadas) de acordo com a rua onde se localizassem. Do que transparece não apenas o controlo do processo de reedificação, mas também um tempo de maturação de métodos construtivos permitido pelo atraso na reconstrução.

A 15 de Junho de 1759 o alvará publicado acrescenta um conjunto de orientações de âmbito construtivo, que refletem as medidas de combate ao risco de incêndio, que distinguiram uma vez mais este sistema construtivo dos mistos com madeira Europeus. Assim, estabelece-se que entre duas propriedades de diferentes donos não possa haver paredes com o sistema misto com madeira, mas apenas paredes mestras de alvenaria, sendo que essas paredes deveriam subir oito palmos acima dos frechais, acompanhando o declive do telhado. A ocultação da estrutura de madeira é uma característica importante da Gaiola Pombalina e que no presente a torna igualmente vulnerável a alterações indiscriminadas e perda deste Património. Neste mesmo alvará, é enunciado um propósito que tendo uma componente estética de uniformização da imagem urbana, apresenta igualmente orientações importantes em termos de resiliência sísmica do edificado, como são: a proibição de construção de casas com altura maior ou menor do que a estabelecida nos prospetos, sendo feita a mesma referência a eventuais alterações ao nível da simetria e da regularidade.

Semelhante tentativa reguladora está refletida nos avisos e decretos subsequentes desse ano,

onde são mencionadas as funções atribuídas aos Oficiais Engenheiros e Arquitetos para uma efetiva coordenação dos trabalhos que permita uma reconstrução mais célere e a construção do novo Palácio Real. A relevância dada aos técnicos volta transparecer no edital de 19 de Dezembro de 1760, sobre a reedificação de algumas ruas de Lisboa, onde se informa que os proprietários encontrariam os prospetos das Ruas (Rua Nova do Almada e Rua Nova da Princesa) na casa do Tenente Coronel Carlos Mardel. O que demonstra o continuado papel destes técnicos militares, num processo de reconstrução que levou vários anos, como se deduz do edital que 14 anos após o terramoto, em 1769, determina a venda em praça pública dos terrenos da Rua Augusta que "estão por edificar", ou seja, uma área em pleno centro da cidade. As medidas implementadas durante este período, conferindo ao edificado características de regularidade e maior simetria definido pelo decreto de 1758 será regulamentado em 1786 para aplicação no resto do país (Silva, 1828). O que se verificará, como é o caso de Vila Real de Santo António e fora de Portugal, o caso paradigmático de São Luís do Maranhão (Figueiredo, 2014), no Brasil, nessa mesma época, já que a implantação das Escolas militares no Brasil se faz em períodos semelhantes às de Portugal e com técnicos militares Portugueses (Moreau, 2011).

3. A CONSTRUÇÃO PRÉ-POMBALINA DE ESTRUTURA MISTA COM MADEIRA

O estudo de terramotos históricos de grande intensidade permite verificar que ao longo do Mediterrâneo estes ocorreram associados à falha tectónica que divide a plataforma Europeia da Africana e que nestas regiões existem sistemas construtivos mistos com madeira que são considerados sismo-resistentes. Sismos estes que, abrangem Portugal (1356 e 1531, com tsunamis), o sul de Espanha, a Sicília que no século XII sofreu um sismo que matou 15.000 pessoas, a Itália, a Grécia e ainda a Turquia. Estudos prévios dos autores (Tavares, et al. 2014) permitiram verificar quais os aspetos comuns entre os sistemas antigos de construção com madeira e que estratégias estes usam para incrementar a sua resiliência sísmica. O sistema misto com madeira existia desde a Antiguidade em regiões da Europa, sendo descrito no livro de Vitruvius (Rowland, 1999) "Dez Livros de Arquitectura" (I A.C.), foi igualmente mencionado por Alberti (século XV) quando descreveu a cidade da sua infância (Rykwert, 1996) e está ainda presente nas estampas de Diderot & D'Alembert L'Encyclopedie (1756-1772), como é exemplo a estampa inserida no capítulo Architecture et parties que en dependente. No entanto, trata-se de uma grande variedade de soluções que têm como traço comum o serem um sistema expedito de construção para maior aproveitamento da área disponível, mas tem igualmente como traço distintivo e divergente, o facto de nem todos resistirem às ações horizontais de um sismo e terem a estrutura de madeira à vista. É esta a particularidade que se pretendeu analisar nos sistemas tradicionais mistos com madeira, por forma a verificar quais poderiam ter ligação com a posterior criação da gaiola pombalina por suposto conhecimento dos mesmos pelos técnicos militares Portugueses.

O sistema construtivo misto de madeira encontrado em Espanha (Fig. 2) apresenta uma lógica um pouco semelhante ao encontrado em Itália no local arqueológico de Herculaneum (Fig. 3). Consiste no uso de prumos verticais e vigas de madeira, dividindo o pano de parede. A diferença entre os dois sistemas está no dimensionamento das peças (maior secção no caso Espanhol) e do reticulado ortogonal que no caso de Herculaneum é de métrica mais densa. No entanto, ambos os sistemas não possuem elementos diagonais que lhes permitam resistir à ação sísmica. Apesar disso, a sua regularidade e estandardização do método

Fig. 2 – Fotografia de estrutura mista com madeira de Espanha (créditos Alice Tavares).

construtivo pode entender-se como uma base interessante a ter em conta nesta análise sobre precursores do pombalino.

O sistema construtivo grego com madeira não tem apenas uma tipologia, encontrando-se pelo menos três com interesse para esta análise. Desde o misto com madeira em que existe uma certa projeção do segundo piso, de forma semelhante a alguns pré-pombalinos Lisboetas, passando por um sistema cuja alvenaria é armada incluindo elementos horizontais, próximo a um identificado em estruturas militares, até ao conhecido pontelarisma (da ilha de Lefkada, Grécia) com projeção do primeiro piso (Sakellaropoulou, 2009), mas com uma estrutura interna de pilares e vigas de madeira (Fig. 4) que obedece a uma lógica semelhante da gaiola pombalina de aceitação do colapso da parede de alvenaria para que a estrutura de madeira salvaguarde as pessoas no seu interior, já que pode funcionar de forma independente.

O sistema construtivo Turco, conhecido por himis (Fig. 5) é um sistema que possui elementos diagonais estrategicamente colocados e que são identificados como mais resilientes aos sismos

Fig. 3 – Fotografia de estrutura mista com madeira de Herculaneum, Itália (créditos www.alamy.com).

(Isik, 2006). Este é um sistema que apresenta algumas semelhanças com outros Europeus, mas com a diferença mencionada anteriormente de divergência em termos de serem construídos com o objetivo de serem sismo-resistentes ou não.

A análise de vários casos de construções pré-pombalinas em Lisboa, com um sistema misto de madeira permite verificar algumas semelhanças com o sistema Turco, no entanto, dadas as transformações que estes edifícios lisboetas sofreram sobretudo associadas ao aumento de capacidade de alojamento, ou por danos do terramoto, torna-se difícil atingir uma visão completa do sistema original. Os casos encontrados na zona de Alfama em Lisboa apresentam uma estrutura de madeira constituída por prumos verticais regularmente espaçados (com distâncias entre 30 a 45cm) e três níveis de prumos horizontais que se ligam a todos os verticais por encaixe e pregagem, bem como a elementos de madeira diagonais que se localizam sobretudo nas zonas de interseção entre paredes e nas zonas de janelas e portas (Fig. 6). Sendo os espaços intersticiais entre os elementos de madeira preenchidos com lajetas cozidas de barro vermelho com 3.5 cm de espessura. Pelo analisado, este sistema possui algumas características que lhe poderão ter conferido um melhor comportamento no período do terramoto, sendo por isso um dos percursores apontados pelos autores, para a

Fig. 4 – Imagem do sistema pontelarisma baseado em desenhos de Sakellaropoulou (créditos Alice Tavares).

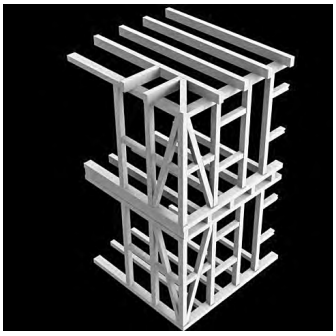


Fig. 5 – Imagem do sistema himis baseado em desenhos de Isik (créditos Alice Tavares).

Fig. 5 – Imagem do sistema himis baseado em desenhos de Isik (créditos Alice Tavares).

decisão de adoção de um sistema misto com madeira. No entanto, este mesmo sistema apresentava algumas vulnerabilidades, nomeadamente ao nível das ligações com as paredes de alvenaria, a cobertura e a fachada. Assim, verifica-se que não é suficiente a estrutura apresentar elementos de madeira para ser considerada sismo-resistente. Um outro aspeto está associado ao facto da cruz de Santo André, elemento tão característico da gaiola pombalina, ser um elemento conhecido na Europa e aplicado na construção já desde a Antiguidade. Bem como ser aplicado em estruturas leves militares de madeira, como o caso de diversos tipos de ariete com estrutura de madeira em gaiola (Fig. 7, 8), que implicava conhecimentos de dinâmica para a conceção do funcionamento destas estruturas simples. Mas o uso de diagonais de madeira semelhantes a cruzes de Santo André era igualmente aplicado em pontes militares de madeira ou torres de vigia.

O que verdadeiramente irá distinguir a gaiola pombalina, dos outros sistemas com cruzes de Santo André Europeus, é a sua sistematicidade e regularidade de uso, com o objetivo preciso de resistir ao sismo, é este o aspeto crucial, juntamente com o tipo e regularidade de ligações e comportamento tridimensional (e não apenas em planos isolados), o que o torna um sistema singular e original.

4. FORMAÇÃO E EXPERIÊNCIA DOS TÉCNICOS MILITARES PORTUGUESES

O sistema Pombalino foi criado por arquitetos/engenheiros militares Portugueses. Interessa pois avaliar o papel da formação académica destes técnicos militares na reconstrução de Lisboa e nomeadamente na influência que tiveram para a criação da gaiola Pombalina. Assim, foram analisados os cursos associados à Engenharia militar antes do terramoto para uma primeira abordagem da base de formação da altura e após o terramoto. Sobre esta segunda fase interessa verificar se o sismo poderá ter influenciado alterações ao nível da formação académica e prática, necessária à nova realidade do país e da capital e à criação de um sistema resiliente aos sismos.

A Restauração da Independência em 1640 vem trazer uma preocupação acrescida na preparação dos engenheiros e arquitetos militares. Neste sentido, a procura de autonomizar a formação dos militares Portugueses dos técnicos militares estrangeiros começa já no período da criação da Aula de Fortificação e Arquitetura Militar

Fig. 7 – Réplica de ariete com estrutura de assalto (créditos: www.pinterest.com).

em 1647, na Ribeira das Naus, onde Luís Serrão Pimentel (1613-1679), engenheiro-mor do Reino será professor responsável de Fortificação. Os manuais de base da formação, são muitas vezes manuscritos, como é o caso do livro "Architectura militar e fortificação" (1659) de Pimentel, mas também tratados estrangeiros que são conhecidos e sobre os quais os técnicos Portugueses fazem referências nos seus manuscritos, por vezes de forma crítica, relevando a discrepância de aplicação prática dos modelos propostos. Assim, seguem-se algumas publicações Portuguesas como o "Methodo Lusitanico de desenho de fortificação" de Pimentel, publicado a título póstumo em 1680, onde se enfatiza a necessidade de que a formação dos engenheiros militares se baseie simultaneamente na ciência e na experiência. Até esse período a entrada de técnicos militares estrangeiros

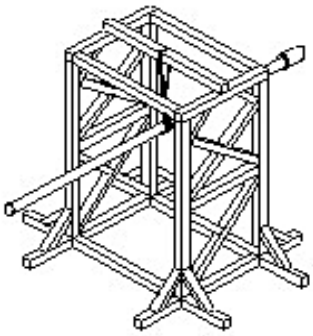


Fig. 8 – Estrutura de ariete baseada em desenho da L'Encyclopaedie (Art Militaire. Planche XII), D'Alembert, 1756-1772 (créditos: Alice Tavares).

é uma realidade em Portugal, nomeadamente Franceses e Italianos, o que transparece também na obrigatoriedade de aprendizagem de línguas estrangeiras durante a formação dos Técnicos militares Portugueses. A necessidade de uma reestruturação militar, o grande volume de construção de fortalezas associadas à implementação de novas cidades nas colónias (nomeadamente no Brasil, onde se implementaram igualmente escolas militares) ou de reforço da defesa da nacionalidade em Portugal, leva a que muitos tenham formação no estrangeiro ou desenvolvam parte da sua atividade nas colónias (como no Brasil, que se encontrava em fase de expansão de ocupação territorial e fixação de populações).

Na fase anterior ao terramoto é de destacar a esclarecedora legislação de 16 de Janeiro de 1689 sobre o Regimento da Casa das Obras onde se explica a atuação dos mestres arquitetos numa obra da Casa Real. Os mestres arquitetos eram responsáveis pelo desenho arquitetónico que após aprovação passava para a fase das medições e orçamentos, na qual estes arquitetos eram apoiados por mestres pedreiros e carpinteiros. Os orçamentos

tinham de ser detalhados ao pormenor, com discriminação de todo o tipo de trabalho envolvido, já que no caso de se verificar que a obra excedesse o valor orçamentado poderiam ter de pagar a diferença. Era da responsabilidade dos arquitetos o acompanhamento pessoal da execução da obra, bem como do controlo na aquisição dos materiais e verificação da sua qualidade e se esta correspondia ao que estava previsto. Cada mestre arquiteto tinha à sua responsabilidade a formação de quatro aprendizes de arquitetura por ano, assumindo plenamente a sua formação quer numa vertente académica quer de prática de construção. Assim, os aprendizes tinham lições todos os dias e acompanhavam o mestre durante as obras aprendendo a fazer medições no local, avaliações de materiais e da qualidade construtiva, a dimensionar alicerces e tudo o que mais competia à função do arquiteto relativa ao desenho de arquitetura e construção. Resumindo, esta componente prática desde a orçamentação à construção obra em si competia aos arquitetos militares que tanto se dedicavam às obras militares como estavam envolvidos nas obras da arquitetura civil.

Em 24 de Dezembro de 1732 estabelece-se que para além das Academia Militar (desde 1701) já estabelecida na Corte e outra na Praça de Viana do Castelo, se estabeleçam mais duas, uma na praça de Elvas e outra na de Almeida. Procurava-se assim, a uniformidade de formação em todas as Academias, bem como a formação de mais técnicos militares capazes de responder às necessidades.

As preocupações sobre o aprofundamento do conhecimento construtivo é destacado por Dionísio de Castro (1729-1749), cuja obra "Architectura Militar", apresentava a divisa " Quem não sabe a Arte não a estima", que revela a importância da preparação e experiência. Um livro que contempla o desenho das fortificações das praças regulares e irregulares, fortes de campanha e todas as mais obras associadas, em documento manuscrito desde 1675 e com a data provável de publicação de 1750.

Um outro ponto-chave da formação dos Técnicos militares Portugueses é o incentivo constante ao raciocínio sobre a compatibilização entre os objetivos pretendidos, o território de implantação da intervenção e os modelos dos Tratados, que deveriam servir de orientação mas não de cópias de aplicação taxativas, o que acarretaria elevados custos. Já que a irregularidade dos terrenos e outras circunstâncias da topografia da zona poderiam impedir as formulações muito regulares inicialmente previstas, distanciando-se assim dos modelos dos Tratados.

Esta é uma posição que transparece no tratado impresso "O Engenheiro Portuguez" de 1729, de Manuel Azevedo Fortes, que ao abordar as vantagens da regularidade delega ao engenheiro a avaliação das adequações do modelo às condições do meio. É nesse sentido que os engenheiros eram orientados a agir de forma pragmática, sem reproduzir automaticamente o modelo pronto (Moreau, 2011). Azevedo Fortes será substituído por Manuel da Maia cuja experiência com a construção do Aqueduto das Águas Livres (1731-1748), que resistiu ao terramoto e com a construção do Convento de Mafra (onde se construiu uma autêntica "cidade de madeira" para responder às necessidades de alojamento dos trabalhadores), culminará na liderança da reconstrução de Lisboa após o terramoto de 1755. Para isso também foi constituída em 1756 a casa do Risco das Obras Públicas, no lugar da extinta Aula de Arquitetura do Paço da Ribeira.

A abordagem crítica e observadora das necessidades já havia levado Manuel da Maia, professor da Aula de Fortificação a debruçar-se sobre os melhoramentos necessários para Lisboa, antes da ocorrência do terramoto, sobre o que traçara uma planta em 1718 (Bonifácio, 2014). Uma reflexão que será repegada em Fevereiro e Março de 1756, quando enuncia a proposta para a reedificação

de Lisboa. Maia liderará a equipa de técnicos, constituída pelo capitão Eugénio dos Santos e o tenente-coronel Carlos Mardel, distinguidos como arquitetos e engenheiros, aos quais se juntaram para apoio os técnicos Gualter da Fonseca, Elias Sebastião Poppe, Antonio Carlos Andrea, José Domingos Poppe e Francisco Pinheiro da Cunha.

Será esta a experiência dos técnicos militares, arquitetos engenheiros, cuja componente teórica-científica era complementada nas Escolas militares por uma componente prática forte, de todas as fases da construção, desde o levantamento do terreno e que incluía estruturas militares mas também civis. De destacar ainda que a sua aprendizagem começava por estruturas edificadas simples, passando por outras de maior envergadura e culminando nas das igrejas que eram consideradas as mais complexas.

Como se verificou no primeiro capítulo o processo de reedificação de Lisboa levou vários anos e foi contemporâneo da nova alteração ocorrida em 1761 na formação dos técnicos militares, sobre a qual interessa refletir para verificar que alterações poderão ter sido efetuadas após o sismo.

Em 7 de Março de 1761 é publicada a Carta lei com os Estatutos do Real Colégio dos Nobres que se fundaria em Coimbra. O curso ministrado incluía o ensino do Francês, italiano e Inglês. O Curso de Matemática seria obrigatório para os que iriam seguir para a Milícia (em mar ou terra) e era lecionado por três professores. Na descrição dos métodos a usar no ensino da Arquitetura militar é feita a referência elucidativa do processo de aprendizagem "para que os colegiais possam compreender melhor, o Desenho, ponde-lhes diante dos olhos as lições, que lhes der executadas em pequenos modelos de madeira, à vista dos quais lhes mostrará o uso, e a necessidade de cada uma das partes que os constituem. O professor da Arquitetura Civil, depois de haver ensinado as regras, e os princípios mais simples, e mais essenciais desta Arte, passará a expor pelo modo mais claro, e mais perceptível as razões das principais medidas e proporções para que a combinação de tudo o referido tirem os colegiais um fundamento sólido conhecimento desta Arte" (Silva, 1828, p. 803). Relativamente ao Professor de Desenho, este acompanhava as aulas de Arquitetura civil e abordava igualmente as medidas principais e as respetivas proporções aí apresentadas. Da referência à função do Professor de Física há a destacar o seguinte: "o qual depois de haver dado uma breve e substancial notícia da História da Física antiga e moderna: tratando só do que nela há de sólido e de proveitoso: ditando só o que for demonstrável pela Geometria e pelo Cálculo ou qualificado por experiências certas: em ordem a este fim fará repetidas conferências de experimentos, nas quais faça ver aos discípulos demonstrativamente as provas do que lhes ensinar; usando nestes exercícios os Instrumentos que para eles tenha mandado fazer" (Silva, 1828, p. 803). As duas descrições do método de ensino a desenvolver quer pelo professor de Arquitetura Civil, quer pelo de Desenho ou pelo de Física voltam a demonstrar a ênfase dada ao incentivo ao raciocínio para além dos modelos, a compreensão necessária de que cada forma tem uma função específica na parte e no todo e que a experimentação para comprovar teorias e estratégias é fundamental. Pressupostos estes que reforçam a formação e experiência pragmática militar como um importante fator precursor do sistema construtivo da Gaiola Pombalina.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ocorrência de um terramoto de grande magnitude na capital de um país é uma experiência devastadora que necessita de uma ação rápida e uma grande coordenação. Esta foi a experiência do terramoto de Lisboa de 1755, que concomitantemente com o posterior tsunami e o grande incêndio infligiu grande

destruição e deixou sem importantes recursos a capital Portuguesa, exigindo dos arquitetos e engenheiros militares uma atuação pragmática, à qual o Marquês de Pombal foi o principal impulsionador. A formação académica dos militares Portugueses e a circunstância de consolidação dos territórios das colónias, como o Brasil, e do território nacional em relação a Espanha, irá exigir nas décadas anteriores ao terramoto, uma abordagem dos assuntos focada na aplicação prática dos conhecimentos. Uma prática reflexiva que não adota os modelos dos Tratados sem avaliar previamente as condições existentes e que lhes permitiu igualmente terem a experiência necessária para a implementação do novo sistema construtivo da Gaiola Pombalina. Assim, a disciplina e a valorização de uma formação prática que impunha o acompanhamento de obras, desde a fase de levantamento topográfico, até ao detalhe de escolha criteriosa de materiais, controlo de orçamentação e identificação de anomalias em edifícios será preponderante. A formação académica militar alinhava pela mesma premissa, conhecer a teoria mas refletir sobre a sua aplicação e valorizar a experimentação para a comprovar. O incentivo à capacidade de observação durante o período de formação revelou-se fundamental para a definição de medidas no pós-terramoto, nomeadamente a provável observação de estruturas de madeira pré-pombalinas que possam ter resistido melhor ao sismo, ou mistas com madeira em Portugal ou fora que possam ter sido do seu conhecimento, mas igualmente o estabelecimento de medidas contra incêndios que é outro importante fator para a caracterização de uma gaiola pombalina. Pelas razões apontadas os autores consideram que a experiência e formação militar dos técnicos Portugueses será um dos precursores mais significativos da criação deste novo sistema.

AGRADECIMENTOS

Alice Tavares agradece à Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) o financiamento do seu trabalho no âmbito da bolsa de investigação de Pós-doutoramento SFRH/BPD/113053/2015.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bonifácio Horácio. 2014. Elias Sebastião Poppe - obra documentada. Revista Arquitectura Lusíada, N. 6 (2.º semestre 2014): p. 97-104. ISSN 1647-900.

D'Alembert & Diderot. 1751-1772. L'Encyclopedie, Paris.

Figueiredo, Margareth; Varum, Humberto; Costa Aníbal. 2011. Patologias que afetam o sistema construtivo das edificações do século XIX em São Luís no Maranhão [CD-ROM]. In: 7º Congresso Internacional sobre Patologias e Reabilitação de Estruturas – CINPAR. Fortaleza: Atas do Congresso.

Isik, Bilge. 2006. Seismic Rehabilitation study in Turkey for existing Earthen constructions, Proceedings of the Getty Seismic Adobe Project 2006 Colloquium, Los Angeles, USA. pp 93-100

Mascarenhas, Jorge. 2004. Sistemas de Construção V, Livros Horizonte, ISBN: 9722413384.

Moreau, Filipe. 2011. Arquitetura militar Salvador da Baía, Tese doutoramento, FAU-USP, Brasil.

Pereira, José Fernandes. 1985. Arquitetura Barroca em Portugal, Biblioteca Breve, ISBN 972-566-171-0, p. 21-23

Rowland, Iingrid. 1999. Vitruvius Ten Books on Architecture (translation of Vitruvius), commentary and illustration by Howe Thomas Noble, Cambridge University Press, ISBN 0-521-55364-4.

Rykwert, Joseph; Leach, Neil; Tavernor, Robert. 1996. Leon Battista Alberti On the Art of Building in Ten Books, The Mit Press, Cambridge, ISBN 0-262-01099-2. pp. 70- 85

Sanches, António. 1756. Tratado da Conservação de saúde dos povos. Ed. Pedro Gendron, Paris e

comercializado em Lisboa by Bonardel e Du Beux, Mercadores de Livros.
Sakellaropoulou M. 2009. Seismic behaviour of vernacular Greek architecture, the development of the earthquake-resistant structural systems: the case of Lefkada Island. Master dissertation of Science in the Conservation of Historic Buildings, University of Bath, Bath, UK, pp 23-57
Silva, António Delgado, 1828, Legislação de 1775 a 1790, in Collecção de Legislação Portugueza desde a última compilação das ordenações. Lisboa: Typografia Maigrense. Portugal.
Tavares, Alice; D'Ayala, Dina; Costa, Aníbal & Varum, Humberto. 2014. Capítulo 2 Construction Systems do livro "Structural Rehabilitation of old Buildings", Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Série "Buildings Pathology and Rehabilitation". Volume 2, 2014. DOI 10.1007/978-3-642-39686-1, ISBN: 978-3-642-39685-4 (Print) 978-3-642-39686-1 (Online)
Tobriner, Stephen. 1983. La Casa Baraccata: Earthquake-resistant construction in 18th century Calabria, Journal of the Society of Architectural Historians, Vol 42, nº2, pp 131-138
Vallina, Agústin U.. 2010. El terremoto de Lisboa en España, ISBN 978-84-8010-185-1. Brenes, Spain.
Arquitectura Lusíada, N. 6 (2.º semestre 2014): p. 97-104. ISSN 1647-900.

Arquitectura dos Anos 60 em Portugal como Paradigma de Sustentabilidade:
Construção Artesanal Versus Industrial

Santa Rita; João Manuel[(1)]*
[(1)]joaosr65@gmail.com
**Doutorando IST-UL*

RESUMO

O artigo analisa um período da arquitectura realizada em Portugal continental nas décadas de 60 e 70 do séc. XX, e trata de evidenciar alguns aspectos arquitectónicos e construtivos que se podem inscrever nos actuais paradigmas da sustentabilidade.
O artigo começa por fazer uma síntese do "Inquérito à Arquitectura Regional Portuguesa", com o objectivo de identificar na arquitectura vernacular nele representada os seus processos e materiais de construção. Depois, apresenta os resultados do trabalho de campo realizado em edifícios de habitação unifamiliares, representativos das várias regiões climáticas de Portugal, através do olhar contemporâneo da construção sustentável.
O tema tratado no artigo resulta das discussões actuais sobre a arquitectura sustentável que propõem a construção com materiais renováveis e recicláveis, de proveniência local, de preferência com tecnologias de construção menos energívoras. As conclusões do artigo salientam que os estudo-de-caso examinados estão no essencial de acordo com os parâmetros referidos, baseados numa prática de construção que integrava os materiais autóctones e os processos de construção artesanais com os de base industrial, o que faz com que a sua divulgação resulte do maior interesse para investigadores e arquitectos.

Palavras-chave: arquitectura portuguesa dos anos 60; Inquérito à Arquitectura Regional Portuguesa; construção sustentável.

1. INTRODUÇÃO

O artigo integra-se na dissertação de doutoramento que está sendo elaborada com o título "Projectar com o clima em Portugal: entre o "Inquérito à Arquitectura Regional Portuguesa" e a Revolução de Abril, 1955-1974", e analisa um período recente da história da construção em Portugal continental, em que coexistiram processos de construção artesanal e de construção industrial na tipologia de edifícios de habitação unifamiliar.

Em 1961 o livro "Arquitectura Popular em Portugal" apresentou os resultados do "Inquérito à Arquitectura Regional Portuguesa" (Inquérito) realizado por duas gerações de arquitectos modernos. A publicação do "Inquérito" enquadra-se na prática disciplinar do final da década dos anos 50 e princípios dos anos 60, correspondente a um momento de renovação da Arquitectura Moderna. O fim dos Congressos Internacionais de Arquitectura Moderna em 1956 - X CIAM de Dubrovnik

– e a reintrodução dos valores da história e dos contextos culturais, acabou por se ver reflectido em Portugal num "ambiente de resistência ao conservadorismo oficial e ao esquematismo do Estilo Internacional" (Tostões, 1997:160).

No contexto internacional esta crise expressava-se numa série de correntes arquitectónicas, do empirismo nórdico de Alvar Alto, da nova produção de Le Corbusier (a partir das casas Jaoul de 1952), ao organicismo de Frank Lloyd Wright, ao "Novo Brutalismo" Inglês e à arquitectura italiana do pós-guerra, todas estas novas tendências tiveram também eco nos arquitectos portugueses (Curtis, 1996: 547).

No contexto nacional, a realização "Inquérito" foi um acontecimento da maior importância que fixou "a memória de um território e de um construir", incorporou o espírito do tempo "definido entre a ruptura e nostalgia" e serviu de estímulo para uma produção arquitectónica que se fundamentava na valorização das questões do contexto, do significado do sítio, da importância dos materiais naturais e dos métodos construtivos artesanais (Becker, Tostões e Wang, 1997: 12). Sergio Fernandez, um dos arquitectos mencionados neste artigo, confirma a sua importância no meio profissional, considerando-o como uma "referência indispensável nos mais diversos aspectos da projectação" da arquitectura dos anos 60 (*idem*: 56). Também Álvaro Siza Vieira refere que após a realização da Casa de Chá e Restaurante da Boa Nova, projecto e obra realizada em Matosinhos entre os anos de 1958 a 1963, "estava a trabalhar no sentido do abandono directo da arquitectura vernacular e (das influências) do «Inquérito à arquitectura regional Portuguesa» (Ordem dos Arquitectos, 2005: 9). Por outro lado, Teotónio Pereira, outro dos arquitectos nomeados, refere a propósito da sua participação no "Inquérito", o "deslumbramento" dos arquitectos relativamente à arquitectura popular: "Ficávamos de facto muito contentes quando víamos uma construção que parecia moderna, que podia ter sido feita por um de nós" (Leal, 2000: 182).

2. CONDIÇÕES GERAIS DO ARTIGO

A metodologia do artigo é baseada na observação e análise directa de obras de arquitectura construídas em Portugal, divididas em mais de duzentas obras de enquadramento temático elencadas na tipologia da habitação unifamiliar distribuídas pelas seis zonas geográficas do "Inquérito". As obras de enquadramento temático foram na sua maior parte retiradas de uma seleção prévia partindo do Inquérito à Arquitectura Portuguesa do Século XX (IAP 20, 2006), que depois foram analisadas *in loco* na sequência de viagens de levantamento efectuadas por todo o país, das quais se elegeram oito estudo-de-caso mais representativos da prática projectual do universo em estudo. Fez-se depois uma avaliação descritiva de acordo com a bibliografia especializada sobre construção sustentável. Parte significativa das fontes directas deste artigo foi obtida em conversas registadas em gravação e nos arquivos pessoais dos arquitectos autores dos estudo-de-caso, com exceção do arquivo da Casa de Barata dos Santos que se encontra no SIPA/DGPC. [1] Nota-se que estas fontes ainda não foram editadas pelo que constituem fonte original de registo não verificável por bibliografia.

A construção industrializada teve a sua origem na Revolução Industrial a partir de modelos de produção que procuravam maior produtividade através da mecanização dos sistemas de produção. Pode-se então definir que o processo de industrialização da construção corresponde à intervenção simultânea das ações de racionalização, de mecanização e de pré-fabricação. Deste modo um sistema industrializado de construção integra a racionalização e normalização de todo o processo construtivo desde a fase de planeamento e projecto

[1] *Sistema de Informação para o Património Arquitectónico – Direcção-Geral do Património Cultural.*

até à conclusão da obra. Por sua vez, o conceito de sistema de construção significa um conjunto de relações entre partes interdependentes, que pode ser da totalidade da construção, por exemplo em sistemas de prefabricação, ou parcial, como nos sistemas de elementos estruturais, primários e secundários de construção, de infraestruturas ou de equipamentos. E o processo de construção significa um conjunto coordenado de procedimentos orientados para a construção, por exemplo, para a construção de paredes de alvenaria, de estruturas de betão armado, etc. Salienta-se que em termos correntes o sistema é traduzido num processo construtivo. Por outro lado, opõem-se os processos de construção artesanal aos de construção industrial. Os primeiros são baseados na produção feita por meios humanos, enquanto os segundos são baseados no uso de máquinas, e incluem processos de organização e racionalização que auxiliam o processo artesanal, reduzindo o esforço empregado pelos operários e o tempo de execução da construções.

A construção vernacular distingue-se de uma obra de arquitectura de acordo com a génese do processo de construção: "the buildings (…) can built, directly, from a few simple marks made in the ground – again within a common language, but directly, and without the use of drawings" (Alexander, 1979: 455).[2] A construção popular é assim resultado dum processo empírico, baseado na transmissão direta de conhecimentos de geração em geração. Enquanto a obra de arquitectura resulta de um processo metodológico firmado no projecto, onde se definem previamente as necessidades funcionais e construtivas que antecedem a construção, e que só acaba com a obra concluída. Convém ainda destacar a definição contemporânea de arquitectura vernacular na sua relação directa com os contextos ambientais. Segundo Olivier (1987) "*vernacular architecture comprises the dwellings and all other buildings of the people. Related to their environment contexts and available resources, they are customarily owner or community-built utilizing traditional technologies. All forms of vernacular architectures are built to meet specific needs, accommodating the values, economies and ways of living of the cultures that produce them*".

Em Portugal a história da industrialização da construção está associada ao desenvolvimento acentuado da construção do pós-guerra. Nos anos 60 do séc. XX a construção tradicional actualizou-se para um tipo evoluído que procurou industrializar-se a partir da sua própria estrutura, integrando elementos de pré-fabricação parcial, de lajes de vigotas pré-esforçadas por exemplo, recorrendo também a uma maior mecanização do estaleiro, à introdução das técnicas de organização nas obras, à industrialização de cofragens e armaduras, e a todo um conjunto de ações de racionalização do sector, através da normalização de elementos ou da tipificação de soluções construtivas (Trigo, 1978: 3).

A construção sustentável segundo Mourão e Pedro (2012) integra-se numa lógica de "racionalização em duas dimensões temporais: as construções de ontem e as construções de amanhã". A primeira inscreve-se no "direito à memória" e considera que o "património é um recurso diversificado, que inclui uma componente física (edifícios, paisagem e infraestruturas) e uma componente cultural (herança histórica, valores estéticos e identidade local). A segunda considera que "a habitação para o futuro deve procurar respostas para as necessidades dos moradores mas também para os problemas ambientais do Planeta". Para estes autores "uma arquitectura sustentável deve ter em conta os domínios ambientais, sociais e económicos envolvidos na criação de condições

[2] *No "Inquérito" as equipes do Norte coordenadas por Fernando Távora e Octávio Lixa Felgueiras acentuavam o facto de que a arquitectura vernacular também recebia influências eruditas, pelo que preferiram designar de arquitectura tradicional, mais do que popular ou vernácula, integrando assim o estudo de Solares e de Casas Senhoriais de autores anónimos ou da arquitectura religiosa, por exemplo.*

de habitabilidade, prevendo os impactes a curto e a longo prazo, devendo garantir que não incorre em processos irreversíveis de degradação em nenhum desses domínios" (*idem*: 14 - 15). Assim, os edifícios devem ser concebidos de "forma a beneficiar da energia e dos materiais de forma natural e optimizada", tendo em vista a redução da contaminação ambiental, através da diminuição de resíduos e de emissões poluentes, da seleção criteriosa dos materiais de construção, e da redução do consumo dos recursos naturais - água, vegetação e solo fértil (*idem*: 91). Face à globalização, o projeto "sustentável" propõe uma abordagem sensível ao lugar, no que se refere às características particulares do clima, à topografia, ao conhecimento prévio da arquitectura de base regional e uso de energias e materiais endógenos, com vista a atingir elevados níveis de conforto dos utilizadores com menor impacto ambiental.

Os critérios de selecção dos sistemas e materiais de construção "sustentáveis" devem ter como objectivo primeiro a qualificação da arquitectura, no que se refere ao desempenho funcional de cada sistema ou material aplicado na construção, tendo em vista a durabilidade do edifício. Depois haverá que considerar a energia incorporada em todo o ciclo de vida do material, na sua produção (*e.g*, extração, fabrico, transporte e aplicação na construção), no uso (*e.g.*, contacto, desgaste, manutenção e função construtiva); e no destino final quando esgotado o tempo de vida do material (*e.g.*, demolição, reciclagem, etc.) (*idem*:128). E considerar também a toxidade dos materiais e acabamentos associados à sua utilização.[3] Neste artigo, a avaliação ambiental dos materiais de construção faz-se segundo a análise descritiva dos principais materiais e processos construtivos, utilizados nos estudo-de-caso e pela indicação dos seus índices de energia incorporada (Amado *et al.*, 2015: 95).[4] A análise segundo um único parâmetro de avaliação ambiental tem a ver com a limitação do campo de estudo dada a abrangência das questões associadas à construção sustentável.

Por fim, convém salvaguardar que a associação sugerida pelo título do artigo, entre arquitectura dos anos 60 e construção sustentável, terá de ter em conta o desfasamento das obras relativamente ao presente, anteriores à primeira crise energética mundial de 1973 e ao estabelecimento do conceito universal de sustentabilidade, enunciado no Relatório Bruntland, em 1987, num tempo em que não se colocavam as questões agora analisadas.

3. O "INQUÉRITO À ARQUITECTURA REGIONAL PORTUGUESA"

Ana Tostões nos seus "Verdes Anos" descreve o espírito disciplinar com que se lançou o "Inquérito", assinalando que um dos objectivos iniciais do "Inquérito" era o de saber como a arquitectura popular resolveu "os problemas do clima, dos materiais disponíveis, da economia e condições de vida de cada região", e até que ponto essas soluções "permaneciam viva, adequada funcional, económica e espiritualmente" (1997:160). O texto de introdução ao "Inquérito" da autoria de Keil do Amaral (1910-1975) era claro nesses objectivos: "ocupação de território; estruturação urbana; materiais e processos correntes de construção; influência do clima; da economia; da organização social e dos factores de evolução, sobre os edifícios e seus agrupamentos" (Keil *et al.*, 1962: XXVI).

[3] Considera-se que a utilização de um material de construção só será ecologicamente eficiente se, para além dos impactos ambientais diretos, também tiver em conta factores de durabilidade, segurança, eficiência, conforto e saúde nos edifícios. Portanto, na realidade não existem materiais sustentáveis, mas sim formas sustentáveis de os utilizar na construção.

[4] De acordo com Amado, a energia incorporada é um parâmetro de difícil contabilização pois depende de um conjunto de factores, tais como a eficiência do processo de transformação, o tipo de combustível utilizado no transporte e a quantidade de matéria-prima utilizada. Depende também das diferentes abordagens consoante a análise desejada: do início da extração das matérias-primas até à porta da fábrica (Cradle-to-Gate), do início da extração das matérias-primas até à obra (Cradle-to-Site) ou do início da extração das matérias-primas até à fase de demolição e da deposição do produto (Cradle-to-Grave).

O "Inquérito" apresentava uma leitura do território português a partir da geografia de Orlando Ribeiro (1911-1997), que no livro "Portugal, o Mediterrâneo e o Atlântico" (1945) tinha definido três grandes regiões em Portugal: o Norte atlântico com clima temperado húmido, de pluviosidade elevada; o Norte transmontano com regime continental frio e o Sul mediterrânico com inverno temperado e verão quente e seco. Nesse livro, o geógrafo esboçava uma síntese sobre os processos de construção dominantes da "casa rural" que aparecia em "estreita dependência dos materiais de construção locais": nas construções em pedra por todo o território, com excepção das áreas onde, por ausência desse material, se construía em terra, na forma de adobe ou de taipa, essencialmente a sul ou na Beiral Litoral; e nos apontamentos de construção em madeira, um pouco por todo o litoral português (*idem*: 128). Foi assim que partindo dessa divisão do território português, simultaneamente geográfica e climática, os arquitectos do "Inquérito" estipularam seis zonas de levantamento, três a norte - Minho, Trás-os-Montes e Beiras - e outras três a sul – Estremadura, Alentejo e Algarve - e evidenciaram, em cada uma delas, a estreita relação entre os materiais de construção autóctones e os processos construtivos da arquitectura vernacular. Observaram ainda que o uso dos materiais regionais tinha também funções térmicas, baseada em estratégias de adaptação climática decorrentes da tradição.[5]

A finalizar, salienta-se que este reconhecimento, das relações entre os factores geográficos e a construção popular, é do senso comum, tal e qual se poderá confirmar nas várias fontes bibliográficas consultadas (Olivier, 1987; Oliveira e Gadanho, 1991; Correia, Pinheiro e Alves, 2009; Fernandes, Mateus e Bragança, 2012).

4. ANÁLISE CONSTRUTIVA DOS ESTUDO-DE-CASO

No norte de Portugal – zonas do Minho, Trás-os-Montes e Beiras - os estudo-de-caso selecionados por este artigo são representativos dos microclimas junto à costa atlântica do Minho e dos climas extremos do norte Transmontano e das Beiras. (ver Tabela 2)

Analisaram-se duas casas em Moledo do Minho do arquitecto Siza Vieira (nascido em 1933), a Casa Alves Costa e a Casa Alcino Cardoso.

A casa Alves Costa (1964) localiza-se em Moledo Praia próximo da costa atlântica, é uma construção de paredes estruturais de alvenaria maciça (35 cm) e cobertura de madeira integrando elementos pontuais em betão armado, a funcionar à tracção.

A casa Alcino Cardoso (1971) localiza-se em Moledo Igreja numa zona mais elevada relativamente afastada da costa. É uma construção que reabilitou uma casa agrícola popular, sobre a qual se ampliou um corpo de quartos, e é baseada em duas estratégias de construção. Na reabilitação preservaram-se os sistemas construtivos originais e foram aplicados forros de madeira de contraplacado pelo interior, em paredes e tectos, de modo a aumentar o isolamento e o conforto. No corpo ampliado integraram-se processos tradicionais de construção das paredes exteriores de perpianho (45 cm), com uma cobertura praticamente plana, revestida a chapa de zinco. [6]

Ambas as intervenções evidenciam o forte carácter de construção artesanal expresso no desenho das coberturas de madeira e nas paredes maciças que lhes dão suporte. Predominam os

[5] *As equipas do "Inquérito": na Zona 1 (costa atlântica do Minho até Aveiro) Fernando Távora, Rui Pimentel e António Menéres; Zona 2 (Trás-os-Montes e Alto Douro) Octávio Lixa Felgueiras, Arnaldo Araújo e Carlos Carvalho Dias; Zona 3 (Beiras) Francisco Keil do Amaral, José Huertas Lobo e João José Malato; Zona 4 (Estremadura) Nuno Teotónio Pereira, António Pinto Freitas e Francisco Silva Dias; Zona 5 (Alentejo) Frederico George, António Azevedo Gomes e Alfredo Mata Antunes; Zona 6 (Algarve) Artur Pires Martins, Celestino de Castro e Fernando Torres.*

[6] *Perpianho é uma técnica de construção de paredes em blocos de granito com uma forma regular com cerca de 30 cm a 50 cm de espessura.*

revestimentos e acabamentos interiores de produção industrial: os mosaicos hidráulicos e os forros de madeira aglomerada pintada, na Casa Alves Costa; e os pavimentos em corticite e mosaico hidráulico, azulejos e contraplacado de madeira, na Casa Alcino Cardoso. Outro aspecto que se evidencia é o modo de implantar as construções conforme a topografia existente no terreno, sem provocar movimentações de terra nem alterações da sua fisionomia.

A Vill´Alcina (1971) do arquitecto Sergio Fernandez (nascido em 1937), localiza-se em Caminha, próximo de Moledo e integra um conjunto de duas casas. É uma construção de paredes de perpianho (30 cm), sobre as quais se apoia uma cobertura aligeirada de betão constituída por vigotas pré-esforçadas de betão e blocos cerâmicos. No alpendre de acesso às casas, houve necessidade de introduzir uma estrutura de betão armado (pilares e vigas). No interior encontram-se materiais processados industrialmente de origem mineral ou natural: os mosaicos hidráulicos dos pavimentos, as chapas de madeira de contraplacado, o estuque pintado e o azulejo. As casas localizam-se à cota 115 metros acima do mar e têm uma particular implantação, uma vez que se localizam numa pendente muito acentuada sobre encosta do monte. Assim a adaptação à topografia é feita através de socalcos que no interior configuram dois meios pisos.

A Casa na Quinta Joanamigo (1962) do arquitecto Alfredo Matos Ferreira (1928-2015) localiza-se em Barca d´Alva, no Vale do Douro.[7] É uma construção de paredes de alvenaria de xisto (60 cm) argamassada com barro e estrutura de madeira nas coberturas. As paredes interiores são de taipa rebocada e caiada. Nesta casa deve-se referir o carácter integrado na natureza do lugar, dada a construção ser feita com o mesmo material disponível à superfície da terra. Os materiais aplicados no exterior apresentam acabamentos rústicos, tal e qual são retirados da natureza, nas pedras de xisto empilhadas das paredes ou nos barrotes de madeira que estruturam a cobertura do alpendre sul da casa; enquanto no interior se procuram acabamentos apropriados ao uso, nas lajetas ligeiramente polidas, nas madeiras enceradas e estuques caiados. A casa constroi-se com os materiais e as tecnologias construtivas regionais, com exepção da viga de entrada na garagem e do tecto da cozinha, ambas em betão armado.[8] Mesmo os materiais produzidos em série são de fabrico artesanal num lugar próximo (Urros) como as telhas, os tijolos maciços, caixilharias, etc.

A casa da Serra (anos 70) do arquitecto Luiz Alçada Baptista (1924-2008) localiza-se nas Penhas da Saúde, na Serra da Estrela a cerca de 1400 de altitude. É uma construção de paredes granito (45cm) de aparelho irregular com junta de argamassa de cimento e cobertura em estrutura de madeira de larício, revestida com chapa metálica ondulada pintada na cor branca, a recordar as coberturas caiadas de branco da arquitectura popular nas zonas junto à costa atlântica (Peniche). O betão armado é utilizado para a construção da viga de cintagem das paredes exteriores, sobre a qual se projecta o beirado exterior, que resguarda a casa da queda de neve. As lajes dos pisos são também realizadas em betão armado. Na construção da casa destacam-se as soluções construtivas que expõem os processos de construção vernaculares e os materiais autóctones, resultado pragmático de uma obra que foi construída durante a década dos anos 70, com a participação activa do arquitecto, juntamente com operários locais. Alguns materiais industriais ganham protagonismo nos ambientes da casa, como as argamassas de cimento das juntas, o betão armado aparente e a cerâmica Klinker que reveste praticamente todo o pavimento da casa.

[7] *A casa actual partiu da ampliação de uma pequena casa do caseiro da quinta (12x8 metros) que tinha sido projectada e construída pelo arquitecto durante os anos de formação académica, entre 1948 e 1950.*

[8] *Nota-se ainda um corrimão tubular de aço, aplicado nas escadas e no mezanino nos anos 90, por motivos de segurança, quando a casa foi convertida numa unidade de turismo de habitação.*

Procurou-se minimizar o impacto construtivo da casa sobre a paisagem, construindo num lugar rochoso, do qual se elegeu uma fraga para lugar de implantação da lareia no centro geométrico da casa. A integração na topografia do lugar é feita através de vários níveis que proporcionam a ligação da casa ao terreno circundante.

No sul Portugal - zonas da Estremadura, Alentejo e Algarve - os estudos-de-casos são representativos da influência do clima mediterrânico que é mais atenuado junto à costa atlântica e mais quente e seco no Alentejo e Algarve.

A casa José Gomes Ferreira (1961) do arquitecto Hestnes Ferreira (nascido em 1931) localiza-se em Albarraque, concelho de Cascais. É construída por paredes de alvenaria de pedra calcária (35cm), tijolo especial "duplex" (22cm) e tijolo furado a meia vez (12cm) ou ao cutelo (7cm), conforme as necessidades estruturais e de isolamento térmico (inércia térmica)[9]. A cobertura é constituída por laje aligeirada de vigotas pré-esforçadas e blocos cerâmicos revestidos a telha. O betão armado é utilizado nas lajes de piso e em elementos especiais para estruturar os vãos de janelas ou as caleiras dos telhados. Face à proximidade de Lisboa, a construção da casa revelou um pragmatismo construtivo que integrou a tradição da região nas formas prismáticas e nos materiais (rebocos caiados, produtos cerâmicos, etc.), com os processos e materiais industriais já referidos. O ligeiro declive do terreno obrigou à construção de um piso térreo sobreelevado de modo a possibilitar a entrada de nível na porta de entrada localizada a norte. A ligação deste piso ao terreno circundante, faz-se através das escadas existentes num alpendre localizado a poente e num pátio a sul. Este pátio assume-se como um espaço exterior protegido dos ventos frequentes nesta região, à volta do qual se organizam todos os espaços principais da casa.

A casa Barata dos Santos (1963) dos arquitectos Nuno Portas (nascido em 1934) e Nuno Teotónio Pereira (1922-2016), localiza-se em Vila Viçosa, numa zona urbana próxima das muralhas do castelo. A super-estrutura é erguida com paredes de alvenaria e estruturas de betão armado (fig. 1). As lajes dos pisos e das coberturas são de betão armado. As lajes de cobertura têm um remate idêntico às da casa da Serra, num beirado saliente que sombreia a casa. As paredes exteriores são duplas com caixa-de-ar não ventilada e têm uma série de variações construtivas conforme as solicitações estáticas ou funcionais. A sala de estar principal, em duplo pé direito, tem o tecto revestido com aglomerado negro de cortiça, que é deixado aparente. Os revestimentos e acabamentos desta casa são diversificados, embora sigam uma matriz regional, com destaque para as pedras alentejanas em pavimentos e cantarias de portas e janelas, e também para os cerâmicos, em tijoleiras nos pavimentos e terraço, em tijolos maciços nas grelhas, degraus e remates. As paredes exteriores são caiadas na cor branca e têm uma faixa de cor aplicada no lambrim e em todos os elementos exteriores de betão (beirado, varandas, palas de entrada). Nesta casa os materiais industriais são combinados com materiais de forte componente regional fazendo com que haja um verdadeiro processo de fusão entre a construção artesanal e a industrial. A casa implanta-se no centro de um lote que é bordejado por duas ruas de trânsito automóvel, uma escadaria pedonal e um lote vizinho. Todas estas fronteiras estão desniveladas entre si. Assim a casa implanta-se ao sabor dos diferentes níveis preexistentes criando uma sucessão de muros, paredes de fachada, terraços, telhados e espaços ajardinados na ligação às três ruas. Este movimento é depois continuado para dentro de casa, mas sempre com o cuidado de implantar a casa com uma certa naturalidade relativamente à topografia preexistente no lugar.

A Casa Keil do Amaral (anos 60) do arquitecto Francisco Pires Keil do Amaral (nascido em 1935) localiza-se em Alporchinhos, numa falésia

[9] *Conforme depoimento do arquitecto Hestnes Ferreira.*

Fig. 1 – Casa de Vila Viçosa – Aspectos da construção. Fonte: SIPA/DGPC.

sobre o mar. É uma construção em paredes de alvenaria estrutural e cobertura plana de betão armado. A cobertura é acessível por uma escada exterior desenhada a partir de um pátio exterior. Os materiais de revestimento e acabamento das paredes e tectos são em reboco caiado no interior e exterior, todos os pavimentos interiores e exteriores, incluindo o da cobertura, são de tijoleira de barro vermelho. A construção desta casa revela a influência direta dos valores expressos no "Inquérito", com destaque para os "elementos de valorização", nomeadamente da faixa superior de cor que termina numa voluta e da chaminé cerâmica. Por outro lado, também se inspira em estratégias de economia da arquitectura popular, em especial do sistema de recolha de águas a partir do terraço, que implicou a construção de uma cisterna e de um depósito para proporcionar pressão na distribuição pelos vários pontos de uso. A casa integra-se num sistema de paisagem das falésias do sotavento algarvio, num tempo onde ainda não existia mais nenhuma edificação. Implantou-se encostada ao limite noroeste do lote de modo a preservar um fragmento de paisagem autótone do ponto de vista morfológico, mineral e vegetal. Junto à casa construíram-se dois muros ondulados, para regular os acessos pedonais e automóveis e definir o perímetro de implantação, em cota de nível. Depois a entrada para a casa é realizada através de um pátio circular, onde se localiza a cisterna e se organiza um espaço de transição exterior com um muro alto de protecção aos ventos e à insolação que se faz sentir forte junto à costa.

Em todos os estudo-de-caso os elementos secundários de construção, portas, janelas, portadas e armários fixos são de madeira, nalguns casos de proveniência local, noutros de origem africana,

e tanto podem ser pintadas, envernizadas, ou queimadas a óleo (Alcino Cardoso). Algumas exepções dão-se, por exemplo, nos sistemas de portadas, que podem ser metálicos por motivos de segurança à intrusão (Casa na Serra), ou dos estores de plástico (Casa José Gomes Ferreira). O vidro das portas e janelas é sempre simples.

Outro aspecto a realçar nas várias casas tem a ver com os ambientes que são tratados de um modo global, que inclui o tratamento da luz, natural ou artificial, das cores e texturas dos materiais, assim como do desenho do mobiliário fixo, por vezes, também o móvel, e das ferragens, como puxadores, guardas, grades, etc. Nesta lista ficam de fora os acessórios e equipamentos industriais da vida moderna (eletricidade, torneiras, loiças sanitárias, etc.). Os materiais de isolamento térmico surgem nas coberturas de algumas casas – lã de rocha (Alves Costa), granulado de leca (Vill´Alcina), vermiculite (Casa na Serra); aglomerado negro de cortiça (casas Alcino Cardoso e Barata dos Santos). As medidas para aumentar o isolamento térmico de paredes dão-se unicamente em dois casos, na Quinta Joanamigo e Casa Barata dos Santos, na forma de paredes duplas com caixa-de-ar. Nas situações de paredes enterradas as impermeabilizações são realizadas por drenos periféricos e rebocos hidrófugos (ceresite). Nas coberturas planas aplicou-se impermeabilização à base de pinturas betuminosas (flintekote) como nos terraços da Casa Barata dos Santos e da Casa Keil do Amaral.

A finalizar salienta-se que os processos e materiais artesanais utilizados foram de algum modo produto das circunstâncias. Por exemplo, na Vill´Alcina de Sergio Fernandez o projecto original considerava uma estrutura de betão armado com paredes duplas de alvenaria cerâmica, que foi alterada por razões económicas – o granito era um material local, muito mais barato e não necessitava de mão-de-obra especializada. Ou no caso da Quinta Joanamigo onde Alfredo Matos Ferreira pretendia realizar uma construção moderna, com cobertura plana, mas que foi preterida por falta de condições de acessibilidade, transporte e de mão-de-obra para fazer o betão armado. Por outro lado, o carácter artesanal da construção também se devia muito aos mestres-de-obras, como no caso exemplar das três casas do Minho, que tinham em comum o facto de terem tido o mesmo mestre-de-obras, o Sr. Manuel Guardão, que era um marceneiro da construção de embarcações marítimas e dominava os processos artesanais de construção em madeira.[10]

5. CONCLUSÕES: ARQUITECTURA DOS ANOS 60 EM PORTUGAL COMO PARADIGMA DE SUSTENTABILIDADE - CONSTRUÇÃO ARTESANAL *VERSUS* INDUSTRIAL

Os estudo-de-caso analisados inscrevem-se na tradição do movimento moderno, baseada numa organização espacial fluída e aberta, em composições formais livres, assimétricas e não hierarquizadas. Revelam também, conforme referido na introdução, uma modernidade que não criou rupturas com a história e a tradição e que promoveu, por um lado, o gosto pela "autenticidade" construtiva dos materiais, tanto dos tradicionais como dos "modernos", e por outro, a preferência pelos revestimentos e acabamentos com as cores e texturas naturais dos materiais disponíveis em cada região: a pedra e a madeira mais a norte de Portugal e a cal e os cerâmicos mais a sul.

Em todas as obras se observam condições iniciais comuns: eram habitações de fim-de-semana ou de férias - com exceção da Casa Barata dos Santos - construídas num ambiente rural por mestres-de-obras locais, com tecnologias de construção idênticas às da arquitectura vernacular; e foram projetadas por arquitectos que estavam em

[10] *Nas entrevistas realizadas todos arquitectos lembravam-se muito bem dos mestres-de-obras, passados mais de 50 anos da construção das casas.*

Materiais	Thomas et al. (1996)	Mourão e Pedro (2012)
Níveis de altos de energia		
Zinco	25	38
Ferro galvanizado		38
Aço	30 - 60	34
Painel de contraplacado		24,1
Vidro	12 - 15	12,7
Painel aglomerado de madeira		8
Granito local		5,9
Cimento	5 - 8	5,6
Níveis de médios de energia		
Cal	3 - 5	
Tijolos e telhas cerâmicas	2 - 7	2,5
Estuque de gesso	1 - 4	
Betão *in situ*	0,8 - 1,5	1,7
Madeira branda seca em estufa		3,4
Madeira dura seca em estufa		2
Níveis baixos de energia		
Madeira (local)	0,1 - 5	
Areias, agregados	< 0,5	
Terra	< 0,5	0,7

Tabela 1 – Energia incorporada nos materiais de construção dos estudo-de-caso (MJ/Kg)

início de carreira, com exceção dos arquitectos Luiz Alçada Baptista e Nuno Teotónio Pereira.[11]

A primeira conclusão que o artigo levanta é a de ter verificado que nas obras analisadas predominavam as tecnologias de construção artesanais e os materiais de construção autóctones, o que do ponto de vista arquitectónico se traduziu pelo regresso aos volumes delimitados por paredes e aberturas em forma de janelas ou portas, quando comparados com o ideário moderno das décadas anteriores identificado nas grelhas estruturais de betão armado e nas amplas superfícies envidraçadas. E que do ponto de vista construtivo se traduziu em sistemas de construção híbridos que assumiram as potencialidades estruturais e estécticas dos materiais, quer sejam naturais ou minerais, de produção artesanal ou industrial. Outro aspecto relevante foi ter verificado que as obras procuravam uma integração orgânica no sítio, evidenciadas num jogo formal fragmentado, organizado segundo distintos níveis interligados à topografia pré-existente. Verifica-se igualmente que os materiais da terra, com menor resistência mecânica e durabilidade, como a taipa ou o adobe, só são utilizados na Quinta Joanamigo. Por outro lado, observa-se que as obras construídas em ambientes mais isolados, longe de centros urbanos, foram aquelas que se traduziram pela maior incorporação de tecnologias artesanais e de matérias-primas locais, como na Quinta Joanamigo, Casa da Serra e Casa Keil do Amaral.

A segunda conclusão que o artigo propõe é a de sugerir que a construção destas casas teve um baixo impacto ambiental. Na descrição construtiva dos estudo-de-caso observou-se que grande parte dos materiais era de proveniência local, senão mesmo do lugar de implantação das casas, com destaque para a construção das paredes que são os elementos de maior expressão, tanto de volume de obra, como arquitectónica. E que provavelmente todos os outros materiais de construção eram de proveniência regional, obtidos em indústrias extractivas e transformadoras próximas. Ficam

[11] *Nuno Teotónio Pereira partilhou a autoria do projecto da Casa Barata dos Santos com o então jovem Nuno Portas, a quem tinha sido feita a encomenda da casa.*

de fora os materiais de proveniência industrial, como o betão armado, as vigotas prefabricadas e os tijolos cerâmicos que necessariamente tinham de vir dos centros industriais, mais ou menos distantes das obras.

Observa-se na Tabela 1 que grande parte das matérias-primas utilizadas na construção das casas são materiais com níveis baixos de energia – como os agregados e a madeira –, ou com níveis médios – como o betão, a cal, os tijolos cerâmicos e as telhas. E que os menos usados foram os materiais industriais caracterizados por níveis altos de energia incorporada tais como: o cimento *portland* utilizado nas estruturas de betão armado e nas argamassas de ligação das paredes estruturais de granito (Vill´Alcina ou Casa da Serra); o vidro; e as componentes metálicas da generalidade dos estudo-de-caso. Note-se que os produtos industriais derivados de madeira utilizados nas casas do Minho - a madeira aglomerada e o contraplacado - já consideram níveis altos de energia.[12]

Podem-se ainda indicar outros factores que influenciam o grau de sustentabilidade duma obra, associados ao ciclo de vida dos materiais referidos e também ao ciclo de vida de um edifício (Pinheiro, 2006: 73; Mourão e Pedro, 2012: 167)[13]. Em primeiro lugar, que os materiais de construção são pouco elaborados nos seus processos de transformação, com acabamentos próximos do aspecto natural, o que contribui igualmente para menores índices energéticos. Em segundo lugar, que os processos de construção apresentam reduzidos índices tecnológicos, através do uso significativo de trabalho humano, baixando assim os níveis de energia consumidos - na figura 1 não se veem máquinas dentro do estaleiro da Casa Barata dos Santos, vê-se um rapaz que provavelmente seria mão-de-obra infantil, coisa comum na época. Em terceiro lugar, que o bom estado de conservação observado nas obras se deveu em grande parte à durabilidade dos materiais naturais, principalmente dos pétreos e cerâmicos, o que vem revelar outros aspectos ecológicos relacionados com a facilidade da sua manutenção, substituição ou reposição. Por fim, que no final de ciclo de vida da construção seja previsível reusar, reciclar, ou depor em vazadores biodegradáveis os materiais de construção constituintes das casas.[14]

A conclusão final que o artigo defende é a de considerar que nos estudo-de-caso analisados a construção artesanal de matriz vernacular coexistiu com a construção industrial de matriz moderna. E que os processos construtivos realizados nas obras são enquadráveis nos actuais paradigmas da construção sustentável, com foco no ciclo de vida dos materiais e na construção com materiais renováveis e recicláveis, de proveniência local, de preferência com tecnologias de construção menos energívoras.

A terminar refere-se que as conclusões anteriores foram também verificadas nas obras de enquadramento temático referidas no capítulo 2, independentemente da natureza do lugar - cidade *versus* campo - e do quadro geracional dos arquitectos portugueses (França, 1974: 456). O que vem demonstrar que os temas tratados neste artigo, relativos à construção sustentável, estavam naturalmente integrados na metodologia do projecto de arquitectura e representavam parte das motivações teóricas e operativas dos arquitectos portugueses, em sintonia com os movimentos internacionais da última fase do movimento moderno.

[12] A divisão dos níveis de energia em baixo, médio e alto é retirada da publicação de Randal Thomas. Nas publicações consultadas o alumínio é considerado o material que tem o nível mais elevado de energia incorporada com 200-500 MJ/Kg.

[13] A avaliação do ciclo de vida dos edifícios tem como objectivo contabilizar o desempenho ambiental de um edifício que decorrem entre as fases do projecto, construção, exploração e demolição ou desconstrução.

[14] Nota-se, em geral, que as casas têm tido obras de conservação periódicas, sendo que as Casas Alcino Cardoso e Quinta Joanamigo já foram intervencionadas nas redes prediais e nos sistemas energéticos.

Tabela 1 – Quadro sinóptico dos estudo-de-caso

Obra		Caracterização construtiva	
Zona Inquérito; Dados da obra (Referência IAP20)	Fotografia exterior	Superestrutura, elementos primários e secundários	Revestimentos e acabamentos
Minho; Casa Alves Costa (1964-1971); Moledo Praia; Álvaro Siza Vieira. (N100560)		Paredes de alvenaria rebocada; Pilar e vigas de betão armado (B.A.); Cobertura de madeira revestida a telha.	Pintura de cal exterior; Estuque pintado interior; Mosaico hidráulico; Tectos em madeira aglomerada pintada.
Minho; Casa Alcino Cardoso (1971-1973); Moledo Igreja; Álvaro Siza Vieira. (N100726)		Paredes de granito; Cobertura de madeira revestida a telha ou chapas de zinco.	Paredes e tectos de contraplacado envernizado. Estuque pintado e azulejos nas paredes; Pavimentos: corticite, madeira e mosaico hidraulico
Minho; Vill´Alcina (1971 -1973); Caminha; Sergio Fernandez (N100577)		Paredes de granito; Elementos pontuais de B.A. (pilares e vigas); Cobertura em vigotas pré-esforçadas, revestida a telha.	Estuque pintado, azulejo e contraplacado de madeira envernizada (paredes e tectos) Mosaicos hidráulicos, soalho de madeira nas alcovas.
Trás-os-Montes; Casa na Quinta Joanamigo (1962); Barca d´Alva; Alfredo Matos Ferreira (N200979)		Xisto aglomerado com barro; Paredes interiores de taipa; Cobertura de madeira e telha.	Reboco de cal; Lajetas de xisto (Sala e cozinha); Soalho e forro de madeira em pavimentos e tectos.
Beiras; Casa Alçada Baptista (anos 70); Penhas da Saúde; Luíz Alçada Baptista (não representado)		Paredes de granito aglomerado com argamassas de cimento; Cobertura de madeira revestida a chapa metálica pintada de branco; Vigas, beirado e pavimentos em B.A.	Granito aparente nas paredes exteriores e reboco de cal nas paredes interiores; Pavimentos com lajetas de granito e tijoleira klinker; Tectos em madeira envernizada ou reboco de cal.

Estremadura; Casa José Gomes Ferreira (1960-1961); Albarraque; Raul Hestnes Ferreira. (não representado)		Paredes exteriores de alvenaria de pedra e tijolo e interiores de tijolo; Cobertura e pavimento de vigotas pre-esforçadas revestidas a telha; Elementos pontuais em B.A.	Reboco de cal caiado nas paredes interiores e exteriores; Tijolos maçicos, tijoleira, madeira e mosaico hidráulico nos pavimentos; Tectos em forro de madeira envernizado.
Alentejo; Casa Barata Santos (1959-1963); Vila Viçosa; Nuno Portas e Nuno-Teotónio Pereira. (S200630)		Paredes exteriores duplas de alvenaria de pedra e tijolo; Cobertura, pavimentos e elementos portantes (pilares e vigas) em B.A.	Rebocos de cal caiado; Parquet em madeira; Mármore e granito em pavimentos e guarnições; tectos caiados.
Algarve; Casa Keil do Amaral (anos 60); Alporchinhos; Francisco Pires Keil do Amaral (não representado)		Paredes de alvenaria de pedra rebocada exterior e tijolo interior; Cobertura em B.A. revestida a tijoleira.	Rebocos de cal caiado em parede e tectos; Pavimentos em tijoleira.

6. AGRADECIMENTO

Este artigo integra um projecto de doutoramento financiado pela Fundação Ciência e Tecnologia (FCT), através de uma Bolsa de Doutoramento integrado no "Programa Doutoral em Arquitectura do Departamento de Estudos Avançados em Arquitectura" do Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa - referência SFRH/BD/73832/2010. Agradecimento especial à Prof.ª Ana Cristina Tostões (IST-UL) e Dr. Helder Gonçalves (LNEG), respectivamente, orientadora e co-orientador da tese de doutoramento em curso que está na base deste artigo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alexander, Christopher. 1979. *The Timeless Way of Building*. New York: Oxford University Press.

Amado et al. 2015. *Construção sustentável, conceito e prática*. Lisboa: Edições Caleidoscópio.

Amaral, Keil et al. 1961. *Arquitectura Popular em Portugal*. Lisboa: Sindicato Nacional dos Arquitectos.

Becker, Annete; Tostões, Ana; Wang, Wilfred. 1997. *Portugal: Arquitectura do Século XX*. München, New York, Lisboa: Prestel.

Curtis, William. 1996. *Modern Architecture since 1900*. Londres: Phaidon.

Fernandes, Jorge; Mateus, Ricardo; Bragança, Luís. 2012. " Príncipios de sustentabilidade na arquitectura vernacular em Portugal". 4. Congresso de

Construção, 2012, Coimbra, 18, 19 e 20 de Dezembro de 2012.
França, José-Augusto. 1974. *A arte em Portugal no século XX: 1911-1961*. Lisboa: Bertrand editora.
Guedes, M. Correia, Pinheiro, M.; Manuel Alves, L. 2009. *Sustainable architecture and urban design in Portugal: An overview*. Renewable Energy, Volume 34, Issue 9, September 2009, pp 1999-2006.
Leal, João. 2000. Etnografias Portuguesas (1870-1970). Cultura Popular e Identidade Nacional. Lisboa: Publicações Dom Quixote.
Mourão, Joana; Pedro, João Branco. 2012. *Princípios de edificação sustentável*. Informação Técnica de Arquitectura ITA 11. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
Oliveira, Ernesto Veiga; Gadanho, Fernando. 1991. *Arquitectura Tradicional Portuguesa*. Lisboa: Publicações Dom Quixote.
Olivier, Paul. 1998. *Encyclopedia of Vernacular Architeture of the World*. 3 Vols. London: Cambrigdge University Press.
Pinheiro, Manuel Santos. 2006. *Ambiente e construção sustentável*. Amadora: Instituto do Ambiente.
Ribeiro, Orlando. 1945. *Portugal, o Mediterrâneo e o Atlântico*. Porto: Livraria Sá da Costa.
Ordem dos arquitectos (ed.). 2005. Siza, Álvaro. Candidatura ao prémio UIA Gold Medal. Prize Nominae.UIA 2005, Lisboa: Caleidoscópio.
Thomas et al. 1996. Environmental Design: An introduction for architects and engineers. Randal Thomas e Max Fordham & Partners ed., London: E& FN Spon.
Tostões, Ana. 1997. Os Verdes anos na Arquitectura Portuguesa dos Anos 50. Porto: FAUP publicações
Trigo, Teixeira. 1978. Tecnologias da construção de habitação. Memória n.º 507. Lisboa: LNEC.
(Website)
Ordem dos Arquitctos. IPA20. 2006: http:// www.iap20.pt

Metodologias de Intervenção no Património Edificado.
Casos de Obra

Costa, Aníbal[(1)]*; Valentim Lopes, Nuno[(2)]**
[(1)]agc@ua.pt, [(2)]nunovalentim@arq.up.pt
**RISCO, Universidade de Aveiro*
***CEAU/FAUP, Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto*

RESUMO

O principal objetivo desta comunicação é apresentar metodologias para a intervenção no património edificado, de acordo com os princípios estabelecidos nas "Recomendações para a Análise, Conservação e Restauro Estrutural do Património Arquitectónico" (ICOMOS). Procura-se evidenciar o cuidado necessário na elaboração de um relatório de inspeção e diagnóstico e a importância deste relatório na elaboração dos projetos de arquitetura e de estruturas. Apresentam-se 2 casos de intervenções estruturais em edifícios tradicionais da Cidade do Porto onde está patente a importância do conhecimento dos materiais e dos sistemas construtivos nessas intervenções explicitando-se o cuidado na obtenção da máxima informação sobre os mesmos.

Palavras-chave: conhecimento, relatório de inspeção, reforço estrutural

1. INTRODUÇÃO

A metodologia que tem sido usada pelos autores em diversos trabalhos para a intervenção no património edificado, segue os princípios estabelecidos nas "Recomendações para a Análise, Conservação e Restauro Estrutural do Património Arquitectónico" (ICOMOS, 2002), nomeadamente tendo em conta que "a especificidade das estruturas do património, com a sua história complexa, requer a organização de estudos e propostas em fases semelhantes às que são utilizadas em medicina. Anamnese, diagnóstico, terapia e controlo correspondem, respectivamente, à análise da informação histórica, identificação das causas de danos e degradações, selecção das acções de consolidação e controlo da eficácia das intervenções.".

A compreensão completa dos sistemas construtivos e das características dos materiais é necessária a qualquer intervenção no património edificado. É essencial recolher informação sobre a construção no seu estado original, sobre as técnicas e métodos utilizados na sua execução, sobre as alterações posteriores e os fenómenos que ocorreram e, finalmente, sobre o seu estado presente.

O diagnóstico é baseado em informações históricas e no resultado de abordagens qualitativas e quantitativas. A abordagem qualitativa é baseada na observação direta dos danos estruturais e degradações dos materiais, como também na investigação histórica e arqueológica, enquanto que a abordagem quantitativa requer ensaios das estruturas e dos materiais, monitorização e análise estrutural.

Antes de se tomar uma decisão sobre a intervenção na construção, é indispensável determinar previamente as causas dos danos e degradações, e em seguida, avaliar o estado de conservação dos materiais e as alterações introduzidas no sistema construtivo, que possam pôr em causa a segurança da construção.

O diagnóstico irá condicionar a decisão sobre a intervenção, conduzindo a três possíveis soluções: pouco intrusiva, medianamente intrusiva e muito intrusiva.

Este tipo de decisão deve ser fundamentada e ser claramente expressa na proposta de intervenção que corresponde à última fase de um Relatório de Inspeção e Diagnóstico.

Esta proposta deve ser dirigida à raiz das causas que provocaram os danos e nenhuma ação deverá ser empreendida sem se demonstrar que é indispensável. A solução será mais económica e sustentável se existir um amplo conhecimento dos materiais e do seu grau de degradação e das implicações que essa degradação possa ter induzido nos sistemas construtivos (ICOMOS, 2002).

2. METODOLOGIA DE INTERVENÇÃO

A metodologia de intervenção que tem sido usada procura respeitar os princípios referidos anteriormente, começando na generalidade dos casos por várias visitas à construção que permitem que o desenvolvimento dos projetos seja efetuado com base no conhecimento do existente e também da importância, quer do ponto de vista estrutural, quer do ponto de vista cultural ou patrimonial, dos diversos elementos que constituem a construção. De facto, a fim de respeitar a história que confere um carácter por vezes único à edificação em apreço, as inspeções devem ser acompanhadas de um levantamento histórico que permita datar a construção, analisar o seu percurso, as alterações e outras intervenções sofridas no tempo, de modo a melhor compreender o seu estado atual (Guedes *et al*, 2002). Esse levantamento inclui visitas ao local, conversas com os proprietários e/ou pessoas ligadas à edificação, recolha arquivística de elementos históricos escritos ou fotográficos e consultas de especialistas (Costa *et al*, 2002).

Para permitir que a intervenção seja a menos intrusiva possível a inspeção e o diagnóstico deverão ser exaustivos, ou seja procurar-se obter o máximo conhecimento sobre a história da construção, no que refere a materiais e sistemas construtivos. Independentemente de serem (ou não) todos considerados num dado caso específico apresenta-se o índice de um exemplo-tipo de um Relatório de Inspeção e Diagnóstico que normalmente é elaborado, na fase de estudo prévio e que permite à equipa de arquitetura tomar as decisões mais adequadas na elaboração dos projetos de licenciamento e de execução (Costa *et al*, 2002).

1. Introdução
2. Breve descrição do edifício
3. Antecedentes
4. Levantamento – Plantas, Alçados e Cortes
5. Mapas
5.1 - Mapas de Compartimentos
5.2 - Mapas de Vãos
5.3 - Mapa de Sondagens
6. Estrutura do Edifício e Materiais Estruturais
6.1 - Identificação das Paredes
6.2 - Breve descrição
6.3 - Peças desenhadas: Plantas e Cortes
7. Materiais de Revestimento
7.1 - Breve descrição
7.2 – Peças desenhadas: Plantas e Cortes
7.3 – Tabelas
8. Anomalias
8.1 - Introdução
8.2 - Anomalias dos Compartimentos e Alçados
8.3 - Causas
9. Verificação da Segurança Estrutural
9.1 - Avaliação da Integridade dos Elementos Estruturais de Madeira com a Utilização do Resistograph

9.2 - Verificação da segurança dos Elementos Estruturais de Madeira
10. Instalações Prediais
10.1 - Situação Existente
11. Proposta de Intervenção
11.1 - Estruturas
11.2 - Instalações Prediais
11.3 - Materiais
11.3.1 - Estuque
11.3.2 - Rebocos
113.3 - Granitos
11.4 - Outros
11.4.1 - Serralharia
11.4.2 - Limpeza de Vegetação
12. Mapas de fotos complementares
Bibliografia

Os aspetos mencionados, não sendo exaustivos da prática de inspeção e diagnóstico, configuram um conjunto de etapas importantes a ter em conta e que, em larga medida, constituem a metodologia adotada nos diversos casos práticos que têm vindo a ser tratados ao longo dos últimos anos. De realçar que um aspeto fundamental a ter em conta neste tipo de trabalhos é o que se refere à proposta de intervenção, que normalmente tem em linha de conta o estudo prévio de arquitetura e permite conjugar o conhecimento obtido na procura da melhor solução de intervenção, já que este tipo de intervenção, para ser bem sucedida deve traduzir o trabalho de equipa de projeto.

Este tipo de intervenção exige ainda empresas vocacionadas para a natureza de trabalhos - que estejam habituados a usar tecnologias apropriadas e que possam interactuar com a equipa projetista - já que no decorrer da obra surgem normalmente situações que obrigam a medidas especiais ou a alterações importantes que devem ser explicadas e apreendidas de uma forma célere e eficiente pelas pessoas responsáveis pela obra.

3. CASOS PRÁTICOS

A intervenção associada aos processos de reabilitação do património edificado tem esbarrado na dificuldade de caracterizar e identificar o património corrente. Referimo-nos ao edificado corrente com valores patrimoniais que tantas formas e designações tem tomado: património vernacular, património moderno, construções urbanas correspondentes a um tipo e suas variantes (como as casas burguesas portuenses ou as construções pombalinas), património industrial, bairros operários, entre outros.

Este património não-classificado tem, no caso de intervenção, um enquadramento legal (e muitas vezes programático) praticamente idêntico a qualquer construção nova – situação absurda que deixa estas construções à mercê de critérios economicistas e exigências regulamentares desajustadas. São visíveis nas cidades as consequências negativas deste quadro contribuindo para a destruição irreversível da sua identidade.

Urge enquadrar devidamente a atuação sobre uma pré-existência onde reconhecemos valor(es), sob pena de os perdermos irremediavelmente. Importa por isso documentar práticas, valores e não-valores deste património, metodologias, conhecimento… projetos ou transformações que integram pré - existências.

Apresentamos duas obras realizadas neste tipo de construção, em edifícios não classificados, localizados no Porto, com programas distintos e custos de construção muito controlados.

3.1 CASA BELOS ARES

Esta casa burguesa portuense do tipo liberal encontrava-se num estado de conservação razoável (Costa, Aníbal 2013). Foi possível recuperar e integrar inúmeros valores existentes (compartimentação, vãos, sistema construtivo, revestimentos, …), corrigindo anomalias e más intervenções realizadas ao longo do tempo.

Fig. 1 – Vistas Gerais da Casa Belos Ares.

No piso 0 verificou-se a existência de paredes em granito, com vários elementos de cantaria em portas e janelas. Também confirmou-se que as paredes exteriores eram rebocadas com barro e cal.

No piso 1 foi possível verificar a existência de paredes em granito (algumas delas revestidas a azulejo), em tabique, em madeira e em tijolo. Os pisos eram todos em madeira, com exceção da cozinha e do quarto de banho contíguo, alguns revestidos a alcatifa, outro a linóleo. O piso da cozinha era realizado em laje de betão armado e o do quarto de banho contíguo em granito.

No piso 2 foram realizadas sondagens às vigas de madeira do piso. Estas sondagens permitiram concluir que o pavimento é praticamente todo realizado em madeira, com exceção de dois compartimentos - um era revestido a tijoleira com duas texturas e outro era em betão. Os tetos estavam realizados em estuque com moldura lateral em gesso pintado a branco embora alguns dos compartimentos tivessem moldura central.

A visualização das vigas de madeira que realizavam os pisos e a possibilidade de efetuar uma série de ensaios com o Resistograph (Fig. 2), permitiu que se aproveitasse a quase totalidade das vigas de madeira, com reforço pontual em algumas situações. A estrutura portante estava em boas condições, com exceção de uma parede de tabique, que separava a escada principal da sala e que dava apoio ao piso do 2º andar. Esta parede apresentava uma deformação pronunciada para fora do plano e esmagamento de uma ombreira da porta de acesso à sala, Fig. 3. A intervenção neste caso passou pelo reforço pontual da parede, mas o material e o sistema construtivo, mantiveram-se os mesmos, Fig. 4.

No piso 2, pavimento do 2º andar e teto do 1º, era praticamente impossível o acesso ao sistema construtivo usado para a realização do pavimento, atendendo à qualidade dos tetos em gesso em presença e à excelência do soalho, nomeadamente nos compartimentos à face do arruamento. Para ser possível o acesso aos elementos estruturais do piso as sondagens tiveram de ser feitas através do soalho do pavimento do 2º andar, por tentativas e tendo em conta a implantação tradicional da estrutura desses mesmos pavimentos. Esta operação obrigou igualmente à realização de uma série de ensaios com o Resistograph®, tendo sido possível não só a compreensão do sistema es-

Fig. 2 – Ensaio com o Resistograph.

Fig. 3 – Casa Belos Ares - deformação visível da parede de tabique.

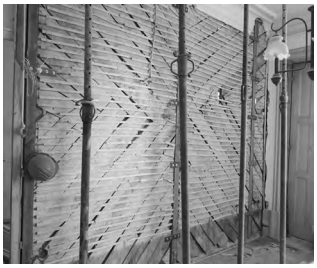


Fig. 4 – Casa Belos Ares - reforço da parede de tabique.

trutural, como a caracterização geométrica e mecânica das vigas de madeira que compõem o pavimento, Fig. 5.

Em praticamente todos os pisos foi possível visualizar os materiais que compõem as paredes resistentes e algumas paredes não estruturais. Em certos casos recorreu-se a sondagens com ferramentas específicas.

Na cobertura teve-se acesso à cobertura do corpo alongado posterior e aí foi possível visualizar uma estrutura de cobertura tradicional, com asnas, varas e ripas, que dão apoio a telha marselha, Fig. 6.

Por último, importa reforçar a importância da utilização do Resistograph® em zonas especificamente escolhidas. O Resistograph® é um instrumento que relaciona a energia despendida pela penetração de uma agulha a velocidade constante com a resistência da madeira à perfuração e que permite obter uma avaliação das zonas dos elementos de madeira que apresentam degradações, podridões ou vazios internos, e assim definir secções residuais úteis. Através da realização dos ensaios com este equipamento procurou-se, mais do que estimar propriedades mecânicas, analisar a eventual existência de apodrecimento do interior da secção transversal das peças.

A maioria das sondagens efetuadas nas paredes consistiu em observação direta das mesmas, dado o fato de a maioria delas estarem aparentes e na visualização através de prospeções efetuadas em locais específicos. Tais prospeções, sendo efetuadas a diversas cotas facilitaram a perceção das diferentes camadas de materiais, sua espessura e altura.

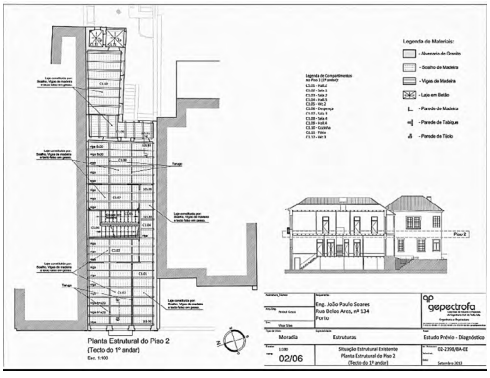


Fig. 5 – Casa Belos Ares - planta estrutural do piso 2.

Fig. 6 – Casa Belos Ares - asna de cobertura.

Figura 7 – Casa Belos Ares - reposição do revestimento em ardósia no tardoz.

Foi possível verificar que a quase totalidade das paredes exteriores era realizada em granito, encontrando-se a maior parte rebocadas, com cerca de 2,5cm de espessura, a argamassa de barro e cal, e pintadas. As exceções estão no tardoz: a parede da fachada posterior é parcialmente realizada em estrutura de madeira, fasquio e chapa com um tramo mais recente em tijolo vazado simples. As paredes interiores são em tijolo, madeira e granito no piso 0, em tabique e granito no piso 1 e em tabique e granito no piso 2.

Não foram efetuadas sondagens às fundações uma vez que não se previa alterar a cota dos pavimentos térreos e a grandeza das cargas em jogo - nem eram visíveis patologias que indiciassem problemas de assentamentos de fundações.

A intervenção mais (ou menos) visível foi a reposição do revestimento em ardósia no tardoz, Fig. 7.

Na Fig. 8 apresentam-se duas imagens da obra acabada.

3.2 CASA SALABERT

Trata-se da casa rural de apoio à quinta que pertenceu à família Andresen, hoje Jardim Botânico do Porto. Ocupada desde os anos 50 do século passado pela Universidade do Porto (UP), a construção foi sendo adulterada e ampliada

Fig. 8 – Casa Belos Ares - obra acabada.

ao longo dos tempos (Costa, Aníbal 2014). A proposta de arquitectura recupera a mancha de implantação da casa documentada em 1925 e liberta os espaços interiores para salas de estudo que integram o E-learning Café do pólo do Campo Alegre da UP, demolindo-se as construções anexas. Recuperou-se ainda a sua relação com os espaços exteriores e a integração no Jardim Botânico.

A existência de teto falso na maior parte dos compartimentos não permitia a visualização nem o acesso direto aos elementos estruturais do teto do rés do chão, ou seja, do piso do 1º andar. Neste caso foi necessário, em grande parte dos compartimentos, proceder à remoção de algumas partes desse teto para ser possível essa visualização e o acesso aos elementos, sendo assim possível efetuar medidas dos componentes e proceder a ensaios localizados com o já referido Resistograph®. No teto do 1º andar a situação repetiu-se.

Através destes acessos foi igualmente possível visualizar a estrutura do pavimento do piso 1, compreendendo o seu funcionamento estrutural e os materiais constituintes. Também neste piso foi possível visualizar os materiais que compõem as paredes resistentes e de algumas paredes não estruturais. Esta facilidade de acesso também permitiu fazer uma campanha de ensaios com o Resistograph® em zonas especificamente escolhidas.

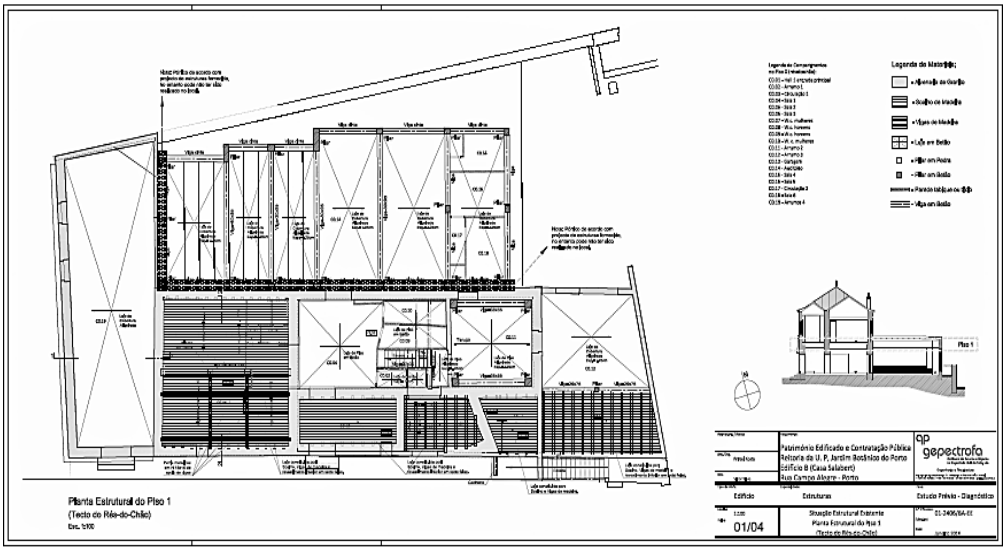


Fig. 9 – Casa Salabert - levantamento Estrutural do primeiro piso.

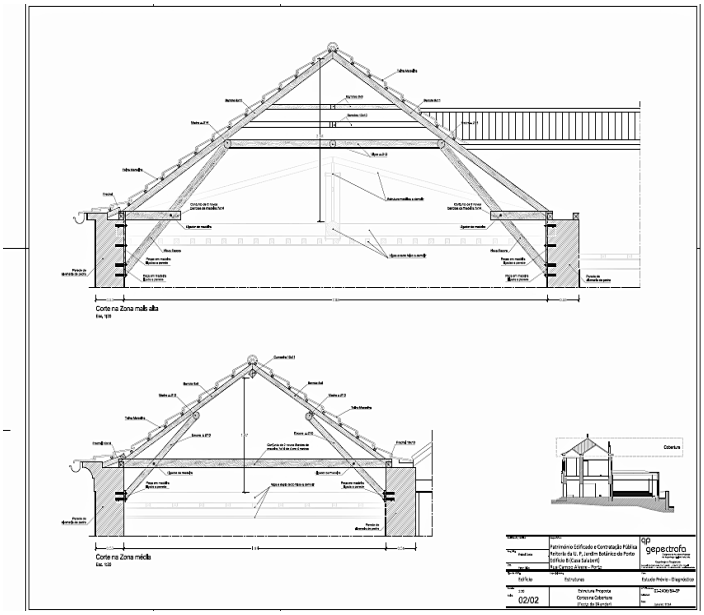


Fig. 10 – Casa Salabert - nova cobertura.

Parte deste piso é realizado com uma estrutura de betão armado formado por lajes aligeiradas e vigas que apoiam em pilares. Noutras zonas a laje apoia diretamente nas paredes de alvenaria de pedra. O corpo situado a norte é todo realizado em estrutura porticada de betão armado.

A sondagem efetuada ao teto do compartimento do primeiro piso revelou que, numa das zonas, existiam perfis metálicos em parte da estrutura desse pavimento – o que levantou dúvidas sobre eventuais problemas estruturais no passado – um dado relevante e a ter em conta na intervenção a efetuar.

A inspeção efetuada à cobertura permitiu confirmar que esta era em estrutura de madeira, verificando-se numa zona a existência de uma treliça em estrutura metálica que teria sido introduzida para reforçar a viga principal que dá apoio ao teto desse compartimento.

Estas sondagens mostraram-se decisivas para o entendimento do funcionamento da estrutura de suporte dos tetos e os seus componentes.

As prospeções efetuadas, em locais específicos das paredes e a diversas cotas, facilitaram a perceção das diferentes camadas de materiais, sua espessura e altura. Para o mesmo efeito, foram ainda aproveitadas algumas falhas existentes nas paredes (devidos a queda de material ou executados anteriormente).

A partir da cobertura, foi possível confirmar os materiais constituintes das paredes (alvenaria de pedra ou madeira) e a sua espessura.

A partir do sótão (piso 2), para além da visualização da estrutura de suporte do teto do piso 1, compreendeu-se o funcionamento estrutural da própria cobertura. Da mesma forma, foi possível verificar o estado de conservação dos vários componentes da cobertura: asnas, madres, ripas, forro, etc.

Mais uma vez não se efetuaram sondagens às fundações uma vez que não se previa alterar a grandeza das cargas em jogo, nem eram visíveis patologias que indiciassem problemas de assentamentos de fundações. Na Fig. 9 apresenta-se um exemplo dos resultados obtidos nas sondagens efetuadas que permitiram a elaboração da planta estrutural do primeiro piso e na Fig. 10 a solução proposta para a cobertura onde se aproveitou a maior parte dos elementos existentes – incorporando a proposta arquitectónica.

A execução da obra permitiu confirmar que as soluções construtivas existentes e os próprios materiais eram próprios de uma construção secundária, de apoio à principal. Como se pode na Fig. 11 a parede de alvenaria ordinária era de má qualidade e a maior parte das madeiras e as fundações nas mesmas na altura da execução eram muito más o que obrigou ao seu reforço, Fig. 12.

Nas Fig. 13 e Fig. 14 apresentam-se imagens da obra acabada, realçando-se na Fig. 14 a utilização dos materiais e das soluções construtivas tradicionais.

3. CONCLUSÕES

Os principais procedimentos a adotar nas intervenções em construções existentes foram sintetizados, com base em dois casos práticos de intervenções em edificios tradicionais da Cidade do Porto, procurando-se para cada um deles apresentar o Relatório de Inspeção e Diagnóstico elaborado para o efeito assim como os materiais e os sistemas construtivos existentes. Procurou-se evidenciar nas obras realizadas a natureza muito pouco intrusiva das intervenções, com respeito pelos materiais e pelas soluções construtivas existentes. Conclui-se que é possível reabilitar construções chamando-se à atenção para o entendimento que este tipo de intervenções sejam regulamentadas com base em normas e regulamentos que atendam às características das construções existentes e com isso se procure presevar a identidade cultural e histórica destas construções. O enquadramento legal (e muitas vezes programático) praticamente idêntico a qualquer construção nova – situação

Fig. 11 – Casa Salabert - vista geral das paredes de alvenaria.

Fig. 12 – Casa Salabert - fundações das paredes de alvenaria.

Fig. 13 – Casa Salabert - vista geral da obra acabada.

Fig. 14 – Casa Salabert - vista interior de uma sala acabada.

absurda que deixa estas construções à mercê de critérios economicistas e exigências regulamentares desajustadas – leva a que as intervenções neste tipo de construções originem a destruição irreversível da sua identidade.

Foram também apresentadas as soluções usadas onde se procurou evidenciar que na maior parte destas intervenções é possível utilizar os materiais e os sistemas construtivos existentes, tirando partido deles, efetuando-se ligeiros ajustes de modo a ser possível dar-lhes nova vida e novas funções.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ICOMOS – Recomendações para a Análise, Conservação e Restauro Estrutural do Património Arquitectónico, Lisboa, Junho, 2002.

Guedes, João; Costa, Aníbal; Arêde, António; Paupério, Esmeralda. 2002 – Reabilitação e Reforço de Estruturas Património Nacional. Experiência da FEUP. Seminário Euro-Mediterrânico, Forum

UNESCO, Universidade Lusíada, Lisboa, Junho, 2002.
Costa, Aníbal; Paupério, Esmeralda; Cid, Pedro. 2002 - Relatório de Inspecção. Muralhas de Barcelos. Departamento de Engenharia Civil. Secção de Estruturas. FEUP, Porto, Maio 2002.
Arêde, António; Costa, Aníbal. 2002 – Inspecção e Diagnóstico Estrutural de Construções Históricas. Algumas contribuições da FEUP. Seminário sobre A Intervenção no Património. Práticas de Conservação e Reabilitação, FEUP-DGEMN, FEUP, Porto, 2002.
Costa, Aníbal. 2013 – Moradia na Rua Belos Ares. Relatório de Inspeção e Diagnóstico. Relatório da Gepectrofa, Lda, Setembro de 2013.
Costa, Aníbal. 2014 – Casa Salabert. Relatório de Inspeção e Diagnóstico. Relatório da Gepectrofa, Lda, Janeiro de 2014.

A Evolução das Alvenarias da Região Centro de Portugal e o Comportamento Higrotérmico

Tavares, Alice[1]*; Vicente, Romeu[2]*; Mendes, Carlota[3]; Costa, Aníbal[4]*; Fonseca, Jorge[5]

[1]tavares.c.alice@ua.pt, [2]romvic@ua.pt, [3]carlotamendes@ua.pt, [4]agc@ua.pt, [5]jfonseca@ua.pt

**RISCO, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro*

RESUMO

Em Portugal existe um vasto património construído em alvenaria de adobe, com especial expressão nas regiões litorais. A presente investigação tem como objetivo aprofundar as razões que terão contribuído para o desaparecimento desta técnica ancestral na região de Aveiro por volta dos anos 70 do século XX. As alvenarias de adobe desta região eram vulgarmente usadas e a prática da produção do adobe estava profundamente enraizada. São normalmente reconhecidas as boas características higrotérmicas deste tipo de alvenarias. No entanto, a crescente necessidade de casas para habitação veio durante os anos 40 (do século XX) exigir uma maior produção de materiais de construção, o que provocou um aligeiramento do método construtivo, mas também uma contínua diminuição de secção das paredes de alvenaria de adobe. O presente estudo procurou responder às seguintes questões, suscitadas por esta circunstância da evolução das alvenarias: i) verificar se a diminuição de secção das paredes de adobe comprometeu as reconhecidas boas características higrotérmicas; ii) verificar por estudo comparativo com as alvenarias de tijolo que as vieram substituir, se a diminuição de secção colocou as alvenarias de adobe com níveis de conforto higrotérmico inferior às de alvenaria de tijolo; iii) se as alterações contribuíram ou não como mais um fator para o desaparecimento da técnica construtiva de adobe.

Foi realizada uma monitorização in situ de três casas de adobe, de diferentes épocas, no concelho de Ílhavo, Aveiro, com vista a avaliar e quantificar as condições de conforto ao longo de um ano. A análise do desempenho térmico baseou-se na Norma Europeia EN 15251 (CEN, 2007), para se ter uma base metodológica de comparação e identificou-se a percentagem de tempo em desconforto. Foram previamente desenvolvidas campanhas experimentais com células de teste em alvenaria de adobe com diferentes composições à escala ¼ do real, para verificação da compatibilidade com os valores limite máximos do regulamento térmico português (REH, 2013).

Recorreu-se à simulação dinâmica, tendo como modelo base um dos edifícios de adobe monitorizados, permitindo validar o modelo e assim estudar a influência da alteração do sistema construtivo ao nível das paredes da envolvente exterior no conforto térmico e consumo energético.

Palavras-chave: alvenarias de adobe, alvenarias de tijolo, evolução, comportamento higrotérmico, casas de brasileiro

1. INTRODUÇÃO

A construção tradicional da região Centro de Portugal apresenta um significativo património de adobe cujo interesse em reabilitar suscitou a necessidade do presente estudo. O sistema construtivo de adobe deixou de ser aplicado na região no início dos anos 70 do século XX.

Entrou no senso comum que a perda das tecnologias tradicionais de construção se deveu à entrada e rápida globalização do uso do betão armado. Sendo este um argumento forte e validado, não foi exclusivo, pelo que no presente estudo se analisou o impacto que poderão ter tido as alterações no sistema construtivo ao nível das alvenarias e consequentes influências no conforto higrotérmico interior. Por este motivo, foram realizadas monitorizações de edifícios de adobe de várias épocas, procedendo-se à sua modelação dinâmica, que permite apontar se as alterações podem ou não ser responsáveis pelo decréscimo de uso das soluções tradicionais de alvenaria.

2. A EVOLUÇÃO DAS ALVENARIAS NA REGIÃO CENTRO DE PORTUGAL

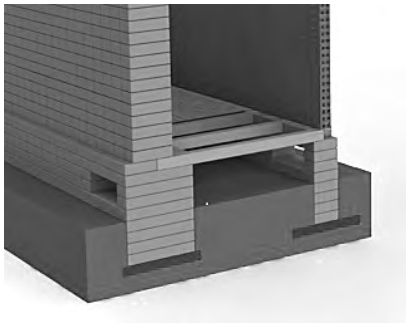
O sistema construtivo tradicional de adobe do século XX é composto por paredes exteriores resistentes de adobe, sendo as paredes interiores de tabique ou tijolo, Fig. 1. A existência de paredes de adobe no interior surge sobretudo associada a construções com maior largura ou maior profundidade. A estrutura de pisos é de madeira, sobretudo de pinho, com soalho corrido, embora ao nível do rés-do-chão ou zonas húmidas (cozinhas e quartos de banho) o piso possa ter já sido substituído por massame de betão. A estrutura de cobertura mantém-se igualmente de madeira, revestida com telha marselha.

Contudo, as dimensões dos adobes variavam consoante a região, bem como as suas características e composições granulométricas, sendo no entanto comum a adição de cal como ligante. Os levantamentos realizados no distrito de Aveiro e os ensaios realizados no laboratório do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro comprovam estas variações e implicações no comportamento mecânico (Varum et al. 2010). No entanto, para a verificação do comportamento higrotérmico procedeu-se a uma pesquisa em arquivos municipais, tendo sido consultados mais de 725 processos e identificadas as soluções de alvenarias usadas, complementando essa informação com análise *in situ* de edifícios de adobe (Tavares et al. 2012 a, 2012b). Verificou-se que o período de maior transformação se deu entre 1940 a 1959. Assim, do levantamento efetuado foi possível distinguir as soluções mais usadas (Tabela 1), sendo as exclusivamente de adobe sobretudo dos anos 40 e as restantes com tijolo sobretudo dos anos 50. Apesar de tudo, atendendo à existência de fábricas de cerâmica para construção na região, o uso do adobe não desapareceu tão rapidamente quanto se poderia esperar. Apesar de entrarem no mercado outras soluções de alvenarias como as de blocos de cimento, em especial nos finais dos anos 40, foram identificadas quatro soluções mais comuns dentro do período de transição do sistema tradicional de adobe para o de betão armado e tijolo. Assim, foram consideradas neste estudo duas tipologias de alvenaria de adobe (Solução A e D), em que a maior divergência consiste numa espessura maior de parede ao nível do rés-do-chão, com adobes de maior dimensão. Salvaguarda-se o facto de que apesar de corrente a diminuição de espessuras de paredes para os pisos superiores, estas podem apresentar-se com medidas ligeiramente diferentes decorrentes do uso de adobes de dimensão diversa. As paredes de adobe tinham um revestimento de reboco de cal e areia com uma espessura total de 2.5 cm em ambas as faces. Contudo, o facto de estas paredes terem espessuras totais entre 0.35 m e 0.50 m já revelam uma diminuição considerável de espessura em relação ao século anterior ou mesmo ao início do século XX, onde espessuras

com 0.60-0.80 m eram normais. Esta diminuição justifica-se com o incremento de uma produção de adobe realizada por pequenas oficinas familiares que os vendiam e que portanto tiveram de adequar as dimensões para uma maior facilidade de transporte e manuseamento. Por outro lado, uma menor espessura tornava a construção mais barata e acessível, num período em que a procura de habitação na região subiu consideravelmente, com a crescente migração da população do interior para o litoral. As soluções mistas de adobe e tijolo para paredes de fachada (Solução E) foram de menor utilização em construções de raiz, pelo que a sua presença no edificado antigo atual decorre sobretudo de casos de ampliação de pisos. O adobe é aplicado apenas ao nível do rés-do-chão e os pisos superiores são de tijolo.

As soluções de tijolo de parede simples (Solução B) ou de parede dupla (Solução C) como as identificadas no estudo, apesar de apresentarem um uso no mesmo período das de adobe, são aplicadas com alguns elementos de betão armado, sobretudo vigas. Estas soluções podem apresentar-se em alguns casos como alvenarias resistentes com estrutura de piso e de cobertura de madeira. Noutros casos, como no caso de parede dupla o sistema construtivo usado é de porticado de betão armado e corresponde a um período sobretudo após 1952, quando se deu maior crescimento de construção para habitação, mas também a entrada de mais técnicos.

Tabela 1 – Soluções de alvenarias correntes na região Centro de Portugal 1940-1959

	Fig. 1 – Sistema construtivo tradicional de adobe (créditos: Alice Tavares).
Solução A (parede simples de adobe) Adobes 0.45 x 0.30 x 0.12 m (a uma vez)	Espessura total da parede – 0.50 m
Solução B (parede simples de tijolo) Tijolo 0.30 x 0.15 x 0.08 m (a meia vez)	Espessura total da parede – 0.18 m
Solução C (parede dupla de tijolo) Tijolo 0.30 x 0.15 x 0.08 m (a meia vez) – parede dupla com 0.05 m de caixa de ar	Espessura total da parede – 0.38 m
Solução D (parede simples de adobe) Adobes 0.40 x 0.30 x 0.12 m (a meia vez)	Espessura total da parede – 0.35 m
Solução E (mista – adobe /tijolo) Adobes 0.40 x 0.30 x 0.12 m (a meia vez) – R/C Tijolo 0.30 x 0.15 x 0.08 m (a meia vez) – parede dupla com 0.05 m de caixa de ar – pisos superiores	Espessura total da parede R/C – 0.45 m Espessura total pisos superiores – 0.38 m

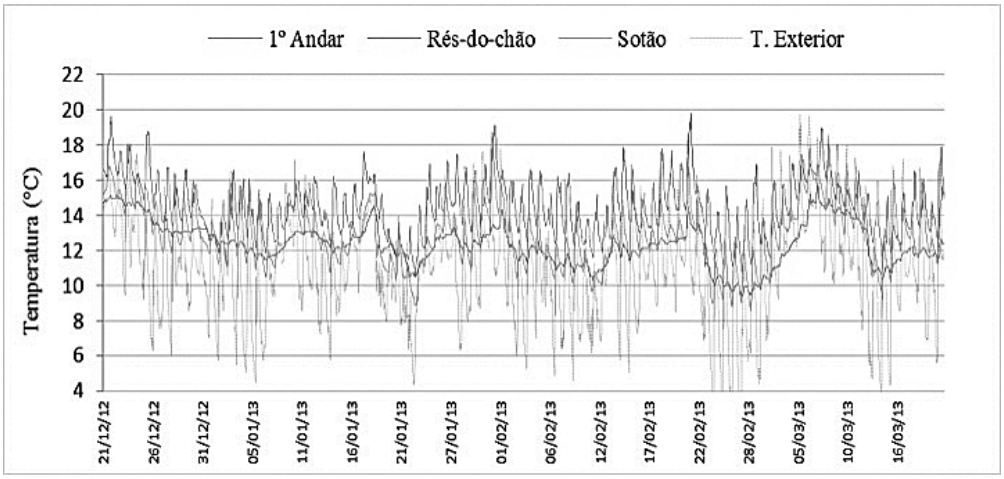


Figura 2 - Temperatura no período da estação de aquecimento.

3. CARACTERIZAÇÃO DO COMPORTAMENTO HIGROTÉRMICO DE PAREDES – CASOS DE ESTUDO

O estudo sobre o comportamento higrotérmico dos edifícios de adobe já decorre na Universidade de Aveiro há mais de 6 anos, com o objetivo de o caracterizar para se identificarem necessidades eventuais de reabilitação a este nível. Assim, foram realizadas campanhas experimentais com células de teste em alvenaria de adobe com diferentes composições à escala ¼ do real, para verificação da compatibilidade com os valores limite máximos do regulamento térmico português (REH, 2013), pelo Tiago Meneses (Meneses et al., 2010). Os resultados deste estudo revelaram que a inclusão de cortiça granulada conduziam a valores abaixo dos limites máximos para as 3 zonas climáticas.

Os trabalhos desenvolvidos por Daniela Cancela (2013) e Carlota Mendes (2015) no âmbito do mestrado em engenharia civil na Universidade de Aveiro contemplaram o tratamento de dados de monitorização de edifícios em adobe, nomeadamente do início do século XX, bem como uma primeira abordagem de simulação dinâmica do comportamento térmico de edifícios.

A monitorização de um conjunto de edifícios de adobe na região de Aveiro tem permitido aprofundar o conhecimento sobre o comportamento higrotérmico deste edificado. Uma dessas edificações, representativa do ponto de vista construtivo e tipológico, foi monitorizada por um período de um ano. Trata-se de um edifício de habitação isolado, com cave semienterrada, um piso de habitação e um sótão habitável. Apresenta uma tipologia de organização interna tradicional de corredor longitudinal central e apesar de este caso ser de finais do século XIX, , trata-se de uma tipologia de organização interna que persistiu durante o século XX, sendo comum até aos anos 40. As paredes exteriores resistentes são de adobe, sendo as paredes interiores de tabique, ou seja, a caracterização de construção tradicional já descrita, com a variante do piso habitado estar a cota mais elevada. Nas figuras 2 e 3 observam-se os registos

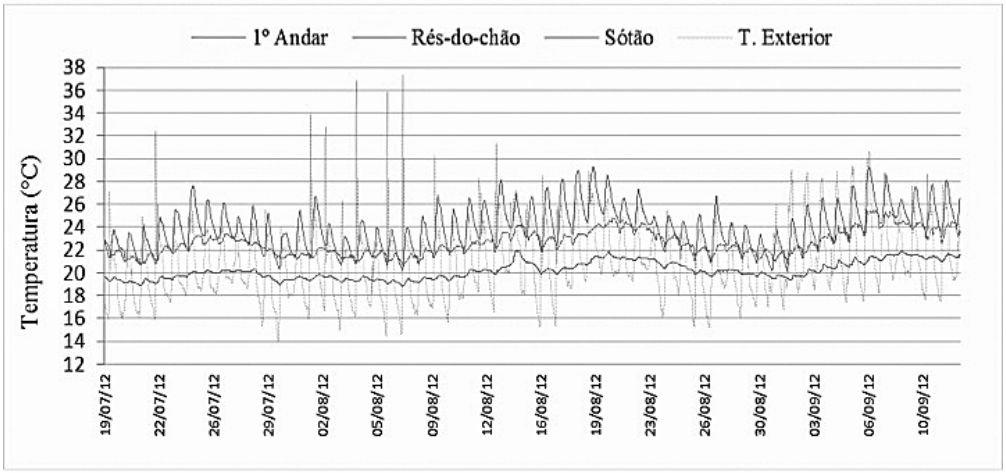


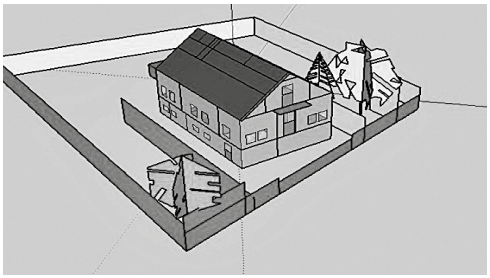
Figura 3 - Temperatura no período da estação de arrefecimento.

de temperatura para a estação de aquecimento e de arrefecimento registados neste edifício.

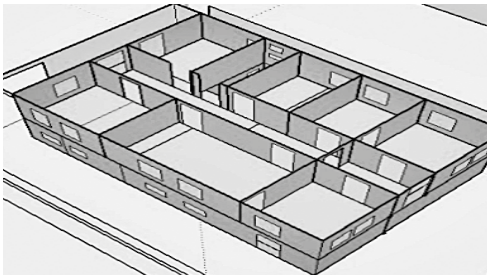
Da análise dos registos é percetível um melhor comportamento térmico no período de Verão, observando-se clara atenuação da amplitude térmica e um ligeiro atraso do pico máximo de temperatura atingido em relação ao pico de temperatura exterior. Os compartimentos que melhor evidenciam este comportamento da curva de temperatura são os da cave e no 1º andar (sem maior envolvente externa), apresentando, consequentemente, amplitudes térmicas diárias mais reduzidas. No período de Inverno a temperatura mantem-se sempre abaixo da temperatura mínima de conforto (20ºC) referenciada pela norma e com maior amplitude térmica diária.

Cumulativamente efetuou-se a simulação dinâmica da casa (ver Figura 4) calibrando o modelo numérico com recurso aos dados da monitorização, para análise posterior das restantes soluções. Avaliou-se o conforto interno segundo a norma EN 15251, para a estação de aquecimento, encontram-se expostos na Figura 4. Segundo este tipo de análise, os limites de conforto variam consoante a temperatura média do ar exterior (modelo adaptativo).

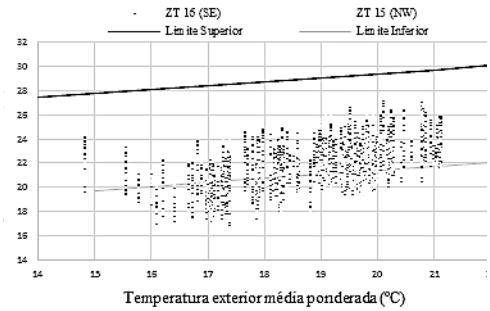
Para o período de Inverno, o edifício está longe de cumprir com os valores mínimos de conforto térmico estipulados pela norma europeia EN 15251, apresentando uma taxa de desconforto muito elevada (na ordem dos 90%). Porém para o período de Verão nunca se verifica o sobreaquecimento, reconhecendo o bom comportamento no período de Verão. No entanto, tal como refere Mendes (Mendes, 2015) através da análise do conforto térmico pela norma EN 15251 constatou-se que esta não se encontra bem adaptada à avaliação do conforto térmico na estação de arrefecimento, pois o intervalo de temperaturas de conforto admitido pela norma considera que as temperaturas que se encontram entre 18ºC a 20ºC contribuem para a percentagem de tempo de desconforto, para todo o intervalo da temperatura exterior média ponderada (14ºC a 22ºC).



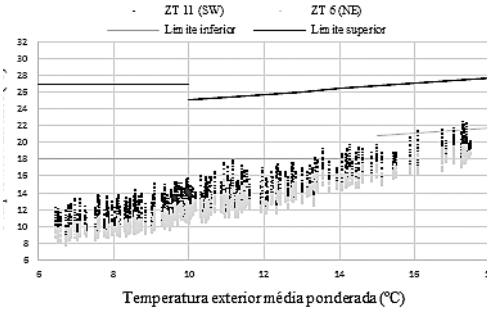
Geometria exterior do modelo



Compartimentação do 1º piso



Análise conforto periodo de Verão



Análise conforto periodo de Inverno

Figura 4 – Modelo de simulação e análise de conforto (créditos Carlota Mendes).

A análise do comportamento térmico e conforto interior das diversas soluções construtivas identificadas na tabela 1 aplicadas ao modelo é realizada através da avaliação da temperatura interior e do conforto interior, segundo a Norma Europeia EN 15251 (CEN, 2007). Desta forma, apresenta-se de seguida a tabela 2 com a síntese de resultados para esta estação, com a temperatura média e mínima, e com os resultados da análise do conforto interior para duas zonas representativas (ZT4 – R/Chão e ZT11 – 1º andar) e da necessidade energética requerida pelo edifício.

Através da análise dos resultados contidos na Tabela 2 é possível constatar o seguinte:

- A temperatura interior média para as diferentes soluções varia muito pouco, quer para a zona térmica ZT4, quer para a zona térmica ZT11. O maior valor é registado pela solução C, de 15.27ºC na ZT4 e de 14.70ºC na ZT11. O menor valor é registado para a solução A, de 14.72ºC na ZT4 e de 13.81ºC na ZT11. Constata-se, então, que a maior diferença entre as temperaturas médias é de 0.55ºC para a zona térmica ZT4 e de 0.89ºC para a zona térmica ZT11, não chegando sequer a 1ºC de diferença;
- Através do observado anteriormente, conclui-se que os valores da temperatura média de cada solução, e para ambas as zonas térmicas analisadas, variam muito pouco entre si;

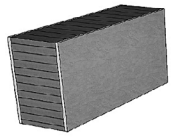
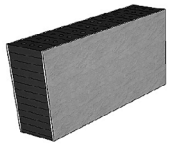
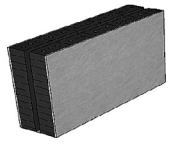
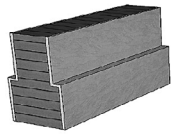
Simulação		Zona	T. méd. (ºC)	T. mín. (ºC)	Desconforto		Necessidades Energéticas (kWh/m²a)
					(%)	(h)	
A		ZT4	14.72	11.16	98.89	4533	138.16
		ZT11	13.81	8.27	96.38	4418	
B		ZT4	15.15	11.55	97.56	4472	127.31
		ZT11	14.59	8.87	91.86	4211	
C		ZT4	15.27	11.77	97.23	4457	122.36
		ZT11	14.70	9.06	91.64	4201	
D		ZT4	15.14	11.57	97.40	4465	132.22
		ZT11	14.55	8.80	92.04	4219	
E		ZT4	15.04	11.46	97.84	4485	129.33
		ZT11	14.10	8.55	95.40	4373	

Tabela 2 - Análise da temperatura interior, conforto térmico e necessidades energéticas das diferentes soluções construtivas, para a estação de aquecimento. (créditos Carlota Mendes).

- Relativamente à temperatura mínima, a solução que apresenta o valor mais baixos é igualmente a solução A, de 11.16ºC para a zona térmica ZT4 e de 8.27ºC na ZT11. No entanto, as restantes soluções não exibem valores muito diferentes destes, variando pouco mais que 0.5ºC. A temperatura mínima mais elevada é registada pela solução C;
- Comparando as duas zonas térmicas, para todas as soluções, a zona pertencente ao r/c (ZT4) aparenta sempre, valores de temperatura interior acima dos registados na zona ZT11. A partir deste resultado observa-se a variabilidade da temperatura interior do piso mais elevado à temperatura exterior;
- Relativamente à percentagem de tempo de desconforto, a solução SA aparenta o maior valor para as duas zonas térmicas, de 98.89% e 96.38%, respectivamente para a ZT4 e ZT11. Por sua vez, o valor mais baixo está associado à solução C, de 97.23% e 91.64%, respectivamente para a ZT4 e ZT11.

4. CONCLUSÕES

A abordagem do comportamento higrotérmico com base na simulação dinâmica do comportamento do edifício revela para esta fase inicial de estudo que as soluções com melhor comportamento seriam, a mista (adobe no rés-do-chão e parede dupla de tijolo no piso superior) e a de parede dupla de tijolo em ambos os pisos. Contudo, os valores não são muito discrepantes em relação à solução original. Apesar do estudo realizado até ao momento necessitar de um maior aprofundamento, estando em curso novas monitorizações de edifícios para estudos comparativos, perspetiva-se que a redução de espessura das paredes de adobe veio diminuir o bom comportamento térmico reconhecido desta alvenaria. Ou seja, numa fase intermédia de substituição simples de parede de adobe por parede simples de tijolo, a mudança não trouxe vantagens sobre o sistema tradicional e isto pode justificar a continuidade de uso do adobe até tão tarde na região. Considerando que para outros sistemas tradicionais de construção como o tabique, o sistema é apontado como tendo desaparecido nos anos 50 do século XX. Contudo, a continuidade da diminuição da espessura das paredes de adobe quando entraram no mercado as alvenarias de tijolo duplo, concomitantemente com a facilidade de transporte e o facto de o tijolo não estar dependente de uma produção sazonal, veio colocar em pé de igualdade, em termos de comportamento térmico – parede de adobe versus parede dupla de tijolo – sendo este aspeto importante numa análise de perda de uso do sistema tradicional.

Ressalva-se no entanto que, uma das principais qualidades da terra é o conforto interior que esta pode proporcionar, já que é um material "de mudança de fase" natural. Do ponto de vista natural, a água existente na sua composição permite alterar as fases da temperatura ambiente. A terra mesmo seca contém uma certa quantidade de água na sua constituição em equilíbrio com o vapor de água no ar. Esta característica higroscópica do material terra explica a razão de uma parede em terra desempenhar o papel de ar-condicionado natural proporcionando um ambiente interior saudável. Nesta escala, a água está em equilíbrio com a humidade ambiente, mas com o aumento da temperatura exterior uma parte desta água evapora-se, por outro lado existe condensação capilar quando a temperatura diminui.

Assim a monoestrutura da terra permite à água uma mudança de fase à temperatura ambiente, quando a temperatura aumenta, a sua água absorve uma parte do calor do compartimento e evapora-se, quando a temperatura baixa, uma parte da água do meio ambiente condensa-se na terra e restitui a energia que havia acumulado. A água existente na constituição da terra funciona como se fosse um regulador termo higrométrico, permitindo o controlo da humidade relativa inte-

rior. Esta energia própria é infinitamente renovável e proporciona um conforto climático. Além disso, a evaporação e a condensação da água constituem trocas energéticas muito mais poderosas do que a fusão e a solidificação das parafinas típicas dos materiais de mudança de fase, uma vez que as trocas de energia por cada litro de água que se evapora equivalem às trocas de energia de 22kg de parafina fundida.

Pelo apontado, as construções de adobe apresentam grandes vantagens em termos de comportamento higrotérmico, principalmente as mais antigas e com maior espessura de parede, no entanto, para os períodos de inverno necessitam de aquecimento.

Este estudo procurou contribuir para a compreensão da evolução das estruturas de alvenaria tradicionais e apontar motivos que podem justificar o seu desaparecimento, para com esta consciência contribuirmos para a sua defesa e reabilitação.

AGRADECIMENTOS

Alice Tavares agradece à Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) o financiamento do seu trabalho no âmbito da bolsa de investigação de Pós-doutoramento SFRH/BPD/113053/2015.

Agradecimentos a Eng. Tiago Meneses e Eng. Diana Cancela, pelo trabalho desenvolvido no âmbito da caracterização do comportamento higrotérmico das alvenarias de adobe.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cancela, D.C.P., 2013. Comportamento higrotérmico e monitorização de construções em adobe. Dissertação para a obtenção do grau de mestre em Engenharia Civil, UA - Universidade de Aveiro.

DL n.º118/2013. Regulamento de Desempenho e Energético de Edifícios de Habitação. Diário da República, I Série - A, Decreto-Lei nº 118/2013, Agosto, Lisboa, 2013.

Mendes C. 2015. Simulação do comportamento térmico e energético de edifícios de adobe. Tese de mestrado em Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Portugal.

Meneses T, Vicente R, Costa A, Figueiredo A, Varum H, Soares N. 2010. Comportamento térmico de construções em alvenaria de adobe: ensaios experimentais sobre três células de teste à escala 1:4, VII Congreso de Tierra en Cuenca de Campos, Valladolid, Espanha.

RSECE, 2006. Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização nos Edifícios. Diário da República, I Série - A, Decreto-lei nº 79/2006, Abril, Lisboa, 2006.

RCCTE, 2006. Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios. Diário da República, I Série - A, Decreto-lei nº 80/2006, Abril, Lisboa, 2006.

Tavares, A., Costa. A., Varum, H., 2012a. Adobe and Modernism in Ílhavo, Portugal. International Journal of Architectural Heritage: Conservation, Analysis, and Restoration, 6:5, 525-541.

Tavares, A., Costa, A., Varum, H, 2012b. Common Pathologies in Composite Adobe and Reinforced Concrete Constructions. Journal of performance of constructed facilities, ASCE, July/August, 2012.

A construção dos que Regressam do Brasil no Século XIX
(para o Centro e Norte de Portugal)

Tavares, Alice[(1)]*; Costa, Aníbal[(2)]*; Vicente, Romeu[(3)]*; Fonseca, Jorge[(4)]*
[(1)]tavares.c.alice@ua.pt, [(2)]romvic@ua.pt, [(3)]agc@ua.pt, [(4)]jfonseca@ua.pt
** RISCO, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro*

RESUMO

O Património da Arquitetura civil do século XIX e inícios de XX da região centro e norte de Portugal apresenta um número ainda considerável de edifícios construídos por pessoas que emigraram para o Brasil e regressaram a Portugal. O presente estudo procura caracterizar as alvenarias deste edificado, construído por estes novos proprietários empreendedores que regressam, com uma maior capacidade económica, a uma terra que conheciam. Pretende-se conhecer as alterações que são introduzidas na Arquitetura e na construção. Verificou-se que na época, na região centro, a construção se mantinha sobretudo de terra, nomeadamente de adobe, pelo que seria expectável que estes emigrantes com maior capacidade económica alterassem substancialmente as técnicas construtivas. No entanto, a construção em terra permaneceu. O mesmo acontecendo no Norte com as alvenarias de pedra. A presente investigação apresenta uma síntese das opções por métodos construtivos e materiais de construção nesta fase do regresso a Portugal, enfatizando o que das técnicas construtivas de alvenaria se destaca da construção corrente vigente na região. Foi feita uma seleção de casos de estudo, de casas grandes de Aveiro e do Porto, em ambiente urbano e ambiente rural, estando em curso uma caracterização experimental dos materiais usados. Dos casos de estudo conclui-se que os edifícios residência construídos por estes Portugueses que regressam do Brasil apresentam três preocupações gerais, a saber: aplicação de materiais de qualidade; aposta na segurança estrutural desde as fundações às ligações entre componentes estruturais; durabilidade da construção. Por outro lado, para além da procura de integração social, estes Portugueses irão construir as suas casas com as alvenarias tradicionais da região, respeitando os métodos construtivos da região para onde regressam, mesmo que a Arquitetura se diferencie em alguns aspetos do que aí existia.

O comportamento estrutural de um dos edifícios da base de dados foi analisado e, apesar de este ter sofrido um incêndio recentemente, os ensaios de macacos planos realizados comprovaram que o fogo não terá diminuído a sua capacidade resistente. A campanha demonstrou que as paredes mantêm a sua integridade e capacidade resistente, resultado da boa condição das paredes e do bom comportamento deste tipo de alvenaria de adobe quando sujeita a cargas verticais. Uma situação que vem igualmente comprovar que o cuidado na construção das casas destes emigrantes se reflete na qualidade das suas estruturas, na adoção de medidas para aumentar a sua durabilidade, para além dos critérios estéticos que foram mais trabalhados em algumas outras, através de estuques e pinturas. O estudo procurou estabelecer complementar resultados de investigação realizados nos últimos anos no Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, nomeadamente em relação às alvenarias de adobe, para assim contribuir para uma caracterização da evolução histórica do sistema construtivo de adobe dos finais do século XIX e inícios de XX, que ainda se encontra muito diminuto.

Palavras-chave: construção emigrante (Brasil/Portugal), alvenarias, estruturas de terra, macacos planos.

1. INTRODUÇÃO

O Património edificado do século XIX e inícios de XX inclui um significativo conjunto de edifícios construídos por Portugueses que tendo emigrado para o Brasil, regressaram uns anos ou décadas mais tarde e marcaram uma época em Portugal. O crescente número de pessoas que migram das regiões interiores do País para as cidades do litoral, onde o progresso industrial não se fez à velocidade expectável, acabou por ser um fator decisivo que "obrigou" muitos Portugueses a emigrar durante o século XIX. As regiões do Centro e do Norte são as que irão apresentar uma tendência mais evidente de emigração para o Brasil, sendo os Estados Unidos e alguns países Europeus outros dos destinos. Apesar de nem todos os Portugueses terem sido bem sucedidos e enriquecido no Brasil, alguns dos que regressaram chegaram com um poder económico significativo. Contrariando alguma ostracização e preconceito vigente na época, procuraram integrar-se e marcar o seu estatuto social através das construções que edificam e da conquista de títulos nobiliárquicos. Uma das formas de integração encontrada foi o investimento em valências de cariz social através da construção de edifícios como escolas e hospitais para as comunidades onde se instalavam, ou de apoio a obras de reabilitação de igrejas ou finalmente de construção de edifícios residenciais enquanto investidores, tornando-se proprietários de várias casas, como aconteceu no Porto. Outros apostaram na indústria ou no comércio construindo edifícios próprios ou adquirindo existentes que alteravam, progredindo como empresários em Portugal, por gerações, como se verificou no distrito do Porto e de Aveiro (Fig. 1 e 2). Este estudo analisou alguns destes edifícios localizados no Porto – Avenida e Rua da Boavista, Av. Rodrigues de Freitas, Rua da Maternidade, Largo da Maternidade Júlio Dinis, Rua da Conceição, Rua Costa Cabral, Praça da República, Rua D. José IV, Rua de Serralves, Rua da Alegria e Praça Marquês de Pombal, Rua Galeria de Paris, Praça Teixeira Gomes, lugar Azevedo - e no distrito de Aveiro – Rua Arcebispo Bilhano em Ílhavo, EN230 Eixo, Aveiro e Borralha em Águeda. Pela análise dos locais escolhidos para a implantação destes edifícios verifica-se que independentemente da região para onde regressam, procuram instalar-se em artérias principais das cidades, vilas ou aldeias ou em pontos de cota mais elevada (como é o caso de muitas casas grandes das fazendas no Brasil), mostrando assim a sua capacidade económica. Propositadamente neste estudo, a estas casas grandes/palacetes não se irão chamar casas dos "Brasileiros", por se questionar esta denominação corrente, que muitas vezes induz em erro as características que supostamente lhe estão associadas. Como veremos a sua capacidade financeira irá permitir-lhes uma atenção especial ao nível da segurança estrutural, interesse pela durabilidade de construção e escolha de construtores ou projetistas com capacidade para esponder a estas premissas.

2. CARACTERIZAÇÃO DAS ALVENARIAS DO EDIFICADO CONSTRUÍDO PELOS PORTUGUESES QUE REGRESSAM DO BRASIL

O Património edificado nos finais do século XIX e inícios de XX respeitante às grandes casas dos Portugueses que regressam do Brasil apresentam um enquadramento comum ao nível das preocupações higienistas e de salubridade e de uma disseminação da Arquitetura Eclética. Em Portugal e no Brasil as preocupações no controlo de epidemias já transparecia em códigos urbanos, como o Código de Posturas Municipais do Porto (1869), onde o controlo dos esgotos urbanos e das águas pluviais era um elemento de análise para aprovação do licenciamento de obras. As alterações impostas ao novo edificado irão progressivamente acompanhar a tendência Europeia ao nível da iluminação natural, ventilação natural e segurança estrutural. O mesmo se

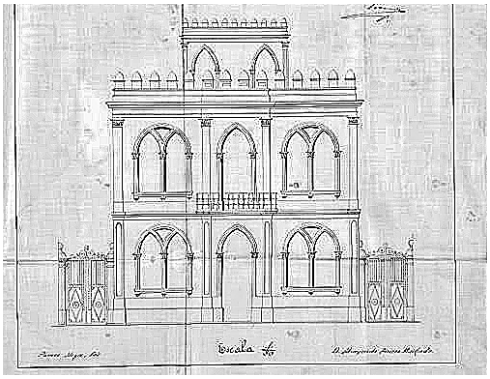


Fig. 1 - Desenho da fachada principal de um edifício do Porto (1884).

Fig. 2 – Vista aérea de um edifício caso de estudo (1903), Eixo, Aveiro.

passava em algumas regiões do Brasil, sendo por isso preocupações vigentes em ambos os países e que irão transparecer nos edifícios construídos pelos Portugueses regressados do Brasil, dos quais se irão destacar os do período de 1880 a 1905. Estes são aspetos diretamente relacionados com as alvenarias, pelo que este estudo procurou analisar as suas características e o que as distinguiu da construção do edificado corrente, bem como identificar aspetos que revelem preocupações ao nível da durabilidade das mesmas.

Assim, há a distinguir o que da configuração do edifício tem implicações diretas nas alvenarias e o que diz respeito apenas ao sistema construtivo das paredes e do conhecimento dos materiais. Decorrente das preocupações ao nível da salubridade o uso do desvão sanitário e de meios para garantir um corte hídrico são dois aspetos importantes e presentes de forma sistemática nestas casas grandes de finais do século XIX e inícios do século XX. Nos casos de não existir o desvão sanitário ou uma cave semienterrada, que permitissem a ventilação da base da construção para melhor secagem dos materiais e ajudar a impedir a progressão das humidades ascensionais, era comum um primeiro piso sem funções habitacionais de maior permanência, como quartos de dormir. Em muitos casos, toda a parte habitacional passa para o primeiro piso, tendo uma escadaria exterior principal, que dava acesso direto ao espaço habitacional e uma escada secundária para as áreas de serviço como a cozinha. Assim, o rés-do-chão podia ficar com um pé-direito mais baixo que os restantes por funcionar como zona de armazenagem ou para funções secundárias e, portanto, não tinha que cumprir com a cubicagem de ar e área de entrada de luz seguidas na época. O mesmo acontecendo em edifícios em espaço urbano, onde ao nível do rés-do-chão se localizava o espaço comercial, de armazenagem e funções de apoio e a habitação com entradas independentes (principal e de serviço) para o primeiro piso. Estas são características que farão parte de regulamentos municipais mais tarde e não serão exclusivos deste tipo de construção, quer no Brasil quer em Portugal. Mas são sem dúvida importantes para a durabilidade do edifício.

Estudos prévios sobre as características dos sistemas construtivos de adobe (distrito de Aveiro) e de pedra (distrito do Porto) revelaram aspetos comuns entre ambos (Tavares, A. 2015), nomeadamente ao nível das estruturas de cobertura e de base da construção. Assim, no que concerne especificamente às alvenarias, o enfoque foi espe-

cialmente dado a: fundações; materiais; variação de espessuras de paredes (exteriores e interiores); remate superior da parede. Apresenta-se de seguida o que foi considerado corrente na época e as variações verificadas na construção destas casas grandes, enquanto síntese das soluções mais correntes descritas nos Arquivos municipais do Porto, Aveiro e Ílhavo, bem como em contratos de obra da época.

2.1 Caracterização das fundações

As fundações da construção corrente possuem, dentro da época de análise, espessuras diferentes para apoio às fachadas de frente e de tardoz, normalmente com maior espessura, variando entre 0.60 m e 0.80 m, das que dão apoio às paredes laterais ou meeiras, que variam entre 0.40 m e 0.60 m. As variações decorrem sobretudo de dois fatores, igual variação da espessura da parede a que estão a dar suporte e por outro lado dependentes do número de pisos do edifício. As paredes de fundação são sobretudo muros contínuos que nos casos em que existe ventilação da base da construção possuem aberturas para a passagem do ar. No que concerne à profundidade das fundações estas são normalmente apontadas como tendo entre 0.50 m e 0.80 m, salvaguardando os casos em que são feitas menções que não especificam uma profundidade, mas a recomendação de irem até apoio firme. Estes são aspetos comuns a ambos os sistemas construtivos (pedra e adobe).

Ao nível das fundações aplicadas nas casas dos que regressam do Brasil as variações em relação ao sistema corrente reportam-se sobretudo a preocupações ao nível do assentamento do edifício no terreno, mas também em relação a detalhes ao nível da impermeabilização das fundações. Assim, as fundações eram construídas com espessuras correntes de 1,0 m para as paredes principais e 0,60 m para as restantes paredes (interiores), o que revela uma maior espessura em relação aos casos correntes, não necessariamente dependente da altura dos edifícios. Por outro lado, antes da colocação das pedras de fundação, o solo era bem nivelado, compactado e era aplicada uma base de argamassa, que se presume teria já uma componente que ajudasse a impermeabilização da fundação. Seguindo estas preocupações as paredes de fundação eram asfaltadas em ambos os lados e na parte superior antes do assentamento do correspondente à parede de fachada, quer fosse de alvenaria de pedra ou de adobe. Por outro lado, existe a referência de aplicação de argamassas de cal hidráulica para o assentamento das pedras (1904).

2.2. Caracterização das paredes de alvenaria (pedra e adobe)

Os materiais usados nas alvenarias, desde o nível das fundações ao da parede corrente podia variar, mantendo, no entanto, o pressuposto de que o material de maior resistência localizar-se-ia ao nível das fundações. Salvaguardando, no entanto, alguns casos em que a alvenaria de pedra argamassada das fundações nem sempre tinha a mesma qualidade da alvenaria de pedra aplicada na parede acima, decorrente apenas de uma estar oculta e se descurar um pouco a solidez da construção.

Nesta época a construção corrente usa preferencialmente a pedra para as fundações, quer nos edifícios de adobe (sobretudo pedra de Eirol ou pedra rolada do lastro dos navios) quer nos edifícios de alvenaria de pedra (pedra de granito). No entanto, o que varia em relação às casas grandes dos regressados do Brasil é a preocupação na escolha dos materiais, na sua qualidade e na forma de aplicação. Neste sentido, uma das preocupações é a coesão da alvenaria, pelo que nos casos do Porto são referenciadas sobretudo duas situações: alvenaria cujas fiadas são constituídas por pedras que abrangem toda a largura da parede e com juntas contra fiadas e noutros casos a alvenaria é construída com silhares e juntouros de granito.

As alvenarias de pedra correntes são identificadas como sendo de perpianho, distinguindo uma espessura maior para a fachada da frente, normalmente entre 0.55 m e 0.30 m, de uma espessura menor para a parede de tardoz que variava entre 0.30 m e 0.25 m, numa espessura idêntica à das paredes laterais (quando não fazem frente para espaço público). Mais uma vez a variação em relação às casas grandes dos que regressam do Brasil e seguindo o que era construído por outros grandes proprietários é um uso mais abrangente da cantaria, com uma escolha criteriosa da pedra, bem como uma maior espessura das paredes, sendo nestes casos sobretudo 0.60 m para as da frente e 0.55 m para as de tardoz. Por vezes é feita menção específica às pedreiras de onde se iria extrair a pedra a usar. Um outro aspeto relevante e que demonstra as preocupações com a segurança estrutural e durabilidade é o uso de elementos metálicos de amarração entre as paredes ou entre paredes exteriores e interiores ou estrutura de madeira, podendo estender-se essa amarração a mais de 1,0m para o interior da construção, com especial destaque ao nível superior da parede. O grampeamento ao nível dos cunhais e um maior cuidado na construção desta parte da construção é outro aspeto verificado que contribui para o aumento da durabilidade da construção.

As alvenarias de adobe seguem na época uma tendência idêntica ao nível da variação de espessuras entre fachada da frente e de tardoz, das verificadas nas alvenarias de pedra, quer em termos da construção corrente quer em relação às construções dos regressados do Brasil, podendo ter, no entanto nestes últimos casos, a fachada da frente espessuras que rondam os 0.80 m. O uso de pedras de cantaria de granito nestas alvenarias surge sobretudo associado ao embasamento, aos cunhais, aos vãos e por vezes ainda na zona das varandas, escadas e cimalha. Sendo que a pedra vinha sobretudo do distrito de Aveiro. O recurso aos elementos metálicos para amarração das paredes é também uma característica destas construções de adobe.

No que concerne às paredes interiores, mais uma vez a estratégia de distribuição de materiais repete-se para ambos os sistemas construtivos, ou seja, podiam ser de perpianho e tabique ou de adobe e tabique. Considerando que normalmente casos de paredes de perpianho e de adobe no interior dos edifícios reportam-se a paredes resistentes, por vezes com um papel significativo na estabilidade da estrutura da cobertura (Tavares et. al. 2013; Tavares 2015). Assim, na construção corrente as paredes interiores de perpianho possuem sobretudo 0.25 m de espessura e as de adobe 0,30 m, sendo o tabique com madeira de pinho. Nas casas grandes deste estudo, as paredes interiores de perpianho possuem 0,30 m de espessura, a mesma espessura para as de adobe, sendo que os tabiques são executados com pranchas principais de riga e dobradas em xadrez ou fasquiadas a pinho. No entanto, a outra grande diferença destas casas para as da construção corrente de adobe é o uso de alvenaria de pedra de Eirol argamassada desde as fundações até uma altura de pelo menos 1,0m, podendo atingir a totalidade da altura da parede do rés-do-chão ou no caso da fachada principal, toda a altura da fachada.

2.3 As argamassas usadas no século XIX e início de XX dos casos de estudo

O uso de argamassas de cal hidráulica ao nível das fundações com o traço 1:2, enquanto para a parede corrente acima, o traço se podia manter, mas de cal aérea ou cal parda e areia, reflete preocupações ao nível de imprimir maior resistência na base da construção, mas também de um contributo para a diminuição do efeito das humidades por ascensão capilar e desta forma para o aumento da durabilidade das paredes. No entanto, também surge a referência simples de cal não distinguindo o tipo de cal usado. Assim, não se verificam grandes diferenças ao nível das

argamassas usadas na construção corrente da usada nas casas grandes, com a salvaguarda da procura de melhor qualidade dos materiais usados e no caso dos rebocos a areia ser peneirada para granulometria adequada.

3. O CASO DE ESTUDO DE AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE PAREDES DE ADOBE APÓS INCÊNDIO E A INVESTIGAÇÃO PRÉVIA EM LABORATÓRIO

A estrutura portante dos edifícios antigos é baseada em paredes de alvenaria resistente, quer sejam de pedra ou de adobe e dependem das suas características e forma de aparelho para manterem a sua durabilidade (Costa, A. et al. 2013). Neste sentido, têm sido realizados diversos estudos na Universidade de Aveiro com o intuito de caracterizar a sua evolução enquanto componente construtivo (Tavares 2015; Tavares A. et al. 2012, 2014), as suas características materiais e mecânicas (Costa, A. et al. 2013), que permitam apoiar os processos necessários de reabilitação e proteção deste Património edificado (Tavares A. et al. 2013 a). Esta investigação tem vindo a ser realizada de uma forma contínua ao longo dos últimos anos e tem permitido obter valores das caraterísticas mecânicas do adobe e das paredes de alvenaria de adobe que são muito úteis para quem pretenda realizar obras de reabilitação no parque edificado com este tipo de sistema construtivo. No decurso do estudo do edificado dos finais do século XIX construído por empresários Portugueses que regressaram do Brasil, um desses casos de estudo sofreu um incêndio, tendo o Município solicitado um acompanhamento da vistoria, do qual surgiu a necessidade de realizar ensaios *in situ* para avaliar a resistência das paredes após este dano. Esta avaliação torna-se muito relevante quando sabemos que na maior parte dos Municípios a medida implementada a seguir a um incêndio é a imposição da demolição total do edifício.

O edifício em causa encontra-se devoluto, localiza-se numa das artérias principais da cidade de Ílhavo (Rua Arcebispo Bilhano) e foi construído em 1891 (Fig. 3), por um Ilhavense que regressou do Brasil. Este edifício faz o fecho da banda de edifícios, tendo três fachadas expostas já que é contornado por uma viela. Assim, é constituído por dois pisos mais o sótão, sendo o rés-do-chão destinado a comércio e áreas secundárias, para além dos acessos à parte habitacional que se localiza no primeiro andar. O primeiro andar apresenta duas habitações com entradas independentes a partir dos arruamentos principais e entradas de serviço a partir da viela, no tardoz do edifício, onde se encontra murado um pequeno espaço de logradouro. As duas habitações encontram-se completamente separadas por uma parede longitudinal de adobe. Este aspeto acabou por ser decisivo na diminuição considerável de danos provocados pelo incêndio. Já que este apenas atingiu metade de todo o edifício, ficando a outra habitação praticamente intacta, sendo apenas atingida ao nível da cobertura na zona de transição entre as frações. O lado que sofreu o incêndio ficou com a estrutura de vigas de madeira dos pisos praticamente toda carbonizada, atingindo igualmente a estrutura de madeira de cobertura, ficando apenas a parte da frente do espaço comercial sem colapso da estrutura do piso.

Os ensaios *in situ* foram realizados em paredes interiores em adobe, na fração atingida pelo incêndio (Fig. 4). O edifício é constituído por paredes exteriores de alvenaria ordinária com pedra de Eirol e alguns elementos cerâmicos, possuindo uma espessura total ao nível do rés-do-chão de 0.75 m. A parede de fachada possui um varão metálico ao longo de toda a sua extensão de ligação da parede provavelmente à estrutura de piso do sótão. Ao contrário do que acontece noutros casos, este edifício possui paredes interiores de adobe com 0.80 m de espessura, ou seja sensivelmente maior que a da fachada principal. Essas

Fig. 3 – Edifício de 1891 no centro de Ílhavo que sofreu um incêndio.

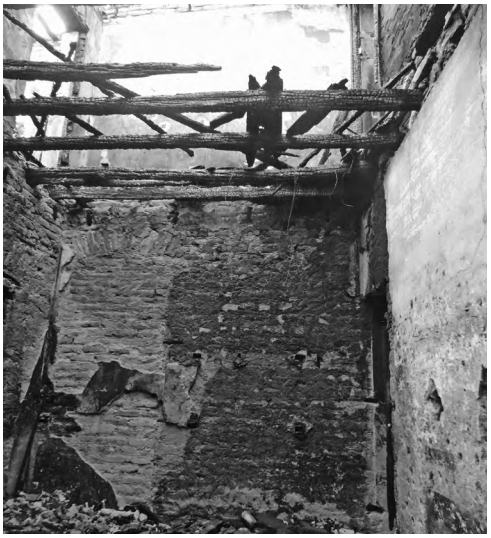


Fig. 4 – Vista de frente de uma das paredes ensaiadas de adobe, sujeita ao fogo.

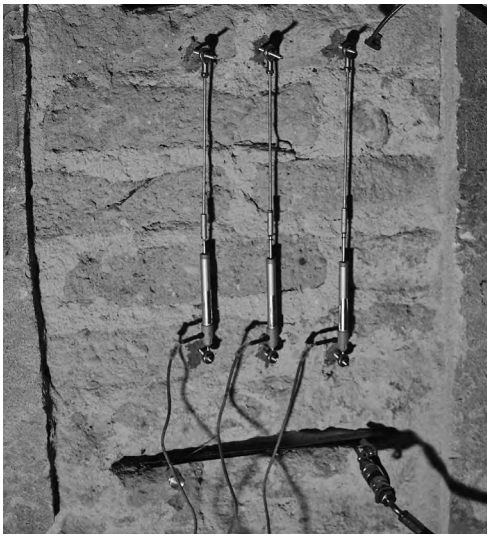
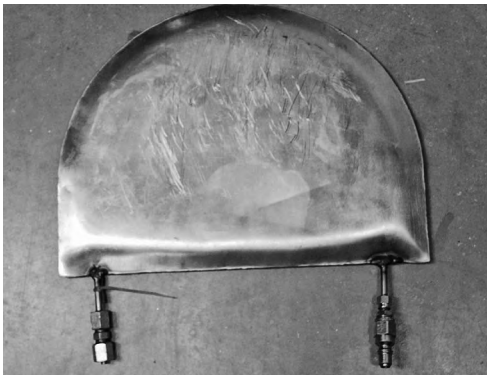


Fig. 5 – Setup de ensaios com macacos planos.

paredes de maior espessura encontram-se com uma orientação paralela à da fachada principal, existindo ainda a parede longitudinal divisória (perpendicular à fachada), que foi uma das paredes ensaiadas. A estrutura dos pavimentos e da cobertura é de madeira. Os ensaios de macacos planos ocorreram ao nível do rés-do-chão (Fig. 5), em três zonas distintas e em duas paredes: (i) numa parede interior de adobe em dois locais distintos, um diretamente exposto ao fogo e o outro, numa divisão contígua, mas que não esteve exposto diretamente ao fogo, e (ii) numa segunda parede que não esteve exposta ao fogo ao nível do rés-do-chão, mas que esteve parcialmente a nível do primeiro piso. Na parede que não esteve exposta ao fogo, foi realizado um ensaio simples, de forma a aferir o estado de tensão ao nível do ensaio e ensaios cíclicos nos três pontos referidos.



a)

b)

Fig. 6 – Macacos planos: a) macaco plano semi-circular, b) sistema de ensaio.

3.1 Ensaio in situ com macacos planos

O ensaio com macacos planos permite determinar o estado de tensão e as características de deformabilidade de paredes de alvenaria, solos ou outros elementos. Os ensaios podem ser de dois tipos: simples ou cíclicos (duplos). O ensaio simples permite determinar a tensão instalada na parede ensaiar, enquanto o ensaio cíclico permite avaliar a resistência à compressão, deformabilidade e o módulo de elasticidade (Vicente et al., 2009). Estes dois ensaios complementam-se sendo executados de forma sequencial. Os ensaios realizados foram executados de acordo com as especificações constantes na norma ASTM C1197 – 91 (ASTM, 1991).

Os macacos planos são almofadas metálicas de aço inox, ver Figura 6a, que permitem, através de um sistema transmissor de altas pressões por uma bomba com registo de pressão. Através da colocação de transdutores de deslocamento podem ser aferidas as deformações sofridas pela fração de alvenaria entre macacos planos.

O sistema de ensaio de macacos planos é composto por: (i) macacos planos, (ii) um conjunto hidráulico composto por uma bomba manual, um conjunto de mangueiras, um manómetro e um transdutor de pressões, (iii) transdutores de deslocamento e (iv) um sistema de aquisição de dados. Na Figura 6b é possível observar à esquerda o sistema de aquisição de dados e à direita o sistema hidráulico, na parede encontram-se inseridos os macacos planos e aplicados os transdutores de deslocamento (Vicente et al., 2014).

Na Figura 7 apresenta-se uma vista aérea da casa e na Figura 8 uma planta do rés do chão original com identificação dos locais onde foram realizados os ensaios. Assim foram realizados (i) um ensaio simples, na parede P1, (ii) três ensaios cíclicos nas paredes P1, P2 e P3.

Como se pode verificar pela Figura 8 a designação P2 e P3 corresponde à mesma parede mas identificaram-se as duas zonas da mesma parede com designações diferentes, até pelo fato de uma ter sido atingida pelo fogo (parede P2 e a outra não (parede P3).

A abertura dos rasgos para introdução dos macacos foi efetuada nas juntas ao nível das juntas de argamassa, de modo a preservar a integridade do adobe, conforme descrito na referência normativa ASTM C1197 – 91 (ASTM, 1991). O disco de corte utilizado possui o mesmo diâmetro dos macacos planos utilizados, 40 cm.

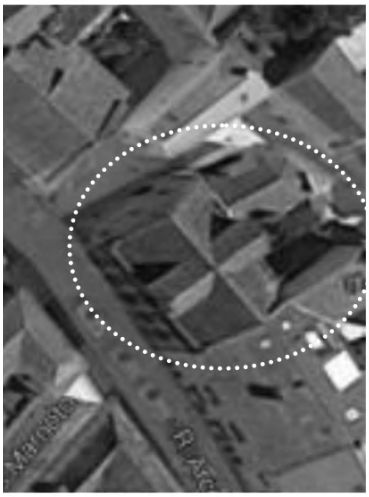


Fig. 7 – Vista aérea do edifício.

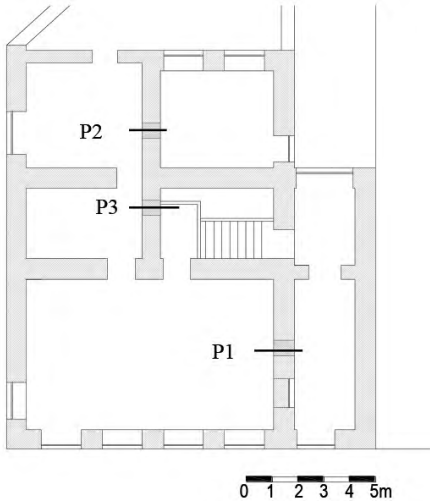


Fig. 8 – Esquema do rés-do-chão do edifício.

3.1.1 Ensaio simples

O registo efetuado pelos 3 transdutores utilizados é apresentado na Fig. 9. Para o cálculo da tensão instalada foi efetuado a média dos deslocamentos registados pelos três transdutores. O ponto de interceção da linha média com o eixo das abcissas representa o momento em que é reposto o deslocamento inicial e, por conseguinte, reposta a tensão de compressão original existente na parede. Pela análise do registo da Fig. 9, o estado de tensão instalado na parede estimado é de 50 KPa, valor próximo do estimado por cálculo.

3.1.2 Ensaio duplo

Foram realizados três ensaios cíclicos, nas paredes P1, P2 e P3. Na Fig. 10 apresenta-se o esquema do ensaio e na Fig. 11 o resultado dos ensaios cíclicos. Para cada ensaio foram realizados três ciclos de carga e descarga, com patamares de carga de 0,2 MPa aproximadamente.

Verifica-se um comportamento semelhante para os três ensaios. O ensaio na parede P1 atingiu um maior nível de tensão de compressão de 0,64 MPa. Este ensaio foi efetuado na parede que não esteve exposta ao incêndio e que suporta as cargas verticais dos pavimentos e cobertura que não foram consumidos pelo incêndio.

No ensaio na parede P2 o comportamento é em tudo semelhante ao ensaio na parede P3 (parede P2 - parede diretamente exposta ao incêndio; e parede P3 – troço de parede exposta, mas resguardada do fogo por se localizar num compartimento contiguo à zona mais exposta e consumida pelo incêndio). Na vertical do local do ensaio P2 não existem cargas transmitidas pelos pavimentos e cobertura, uma vez que nesta zona ocorreu o colapso destes elementos estruturais e destacamento do reboco da parede. Neste ensaio, ver Figura 11, registou-se a menor tensão de compressão máxima dos três ensaios, com o valor de 0,55 MPa.

No ensaio na parede P3 esta atingiu uma capacidade de carga máxima, para uma tensão de

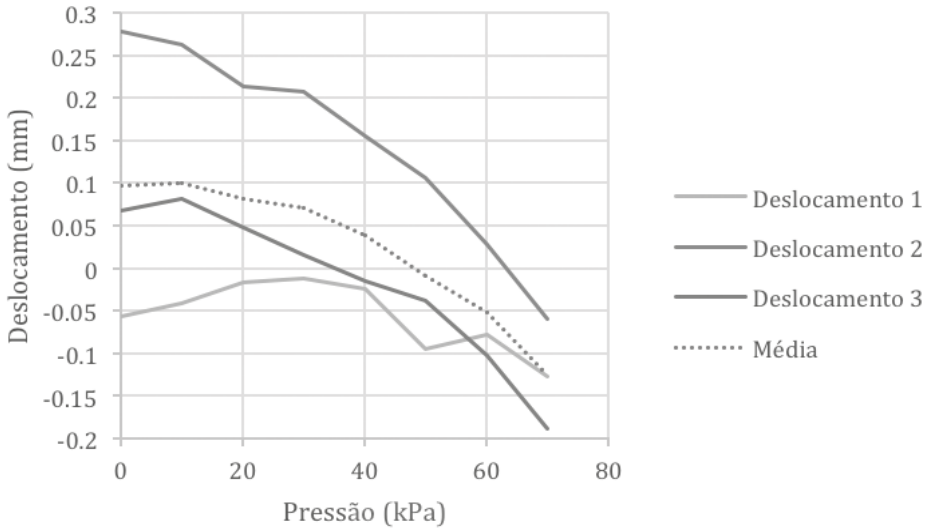
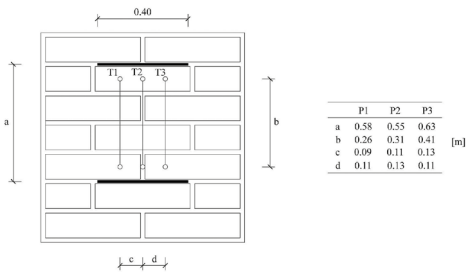


Fig. 9 – Resultados do ensaio simples: Evolução dos deslocamentos relativos em cada alinhamento e valor inicial estimado na obtenção da tensão instalada.

compressão máxima de 0,62 MPa. Na vertical a este local de ensaio é transmitida carga pelos pavimentos superiores à parede.

Na Fig. 1 - Desenho da fachada principal de um edifício do Porto (1884) apresenta-se um resumo das tensões máximas atingidas e deformações médias máximas sofridas pelas paredes para cada ciclo de carga e para cada ponto de ensaio considerado.



	P1	P2	P3	
a	0.58	0.55	0.63	[m]
b	0.26	0.31	0.41	
c	0.09	0.11	0.13	
d	0.11	0.13	0.11	

Fig. 10 – Ensaios cíclicos - esquema de ensaio.

Da análise da Fig. 1 - Desenho da fachada principal de um edifício do Porto (1884) verifica-se uma baixa dispersão de valores para a tensão máxima, $\sigma_{max}\sigma_{max}$, para cada ciclo de carga. Comparativamente, os resultados obtidos para a extensão máxima média, $\varepsilon_{max,med}\varepsilon_{max,med}$, apresentam uma dispersão mais elevada, com os ensaios P2 e P3 a apresentarem maiores valores de extensão máxima para os 1º e 2º ciclos de carga. Para o 3º ciclo os valores de extensão máxima média são muito semelhantes. Esta variabilidade pode ser explicada pela natureza muito heterogénea dos adobes, forma de aparelho e o teor de humidade que têm influência nos resultados. A existência de reboco confere algum confinamento na zona envolvente ao ensaio o que pode explicar maiores níveis de tensões e menores valores de extensão. Na parede onde foi executado o ensaio

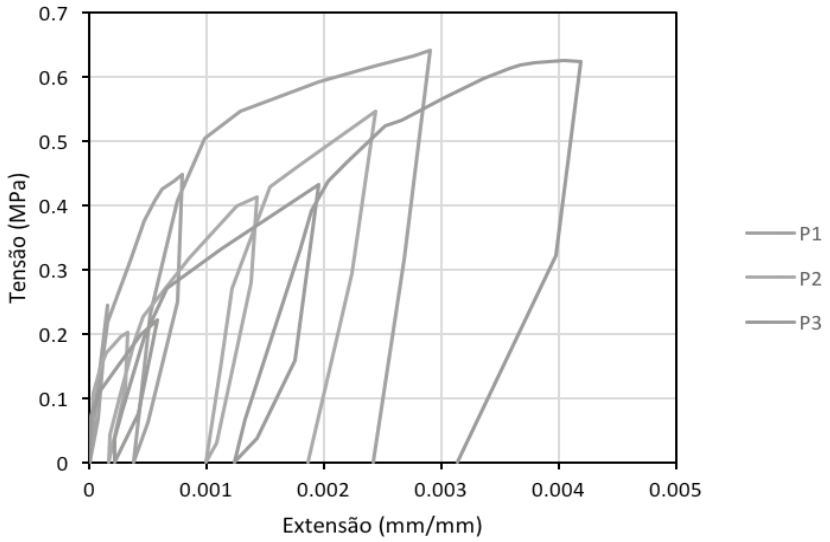


Fig. 11 – Resultados gráficos dos ensaios cíclicos: comparação entre as paredes P1, P2 e P3.

P1, existe reboco de cimento pelo exterior com 2 a 3 cm de espessura e um reboco de cal, também com 2 a 3 cm de espessura, entre o adobe e o reboco exterior de cimento. No local do ensaio P2 o reboco caiu com a ação do fogo enquanto que no ensaio P3 existe reboco em apenas algumas zonas da parede e com uma espessura reduzida, 1 a 2 cm.

Os três locais de ensaio apresentam comportamento semelhante relativamente ao comportamento para o ensaio cíclico. Os registos de tensão-extensão dos ensaios P1 e P3 apresentam uma tensão máxima atingida muito semelhante, enquanto o ensaio P2 apresenta uma tensão máxima 15% inferior relativamente à média da tensão máxima dos ensaios P1 e P3.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo sobre as alvenarias usadas nas casas grandes construídas por Portugueses que regressaram do Brasil no final do século XIX ou inícios de XX conclui que as preocupações sobre a durabilidade da construção e a segurança estrutural eram questões importantes no momento de projetar e construir. Assim, verifica-se um cuidado com a escolha dos materiais, referindo por vezes especificamente o seu local de produção ou extração (exemplo cal, pedra, madeira), com preocupações sobre a configuração e disposição na construção desde as fundações, de forma a melhorar a sua coesão e assim aumentar a sua durabilidade.

No caso específico do edifício sujeito ao fogo, com os ensaios realizados com os macacos planos comprovou-se que o comportamento das paredes de adobe é pouco afetado pela ação do fogo e que as paredes de alvenaria de adobe têm capacidade de carga, desde que devidamente consolidadas e garantidos os elementos de distribuição da força vertical (preparação dos topos da paredes). Chama-se à atenção que esta hipótese é aceitável se

	1º Ciclo		2º Ciclo		3º Ciclo	
	σ_{max} (MPa)	$\varepsilon_{max,med}$ (mm/mm)	σ_{max} (MPa)	$\varepsilon_{max,med}$ (mm/mm)	σ_{max} (MPa)	$\varepsilon_{max,med}$ (mm/mm)
Ensaio P1	0.24	0.00015	0.45	0.00079	0.64	0.0029
Ensaio P2	0.20	0.00032	0.41	0.00143	0.55	0.0024
Ensaio P3	0.22	0.00058	0.43	0.00196	0.62	0.0040
Valor Médio	0.22	0.00035	0.43	0.00139	0.60	0.0031
Desvio padrão	0.021	0.000	0.018	0.001	0.051	0.001
COV (%)	9%	61%	4%	42%	8%	26%

Tabela 1 – Tensão e extensão máxima para cada ciclo de carregamento

as paredes forem consideradas sãs, apresentando um grau de conservação aceitável, constituição e aparelho bom e que não sofram de problemas de desagregação, de teor de humidade elevado ou de outros problemas. Esta campanha de ensaios revelou que existem muitas paredes de alvenaria de adobe em boas condições e com capacidade resistente para as ações verticais, e forneceu informação acerca das suas características resistentes, podendo indicar valores de referência para utilização em ações de verificação da segurança sobre construções semelhantes.

O estudo conclui finalmente que a boa qualidade construtiva que a quase totalidade destes edifícios dos que regressam do Brasil no final do século XIX apresentam, justificam uma maior atenção a este edificado e a implementação de medidas de proteção em detrimento das demolições.

AGRADECIMENTOS

Alice Tavares agradece à Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) o financiamento do seu trabalho no âmbito da bolsa de investigação de Pós-doutoramento SFRH/BPD/113053/2015.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTM (1991). In-situ measurement of masonry deformability properties using the flatjack method, ASTM Standard C 1197-91.

Costa A., Almeida C., Silveira D., Tavares A., Arêde A. & Varum H. 2013 The importance of knowledge on the vernacular heritage preservation. Proceedings da conferência CIAV 2013|7º ATP| Versus, Conference on Vernacular Heritage and Earthen Architecture, 16 a 20 de Outubro de 2013, Escola Superior Gallaecia, Vila Nova de Cerveira, Portugal Balkema/Taylor &Francis

Rodrigues, M. F. 2010. A construção civil em Avei-

ro 1860-1930. Notas para a sua compreensão histórica. Actas do Colóquio *A Indústria Portuense em perspectiva histórica*. Jorge Fernandes Alves (coord.). CLC-Faculdade de Letras da Universidade do Porto, Porto, Portugal.

Tavares, A.; Costa, A.G.; Varum, H.2012. Common pathologies in composite adobe and reinforced concrete constructions - ASCE's Journal of Performance of Constructed Facilities, American Society of Civil Engineers, 26(4), 389–401. doi: 10.1061/(ASCE) CF.1943-5509.0000200; ISSN (print): 0887-3828.

Tavares A., Costa A. & Varum, H. 2013. Timber roof structures of centenary earthen buildings. Case studies. Proceedings da conferência CIAV 2013|7º ATP| Versus, Conference on Vernacular Heritage and Earthen Architecture, 16 a 20 de Outubro de 2013, Escola Superior Gallaecia, Vila Nova de Cerveira, Portugal Balkema/Taylor &Francis.

Tavares, A., Costa, A., Varum, H. 2013a. Análise de estratégias para Implementação da reabilitação Urbana e Salvaguarda do Património Vernacular. Congresso Internacional de Habitação no Espaço Lusófono. 2ª CHIEL. 13-15 de Março 2013, LNEC, Lisboa, Portugal.

Tavares A., D'Ayala D., Costa A. & Varum, H. 2014. Capítulo 2 Construction Systems do livro "Structural Rehabilitation of old Buildings", Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Série "Buildings Pathology and Rehabilitation". Volume 2, 2014. DOI 10.1007/978-3-642-39686-1.

Tavares, A., 2015. Estratégias de Reabilitação Integrada do património Edificado. Tese de Doutoramento em Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Portugal.

Vicente, R.; Mendes da Silva, J.A.R.; Varum, H.; Rodrigues, H.; Júlio, E. (2009) - Caracterização Mecânica de Paredes de Alvenaria em Construções Antigas - Ensaios com Macacos Planos - Revista Internacional Construlink, RIC, Estruturas e Construção, ISSN 1645-5576, Vol. 7, N. 19, pp. 57-69.

Vicente, R.; Ferreira, T.M.; Mendes da Silva, J.A.R.; Varum, H. (2014) - In situ flat-jack testing of traditional masonry walls: Case study of the Old City Centre of Coimbra, Portugal - International Journal of Architectural Heritage, Taylor & Francis, DOI: 10.1080/15583058.2013.855840.

Madeiras de Construção do Período Colonial na Bahia
Uso, Exploração, Venda, Destinação e Identificação das Espécies

Cerqueira, Karina Matos de Araújo Fadigas[(1)]*; Oliveira, Mário Mendonça de[(2)]*
[(1)]karina.fadigas@gmail.com, [(2)]mmo1936@gmail.com
**Universidade Federal da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo*

RESUMO

Como material de construção a madeira sempre teve grande contribuição. Seus usos foram os mais diversos, podendo ser encontrado na construção de edificações, fazendo parte de elementos em alvenarias, fundações, estruturas, pavimentações, esquadrias e mobiliário. Além disso, em madeira, foram construídas obras viárias, como pontes, artefatos bélicos, como carretas de canhão e pontes levadiças de fortalezas e, intensamente, na construção de embarcações mercantis e de guerra, especialmente, durante a expansão da civilização europeia. A sua intensa extração tornou o material escasso em várias regiões, o que permite entender os motivos pelos quais as madeiras brasileiras foram tão exploradas por europeus durante os séculos XVI ao XIX, período em que o Brasil foi colônia de Portugal, culminando na devastação das suas matas nos tempos atuais.

O interesse de Portugal, e de outros países europeus pelas madeiras brasileiras, em especial aquelas da Mata Atlântica, foi bastante abordado por cronistas daquele período. Existe, também, vasta documentação nos arquivos brasileiros e portugueses, datadas dos séculos XVII e XVIII, sejam eles Cartas Régias, ofícios, decretos, alvarás, regimentos e portarias, através da qual se verificou o destino dado às madeiras extraídas nas florestas baianas e a preocupação do Reino português com a conservação das matas, no fim do século XVIII. O estudo destes manuscritos ajudou a entender a aplicação da madeira na construção naval e civil no Período Colonial, o seu uso, exploração, venda e destinação das espécies mais usadas nas construções, em especial, do Patrimônio Cultural baiano.

A aplicação das madeiras na Bahia foi corroborada com a identificação botânica das espécies utilizadas nas edificações construídas no período em estudo. Com isso, pôde-se confirmar a existência das espécies descritas nos documentos de envio em navios portugueses, intensificado após o terremoto de 1755, que arrasou a cidade de Lisboa. As madeiras retiradas na Bahia, contribuíram para a reconstrução das edificações desta cidade, como exemplo o Paço Real, e para o Arsenal da Marinha. Como resultado, obteve-se as espécies mais utilizadas nas construções baianas, bem como o conhecimento de suas características, sendo importante para os restauradores/conservadores, do Brasil e de Portugal, para que se proceda, da melhor forma possível, as intervenções restaurativas.

Palavras-chave: madeiras; madeiras no Período Colonial; madeiras na Bahia; identificação botânica das madeiras.

1. A MADEIRA NO PERÍODO COLONIAL NA BAHIA

Desde os tempos mais remotos a madeira vem sendo utilizada como material para a confecção de utensílios domésticos, instrumentos de caça e pesca, armas, abrigos e para a obtenção de energia. Mais tarde, com o aprimoramento das técnicas, passou-se a utilizá-la na navegação, na construção de estradas, pontes e edificações diversas. Seu emprego, no entanto, diferenciou-se nas diversas civilizações, não só pela cultura local, mas, também, pelas adversidades do clima e pelo próprio desenvolvimento tecnológico da humanidade.

O uso da madeira diferenciou-se entre as civilizações, quer pela sua existência, quer pelas necessidades como abrigo, ou por questões bélicas e mercantis. O fato é que, em muitas regiões da Europa e Ásia, a madeira de qualidade tornou-se escassa, especialmente, após a expansão mercantil em que a construção de embarcações consumiu grande parte das florestas.

No início do Período Renascentista europeu, século XV, aconteceram as expansões mercantis realizadas através das navegações, em busca das especiarias orientais, o que teve como consequência a descoberta e colonização de novos territórios como o Continente Americano, dividido entre portugueses e espanhóis.

Na América portuguesa, mais precisamente no Brasil, existiam inúmeras populações indígenas que viviam de forma rudimentar, habitando em cabanas de madeira cobertas com palha e cercada por estacadas. Com os portugueses, a Arquitetura no Período Colonial no Brasil implantou-se segundo os estilos Renascentista, Barroco e Rococó. No litoral, a densa Mata Atlântica fornecia grande variedade de espécies de madeira que foram muito usadas desde as primitivas construções, até aquelas refeitas com materiais mais duráveis, como a pedra e o tijolo. Nestes casos, a madeira passou a ser usada nas esquadrias, estruturas de coberturas, pavimentos, forros, algumas estruturas de piso e de forro e em elementos decorativos.

O Brasil representava uma posição estratégica para reabastecimento e manutenção das embarcações, antes de seguir a viagem até o Oriente, possuindo grande importância para os viajantes. Durante as paradas, os navegadores informavam, não só ao Reino português, mas, também, a outros países europeus, a existência de densas florestas, com diversificados espécimes vegetais, de grande qualidade, propiciadas pelo clima tropical. Uma das mais importantes descobertas foi a existência do pau-brasil, madeira que produzia a tinta vermelha, bastante cobiçada pelas nações. A partir daí, o Brasil passou a ser alvo de corsários e disputas.

Apesar da grande importância que a exploração do pau-brasil trouxe para a historiografia, não foi, no entanto, o único material lenhoso a se destacar. O clima tropical das terras brasileiras trouxe a diversidade, a abundância e a grande qualidade das espécies de madeira, contribuindo, significativamente, para a construção das edificações do Período Colonial, até a chegada das construções em ferro, provenientes da Europa no fim do Século XIX, e do concreto armado a partir do século XX. Além disso, Portugal beneficiou-se deste material para comercialização e para construção de embarcações e de suas edificações e mobiliário.

2. A FERTILIDADE DAS TERRAS BRASILEIRAS: A DOCUMENTAÇÃO EXISTENTE SOBRE O TEMA E OS CRONISTAS QUE DELA FALARAM

O Capitão Pedro Álvares Cabral chegou ao Brasil com a ajuda dos roteiros de viagem do navegador Vasco da Gama, que levou, para Portugal, as notícias da existência de terras afastadas da costa africana. Junto à sua armada, viajava o escrivão Pero Vaz de Caminha, que tinha a função de informar ao Reino português os acontecimentos e o carregamento dos navios. Foi ele o primeiro cronista a relatar a fertilidade das terras brasilei-

ras, especialmente a vegetação arbórea, em carta enviada ao Rei D. Manoel, datada de 1º de Maio de 1500.Trechos desta carta dão ênfase à quantidade de árvores encontradas:

> *Ali ficamos um pedaço, bebendo e folgando, ao longo dela, entre esse arvoredo, que é tanto, tamanho, tão basto e de tantas prumagens, que homens as não podem contar. Há entre ele muitas palmas, de que colhemos muitos e bons palmitos*[1].

Um ano mais tarde, os reis portugueses descobrem que o Brasil não era só atrativo pela sua conveniência para a navegação à Índia, já que serviria para a reparação de navios. Em suas viagens, o navegador Américo Vespúcio informa à Coroa, que haviam grandes e *inumeráveis gêneros de árvores* (Abreu, O descobrimento...1999, p. 162), além da madeira de *tinturaria* (pau-brasil). A partir de 1502/1503, a Coroa arrenda terras para grupos de mercadores que, além da exploração do pau-brasil, tinham como missão construir uma feitoria fortificada e a descoberta de novas terras para explorar (Johnson; Silva, 1992; Vianna, 1977).

A abundância em madeiras, o pau-brasil e a notícia do enriquecimento obtido por comerciantes portugueses, que exploravam as terras brasileiras, atraíram inúmeros contrabandistas nos primeiros cinquenta anos após a chegada dos portugueses em 1500. Entre eles estavam franceses, ingleses e holandeses. Com isso, durante todo o Período Colonial, eram numerosos os ataques de corsários que saqueavam as capitanias da Bahia, Paraíba, Pernambuco, São Vicente, Ilhéus, Rio Grande e Rio de Janeiro em busca de madeira e do açúcar.

Por este motivo, expedições de defesa, exploração, posse de terras e povoamento foram enviadas pelo Reino até que, em 1540, D. João III decide pela instalação do sistema de Capitanias Hereditárias que, além de obter as mesmas funções das expedições deveria ser responsável pelas despesas de colonização.

Ao longo do tempo, algumas capitanias prosperaram com o cultivo da cana-de-açúcar e com a doação de terras através de sesmarias, o que auxiliou na colonização através da fixação de portugueses em povoados, vilas e núcleos populacionais. Outros declinaram, na maioria das vezes pela errônea política de seus donatários, mas, especialmente, pelos constantes conflitos com os índios (Johnson; Silva, 1992). A Capitania da Bahia, comandada por Francisco Pereira Coutinho, não teve bom êxito e o donatário sucumbiu aos ataques indígenas.

A ruína de muitos donatários e o temor no estabelecimento definitivo dos corsários fez com que a Coroa portuguesa, através de uma Carta Régia, criasse o Governo Geral que, assim como as expedições e as capitanias, tinha o objetivo de povoar e fortificar o Brasil.

A Cidade de Salvador, cercada por muros fortificados de taipa de pilão, inicialmente governada por Tomé de Souza, foi criada e escolhida para ser a sede da política, dos negócios da fazenda real e da justiça do Governo Geral. A Capitania da Bahia foi, então, considerada o melhor local para auxiliar os outros núcleos portugueses instalados no restante do Brasil.

Na construção da nova cidade, as madeiras brasileiras tiveram grande importância, pois foram utilizadas em residências, edifícios públicos e fortalezas. Continuaram, contudo, intensamente exploradas e enviadas para diversas nações, durante muitos séculos, devido ao seu grande valor comercial, já que podiam ser utilizadas na tinturaria, nas construções naval e civil.

São inúmeros os documentos existentes nos arquivos sobre as espécies de madeira brasileiras e a sua intensa exploração, sendo retratada, também, por vários cronistas. Pesquisas mostram que o conhecimento das terras da Colônia portuguesa

[1] *A carta de Pero Vaz de Caminha utilizada neste trabalho foi publicada pelo Ministério da Cultura / Fundação Biblioteca Nacional / Departamento Nacional do Livro.*

trouxe a descoberta das outras espécies e, consequentemente, a sua exportação para o Reino para serem utilizadas, como foi destacado, na construção de edifícios e embarcações. Existem diversas listas com os carregamentos de madeira enviadas em naus para Lisboa, que constam nos documentos do Arquivo Histórico Ultramarino de Lisboa (AHU) e nos Documentos Históricos da Biblioteca Nacional. Estes documentos informam, também, as sanções aplicadas àqueles que extraíssem madeira sem licença, a compra de escravos, o pagamento de pessoal para extração, dentre eles, carpinteiros, além das reclamações de padres e donos de engenhos contra o corte de madeiras em suas terras.

Os códices revelam, ainda, o controle que Portugal tinha sobre a extração das madeiras brasileiras nomeando, inclusive, pessoas responsáveis pelo corte e envio. Há, também, pedidos de madeiras para construções ou reformas como, por exemplo, do assoalhamento de madeira da casa da Alfândega, pois como [...] declarão os S^{os} Mestres [Pedreyros e Carpinteyros] ser o asoalhado de madr.^{a} prejudicialissimo [...][2] ou do madeiramento do telhado da Sé de Salvador, que se achava estragada, ou das madeiras usadas nas obras do Real Paço de Lisboa[3] e na construção do quartel do Forte de São Pedro. Há informações sobre como proceder ao corte das madeiras (o período e os cortes em forma de pranchões ou tabuados), listagem das embarcações que exportariam para Lisboa as peças, o armazenamento das peças pedidas pelo Reino na Ribeira das Naus e a relação das madeiras exportadas com suas respectivas dimensões, características e destino. Há, também, informações sobre o difícil transporte nas embarcações, os problemas que Portugal tinha com os contrabandistas e, já no século XVIII, as proibições quanto ao corte de madeiras e a proteção das matas.

Além da documentação, a diversidade de espécies vegetais foi relatada por cronistas dos séculos XVI, XVII e XVIII. O primeiro e mais famoso documento sobre o Brasil foi a carta do escrivão Pero Vaz de Caminha, de 1500, já citada, que informa ao Rei D. Manuel a abundância de madeiras existentes na costa do descobrimento. Cerca de setenta anos depois da carta de Caminha, Gandavo (2008, p. 96), no *História da Província de Santa Cruz, a que vulgarmente chamamos Brasil*, diz que esta província está *vestida de muito alto e espesso arvoredo*. Diz, também, que a aprazível temperatura fazia com que a vegetação permanecesse verde, ao contrário do clima da Europa, cujo frio do inverno danificava as suas plantas. Outro manuscrito da sua autoria foi o *Tratado da Terra do Brasil*, ambos escritos entre 1570 e 1576. A intenção do autor foi relatar, em breves palavras, a fertilidade e a abundância da terra do Brasil.

Outros grandes conhecedores das terras brasileiras foram os padres jesuítas, dentre eles Fernão Cardim (1540? a 1625), que foi reitor do Colégio da Bahia e escreveu três tratados, cujos títulos reúnem as intenções do autor: *Do clima e terra do Brasil*, *Do princípio e origem dos índios do Brasil* e *Narrativa epistolar*, ou *Informação da missão do padre Christovão de Gouvêa às partes do Brasil* (cartas escritas de 1583 a 1590), reunidos na publicação Tratados da Terra e Gente do Brasil. O cronista documentou as notáveis *grossura e comprimento das árvores do Brasil, de que se fazem mui grandes canôas, de largura de 7, e 8 palmos de vão, e de comprimento de cincoenta e mais palmos, que carregão como huma grande barca, e levão 20 e 30 remeiros* (Cardim, 1980, p. 40). Traz, também, referências sobre a qualidade de madeiras ao dizer

[2] *AHU_ACL_CU_005, Cx. 18, D. 1605. Carta do Vice-rei e Capitão-general do Brasil, Conde de Sabugosa, Vasco Fernández César de Menezes ao [governador do Rio de Janeiro] Aires de Saldaña de Albuquerque informando que a dilação das charruas das madeiras na saída do Morro são a causa do atraso da frota.*

[3] *AHU – Catálogo de Castro e Almeida. Bahia. Caixa 26, Doc. 4921-4922. Relações (2) das madeiras carregadas na náu N. S.^{a} do Monte do Carmo e destinadas ás obras do Paço Real de Lisboa e á construção das náus da Ribeira da mesma cidade. Bahia, 10 e 12 de Abril de 1760. (Annexo ao n. 4920).*

que eram incorruptíveis e de cheiro, além do que eram mercadorias de alto preço.

Em 1687, outro padre, o Frei Vicente do Salvador, escreve a primeira *História do Brasil*, desde o descobrimento, passando por informações sobre as capitanias e dizia existir muitas madeiras fortes e de diversas cores, que podiam ser usadas em casas, fortalezas e embarcações. Em 1711, André João Antonil (anagrama do jesuíta João Antônio Andreoni) escreve o *Cultura e Opulência do Brasil por suas Drogas e Minas*, dizia *não haver outra parte do mundo tão rica de paus seletos e fortes, não se admitindo nesta fábrica pau que não seja de lei, porque a experiência tem mostrado ser assim necessário*[4]. Em seguida, cita diversas madeiras de Lei, que são *paus mais sólidos, de maior dura e mais aptos para serem lavrados*[5], usadas para a construção de um engenho de açúcar, com suas respectivas peças, além do uso na construção civil para fazer vergas, vigas e estruturas de madeira.

Uma das descrições mais importantes sobre as madeiras do Brasil encontra-se no Notícia do Brasil ou Tratado Descritivo do Brasil, de 1587, de Gabriel Soares de Sousa, que declarou ter como pretensão *manifestar a grandeza, fertilidade e outras grandes partes que tem a Bahia de Todos os Santos e o demais Estado do Brasil, do que se os reis passados tanto se descuidaram*[6]. Isso é, realmente, feito pelo autor, que ainda diz ter a costa brasileira *mais quantidades de madeira que nenhuma parte do mundo*[7]. Ele trouxe, ainda, interessantes referências, mostrando o nome das madeiras e incluindo, em alguns casos, sua designação indígena, indicando as suas principais características, os seus usos e dimensões. Dizia ainda existir grande variedade de espécies como, por exemplo, o vinhático [*Plathymenia foliolosa Benth*] da qual se conhece o vinhático-amarelo e o vinhático-castanho, dentre outros.

Este cronista é quem primeiro dá uma extensa lista, com descrição, das madeiras usadas na construção de casas e de engenhos, fazendo, também, uma divisão deste material de acordo com suas qualidades. Assim, para a exportação, as madeiras ditas *Reais*, ou de *Lei*, foram as preferidas em relação àquelas classificadas como *Meãs* (Oliveira, 2003), embora existissem as que não se classificavam como, por exemplo, o piquiá [pequiá; *Aspidosperma* spp], cuja madeira é amarela e boa de lavrar. Um exemplo do que existe em seu texto é indicado na tabela abaixo:

[4] *ANTONIL, João André. Cultura e opulência do Brasil por suas drogas e minas. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2007, p. 131.*

[5] *Ibid., p. 131.*

[6] *SOUSA, Gabriel Soares de. Notícia do Brasil. Comentários e notas de Vanhargen, Pirajá da Silva e Edelweiss. São Paulo: Brasiliensia Documenta, v. VII, 1974. p. 5.*

[7] *Ibid., p. 5.*

Tabela 1

Tipos de madeiras encontradas na Bahia no Período Colonial segundo Gabriel Soares de Sousa		
Madeiras *Reais* ou de *Lei*		
Nome popular	**Nome dado pelos índios**	**Características gerais**
Vinhático	*Sabigejuba*	Madeira amarela e incorruptível, encontrada em terra boa e afastada do mar; doce de lavrar e usada em rodas e outras obras dos engenhos, além de casas e obras primas.
Cedro	*Acajacatinga*	incorruptível e branda ao lavrar. Faz-se tabuados, forros de casas e barcos.
Pequi		Madeira de cor parda, muito pesada e dura sem apodrecer.
	Jutaipeba	Madeira vermelha, que nunca apodrece, pesada e muito dura de lavrar.
Sapucaia		Madeira vermelha, que nunca apodrece, dura e muito pesada.
Maçaranduba		Madeira *cor de carne de presunto*. Muito pesada, tão dura de lavrar que não há ferramenta que lhe baste.
Angelim	*Andurababapari*	Madeira leve e *honestacor*.Boa de lavrar.
Sucupira		Madeira parda, muito rija e tão *liada* que nunca fende. Nunca apodrece. Muito pesada.
Madeiras *Meãs*		
Nome popular	**Nome dado pelos índios**	**Características gerais**
Camaçari		Cor vermelha; Boa de lavrar e melhor de serrar; Serve para toda a obra das casas, faz-se muito tabuado para elas e para os navios, além de mastros.
Embiroçu		Madeira mole, usada para o fogo e estopa para calafetar navios.
Pau-ferro	*Ubiraetá*	Muito dura, pardaça e incorruptível; *trabalhosas de cortar; faz-se e*steios para engenhos.
Jacarandá		Madeira preta e muito dura; muito pesada e incorruptível; *muito bom cheiro;* dá nas campinas, em terras fracas; *boa de lavrar para obras primas*.
	Ubirarema	Significado: "madeira que fede muito". Cheiro muito ruim ao lavrar; a madeira por fora é almacegada e o âmago muito preto; encontrada nos matos; faz-se obras de casas.
	Cipós	Trepam nas árvores; cheiro ruim usado para atar madeiras das casas, cordas e cestos.

Observa-se, portanto, que os cronistas conheciam a qualidade e a utilidade das diversas espécies de madeira. Concordavam, por exemplo, que a maçaranduba [*Manilkara longifolia (A. DC.) Dub*] era a espécie que melhor se empregava em estruturas de coberturas, outras, como o vinhático [*Plathymenia foliolosa Benth*] e o putumuju [*Centrolobium microchaete (Mart. ex Benth.) Lima*] eram usadas em peças de embarcações e engenhos de açúcar. Este conhecimento era, porém, empírico, pois, somente no século XVIII, foram feitos os primeiros ensaios de resistência.

O uso da madeira no Período Colonial na Bahia: as primitivas construções

Os diversos cronistas descreveram como viviam os índios, os primeiros habitantes das terras brasileiras, relatando como usavam a madeira em suas habitações, cercas e instrumentais. Ao modo dos índios foram construídas as primeiras edificações portuguesas, as chamadas feitorias, que eram usadas para abrigo e armazenamento das madeiras cortadas. Eram feitas em madeira e barro, cercadas de estacadas como fortificação, assim como o fez o donatário da Capitania da Bahia, Francisco Pereira Coutinho como aponta Theodoro Sampaio (1949, p. 162). Com o tempo, os novos moradores construíram suas casas com pedra e cal.

Em diversas capitanias, desenvolveram-se engenhos de açúcar, resultante da doação de terras por sesmarias com a finalidade de colonização. Os engenhos foram descritos pelos cronistas e muito utilizaram a madeira na construção das edificações e nos trabalhos com a cana. Muitas matas do Recôncavo baiano foram devastadas devido à extração desenfreada para o gasto com a lenha necessária à produção do açucar.

A preservação das matas com intuito de fornecer lenha para os engenhos foi o principal motivo que fez com que o Reino, no século XVII, proibisse as queimadas e a construção de novos engenhos. Observa-se, ainda, que nem mesmo era possível instalarem-se próximos uns dos outros. Estas ordens eram repetidas em todos os regimentos de cada governador (Silva, 2010), embora tenham sido muitos os pedidos de donos de engenhos para que não se retirasse madeira de suas terras.

O uso da madeira no Período Colonial na Bahia: edificações da recém fundada Cidade de Salvador

Com o fim do donatário Francisco Pereira Coutinho, o Rei D. João III manda edificar a Cidade do Salvador, em 1549, para ser capital do Brasil e estabelecer aí o Governo-Geral. Em companhia de Tomé de Souza, fidalgo do Reino e primeiro governador, veio Luís Dias, encarregado das obras de construção da nova cidade.

No "Regimento" do Governador-geral, documento dado pelo Rei para organização administrativa da cidade, estava previsto tudo o que fosse necessário à boa ordem, bem como, a ordem de fazer uma fortaleza e povoação grande e forte em lugar conveniente[8].

O local escolhido pelo Governador para a construção da cidade-fortaleza, que possuía bom porto e rios para abastecer a povoação com água, cujas traças e amostras foram trazidas do Reino (Carneiro, 1978, p. 60), foi um sítio em frente ao porto, que servia para ancoradouro e que tinha água em abundância. A construção da cidade-fortaleza e das edificações públicas, foi informada, por Luís Dias, através de cartas enviadas ao seu superior hierárquico, Miguel de Arruda, Mestre das Obras de Muros e Fortificações do Reino de Portugal. Na primeira carta, datada de 13 de julho de 1551, Luís Dias indica a existência da Cidade Alta e da Ribeira, esta *quam mais baixa... que ho asemto da çidade*. Em seguida fala das casas que foram e que podem ser construídas nas ladeiras e na Ribeira,

[8] *Regimento do Governador e Capitão General Tomé de Souza dado em Almeirim, Portugal, a 17 de dezembro de 1548: "constituição prévia" do estado do Brasil. 2. ed. Salvador: Fundação Gregório de Mattos, 1998, p. 13.*

cuja amostra foi enviada ao Reino, e da qualidade da madeira de mangue[9].

Luís Dias informa, ainda, o estado em que se encontravam os muros da cidade, construídos em taipa de pilão, que acabando-se de serem feitos, já estavam desabando devido a um forte temporal e por serem altos demais para serem em taipa sem cal. De acordo com Gabriel Soares, ao final do século XVI, não havia *memória de onde estiveram* (Sousa, 1974, p. 65), devido à falta de manutenção e ao avanço da cidade para além deles.

Todas as edificações, fossem elas públicas, religiosas, militares ou civis, foram construídas, inicialmente, de forma rudimentar, com madeira, palma e barro, com intuito provisório. Aos poucos chegavam matérias-primas mais resistentes do Reino, além de passarem a ser produzidas aqui, com a cal feita de ostras que vinha de Itaparica, a cerâmica e a pedra (Sampaio, 1949). Documentos manuscritos informam, por exemplo, que o colégio dos padres da Companhia de Jesus foi construído, a princípio, de taipa de mão e coberta de palha (Carneiro, 1978), foi reconstruída em pedra e cal. O Padre Fernão Cardim (1980), ao descrever o edifício dá importantes informações:

> *Os padres têm aqui collegio novo quasi acabado; é uma quadra formosa com boa capella, livraria, e alguns trinta cubiculos, os mais delles têm as janelas para o mar. O edificio é todo de pedra e cal de ostra, que é tão boa como a de pedra de Portugal. Os cubiculos são grandes, os portaes de pedra, as* ***portasd'angelim*** *[Hymenolobium spp],* ***forradas de cedro*** *[Cedrela spp] [...][10] [grifo da autora].*

Se a afirmação de Cardim é verdadeira, infelizmente não será possível saber, pois o edifício do Colégio dos Jesuítas foi incendiado em 1905.

Nos sistemas fortificados, a madeira era usada nas carretas de artilharia, portões e outras esquadrias, pontes levadiças, que eram destruídas caso a fortaleza fosse atacada, e nas coberturas. Empregou-se, também, no estaqueamento das fundações, para reforço da base de plataformas de artilharia e na faxina (Oliveira, 2004):

> *V.Mag.de (Deus o gr.de) foy servido emcarregarme faça remeter a ordem do Provedor da Fazenda do Reino de Angolla mil .....* ***de madeiras e tabões por*** *.....* ***a propozito para reparos da art.a*** *[grifo da autora].*
>
> *Em hum navio, que para aquelle Reino partio em 4 de dez.ro paçado remeti* ***madeiras bastantes para oito carretas****[grifo da autora], que ser pequeno não levou mais, em todos os que forem pera dito Reino hirei remetendo toda a que puderem levar the fazer a quantia, que VMag.de he servido mandar[11].*

Diversos exemplos de edifícios que utilizaram a madeira, como material de construção, são citados em documentos do Arquivo Histórico Ultramarino. Em 1732, por exemplo, o assoalho da Anfândega da Bahia, e um corredor dela, se encontravam arruinados e o Rei mandava que fosse refeito em madeira[12]. A opinião do Provedor da dita alfândega, no entanto, era contrária, pedindo-se que fosse feito em lagedo para que durassse mais, pois em madeira *em breve tempo se a aruinarão de forma q' carecerão de consertos*

[9] *BN (Biblioteca Nacional, Rio de Janeiro). Anais. Rio de Janeiro: Ministério da Educação e da Saúde (MES), v. LVII, 1939, p. 20 a 28.*

[10] *CARDIM, Fernão. Tratados da terra e gente do Brasil. Belo Horizonte: Ed. Itatiaia; São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 1980. p. 144.*

[11] *AHU – Catálogo de Luiza da Fonseca, Bahia. Caixa 11 Doc. 1637. Carta do provedor da fazenda do Brasil, Mateus Ferreira Vilas Boas para S. Magde, sobre a madeira que mandou para Angola para a artilharia. Bahia, 11 de Fevereiro de 1656.*

[12] *AHU_ACL_CU_005, Cx. 41, D. 3680. Carta do [provedor da Alfândega] Domingos da Costa de Almeida ao rei [D. João V] respondendo a ordem real que manda fazer o assoalhamento de madeira na casa da mesma Alfândega. Bahia, 22 de Janeiro de 1732.*

pella calidade da terra, alem de q' a despeza hade ser mto mayor fazendosse de madeira, ainda não falando nos consertos de q' hade carecer cada anno. A referência sobre a qualidade da terra era na verdade a umidade, que contribuia para destruir o madeiramento. Tentando resolver este problema, recomendava-se afastar a terra do madeirame. Por fim, o Rei ordena que, com os cuidados necessários e manutenção, o piso seja feito em madeira:

> *[...] p.la haver naquelle Estado em abundancia, e de calidade, como he, a socupira [Bowdichia virgilioides Kunth], e outras da mesma durezas, e custaria menos, sendo m.to mais conveniente p.a as faz.das, e não seria menos forte, e duravel, do q' sendo de lagedo, por q' este comais facilidade se hade aroinar, com as faz.das de pezo, como são pipas, barricas, cartollas, barris e caixois, e as experiencias tem mostrado q' estas se quebrão [...].*

Exploração, venda e as remessas para o Reino das madeiras na Bahia Colonial

A expansão marítima portuguesa, cuja superioridade já era conhecida no século XVI, se beneficiou da vasta Mata Atlântica, no litoral brasileiro. Assim como os portugueses, outros europeus como, franceses, espanhóis, ingleses e holandeses, trouxeram suas naus, galeões e bergantins para a Baía de Todos os Santos, local onde cabia muitas embarcações. Aqui ficaram maravilhados com a quantidade de madeiras à diposição para construção de grandes armadas:

> *Pois sobejam aparelhos à Bahia para se poder fortificar, entenda-se que lhe não faltam para se poder fazer grandes armadas com que se possa defender e ofender a quem contra o sabor de S. Majestade se quiser apoderar dela, para o que tem tantas e tão maravilhosas e formosas madeiras, para se fazerem muitas naus, galeões e galés, para que não faltaram remos, com que se eles possam remar, muito extremados, como já fica dito atrás; para se fazer muito tabuado para estas embarcações sobeja cômodo para isso, porque há muitas castas de madeiras, que se serram muito bem, como em seu lugar fica dito*[13].

A importância que tinha a construção naval para o transporte de mercadorias para o Reino e a manutenção da colônia era de tal forma que, com a criação da Cidade do Salvador, o Rei autorizou o Governador a construir navios, que deveriam policiar toda a costa do Brasil contra os invasores estrangeiros. Para esta tarefa foi criada a Ribeira das Naus, situada onde estava a Ribeira do Góes, na parte baixa da cidade, junto à praia. Era o local que servia de ancoradouro para naus e caravelões e onde se construíam as embarcações para servir à economia e à defesa da colônia (Carneiro, 1978). A Ribeira das Naus da Bahia existiu por muitos anos, vendo-se em documentos dos séculos XVII e XVIII o carregamento de madeiras para este local, e nela foram construídas naus, bergantins e outras embarcações que enviariam para o Reino as mercadorias da colônia.

As madeiras cortadas para as elementos dos navios vinham de todas as capitanias, onde existiam feitorias para juntar e cortar as peças que eram transportadas em naus, charruas, ou outras embarcações, até a *Cidade da Bahia* (Salvador) e aqui eram armazenadas na Ribeira das Naus. Neste local o lenho era usado para a construção ou partia para o Reino, onde era armazenado na Ribeira de Lisboa[14]. Os documentos manuscritos trazem muitas informações sobre as peças das embarcações, com enormes listas das espécies utilizadas, de onde vinham estas madeiras e como eram feitos os

[13] *SOUSA, op. cit., p. 194.*

[14] *AHU_ACL_CU_005, Cx. 10, D. 863. Consulta do Conselho Ultramarino ao rei D. João V sobre a construção de duas naus guarda costa e feitoria para armazenamento de madeira. Bahia, 1 de maio de 1716.*

cortes, além de pedidos de remessas de madeiras necessárias para o conserto de embarcações.

Algumas espécies, no entanto, apresentaram-se em praticamente todas as relações de envio para Lisboa como, por exemplo, angelim [*Hymenolobium spp*], jataípeba [jataí-peba; *Brodriguesia santosii Cowan*], oiticica [*Clarisia racemosa R. & Pav.*], pau d'arco [*Tabebuia spp*], pau d'óleo [*Copaifera spp*], pau roxo [coração negro; pau roxo; *Peltogyne confertiflora (Mart. ex Hayne) Benth*], pequi [*Aspidosperma spp*], sucupira [*Bowdichia virgilioides Kunth*], sapucaia [*Lecythis spp*] e vinhático [*Plathymenia foliolosa Benth*].

As madeiras enviadas para Portugal passavam por um rígido controle no corte e no transporte. Nas matas eram instaladas vilas onde funcionavam feitorias que cuidavam do corte e armazenamento do lenho para ser enviado à Ribeira das Naus. A partir daí eram remetidas para o Reino ou empregadas na construção de embarcações e de edificações na própria cidade. Além disso, eram estabelecidas feitorias e uma administração, cuja função era fiscalizar as matas e realizar devassas, embora, não escapassem da ação de contrabandistas.

Apesar de gerar lucros, a exploração das madeiras era bastante difícil. Quando não mais existiam matas que pudessem ser exploradas na costa, os administradores foram buscar no sertão. Documentos da época informam não só a instalação de vilas, o que era necessário para a moradia dos profissionais, mas, também, a construção de estradas[15] para que fosse possível o transporte.

O envio de madeiras para o Arsenal Real da Marinha intensificou-se, como foi referido, na segunda metade do século XVIII, logo após o terremoto que arrasou Lisboa e destruiu, com incêndios, edificações, o Arsenal da Marinha e os armazéns de madeiras do Reino. Estas remessas ainda são descritas até, pelo menos, 1821, data do último documento pesquisado no Arquivo Histórico Ultramarino, com o encerramento do Período Colonial.

Preocupada com a devastação das matas, cuja madeira passava a ter importância ainda maior para a restauração da cidade de Lisboa e Arsenal da Marinha, no final do século XVIII, a Rainha de Portugal nomeia Balthasar da Silva Lisboa como juiz que deveria cuidar da conservação das matas, que ainda restavam na Vila de Cairu, e administrar o corte das madeiras. Segundo o juíz, a sua nomeação foi necessária para o fim de formar, em sua presença, o Plano dos cortes, ordenado na Carta Régia de 13 de Março do anno passado[16] [1797]. Havia importância na maneira de corte da madeira a fim de preservar as matas que ainda se conservavam.

Balthasar Lisboa produziu uma lista com nomes de 309 espécies de madeiras, com suas dimensões e usos, publicado já no Período Imperial, pela Revista do Instituto Geográfico e Histórico da Bahia, em 1926, com o título de "Riqueza do Brasil em Madeiras de Construção e Carpintaria".

Após séculos de exploração, iniciado no século XVI, em muitas vilas já não era possível encontrar diversas espécies. Por isso, providências eram pedidas pelos governadores aos reis portugueses no sentido de evitar e proibir a derrubada dessas matas:

> *Il.mo, Ex.mo Senhór*
>
> *Da propria carta que me escreveo o Ouv.or da Comarca dos Ilheos, verá V.Ex.a a dificuldade que já se encontra no fabrico de algumas Madeiras mais extraordinarias para a construcção das Naos de Sua Magestade, pelo livre arbitrio dos fabricantes das Madeiras dos Navios mercantes, os quáes sem se assinalarem os sitios, e escolherem os páos*

[15] *AHU_ACL_CU_005, Cx. 213, D. 15044. Carta Régia (minuta) ao governador da Bahia [Fernando José de Portugal] sobre a construção de uma estrada de Montes Altos a Camamú, para facilitar o transporte do salitre e das madeiras. Queluz, 12 de Julho de 1799.*

[16] *AHU – Catálogo de Castro e Almeida, Caixa 94, Doc. 18418. Officio do Ouvidor Balthasar da Silva Lisboa para D. Rodrigo de Sousa Coutinho, em que se refere ao córte das madeiras no Cairú e á necessidade de crear uma nova villa. Cairú, 15 de Outubro de 1798.*

proporcionados as suas medidas, derrubarão os de maiores vitolas, para os esperdiçár.

Emquanto a Rainha Nossa Senhora não resolve o mais acertado, e util ao seo Real Serviço, e bém comum dos Povos, sobre as contas, que a este respeito se pozerão na sua Presença, tenho ordenado, que senão corte para Navios do Comercio Páos algun's, sem expressa licença minha, cumprida pelo Dez.or Inspector dos Reaes Cortes, que hé o dito Ouv.or da Comarca dos Ilheos, precedidos os exames dos Mestres, e contra Mestres dos mesmos Reaes Cortes, acrescendo mais esta providencia, às que havia dado sobre os rossados, pelos estragos, que nas Matas virgen's fazem os rosseiros, o que virá em breve espaço a ser de irreparavel prejuizo, a construcção das Náos, e Fragatas da Real Armada, dos Navios mercantes, e das propriedades desta Cidade.

A rezolução desta dependencia, deve merecer a Sua Magestade toda attenção, para que se me determine com brevidade, o que devo observar, e as penas em que hão de incorrer as pessoas, que continuarem a destruir as Matas, sem contemplar o beneficio comum, prevendo-se igualmente que de nenhuma sorte fiquem inhibidos os referidos rosseiros de plantarem nas terras, que se julgarem livres da prohibição, como mais retiradas do Porto de Mar, ou Rios navegaveis, porq' se deve promover a agricultura da Mandioca, genero da primeira necessidade do Paiz. Deos G.e a V.Ex.a B.a a 10 de Outubro de 1785.

Il.mo, Ex.mo Senhor

Martinho de Mello, e Castro[17]

A preocupação do Reino com a escassez nas reservas de mata para o seu Arsenal, motivada pelas memórias deixadas pelos naturalistas, que trouxeram sugestão de como explorar de forma racional, influenciou na expedição da primeira Carta Régia, em 1797. Além de prever o rígido controle sobre a exploração das madeiras, o Reino exigia, com esta lei, a preservação de matas próximas de rios através da proibição dos cortes, a suspensão de sesmarias que tivessem sido dadas a particulares, nas proximidades dessas áreas, e o impedimento de particulares na exploração das matas que lhes pertenciam (FONSECA, 2010).

Documentos comprovam, ainda, que não só para o Arsenal da Marinha de Lisboa é que foram enviadas as madeiras baianas. Após o terremoto no ano de 1755, muitos estragos ocorreram naquela cidade, como já dissemos, mas foi o Paço Real que mereceu a maior atenção do Reino, tendo recebido grande parte das madeiras brasileiras para sua reconstrução:

> *S. Magestade me ordena, recomende a VM a remessa das madeyras para a caza das obras, por ser agora mais necessaria, por se ter queymado todo o Palacio, com o fogo que se seguio depois do terremoto. Tambem remeto a VM a rellação das madeyras para a Ribeyra das Naus, por se ter queymado toda a que havia nos armazens: Deus guarde a VM. Belem vinte e cinco de Março de mil, setecentos, concoenta e seis. Diogo de Mendonça Corte Real. Senhor Provedor da Fazenda da Bahya. primeira via. Está conforme B.a e de Agosto 28 de 1756.*
>
> *Antonio Per.a da Silva*[18]

[17] *AHU – Catálogo de Castro e Almeida. Bahia. Caixa 62, Doc.11918. Officio do Governador D. Rodrigo José de Menezes para Martinho de Mello e Castro, em que se refere aos grandes estragos praticados nas mattas com os cortes arbitrários das madeiras e ás providencias que tomara para evitar a sua devastação. Bahia, 10 de Outubro de 1785.*

[18] *AHU – Catálogo de Castro e Almeida. Bahia. Caixa 12, Doc. 2190-2196. Officio do Provedor mór da Fazenda Manuel de Mattos Pegado Serpa para Diogo de Mendonça Corte Real, sobre a exportação de madeiras para o Reino. Bahia, 18 de Agosto de 1756. Tem annexos 6 documentos.*

Certamente, o Paço Real não foi o único edifício a receber as madeiras da Bahia. O terremoto que devastou a cidade de Lisboa destruiu inúmeras edificações e, arquitetos e construtores contratados pelo Marquês de Pombal, adotaram um sistema construtivo mais conveniente para suportar os abalos sismícos utilizando madeira.

Na Bahia, diversas foram as edificações que ainda conservam as madeiras antigas em suas estruturas de cobertura, em esquadrias, pisos e elementos decorativos. Amostras foram retiradas e suas espécies identificadas no Instituto de Biologia da Universidade Federal da Bahia. As edificações foram as seguintes: em Cairu, o Convento de Santo Antônio, em Salvador, a Igreja da Ordem 3ª do Carmo, a Igreja e Santa Casa de Misericórdia, a Igreja da Ordem 3ª de N.ª Sr.ª da Conceição do Boqueirão e a Igreja de São Pedro dos Clérigos. *In loco*, a identificação das peças mais antigas pôde ser verificada através das dimensões e da forma como foram beneficiadas. Além do mais, têm, normalmente, grandes dimensões, já que existiam em abundância nas matas ainda virgens. Observa-se, também, que foram presas por cravos forjados.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A excelência em qualidade técnica e as grandes dimensões das madeiras das matas brasileiras fizeram com que fossem bastante exploradas. A extração extensiva fez com que muitas espécies tornassem-se raras, ou até mesmo, desaparecessem, como aconteceu como florestas europeias e em algumas partes da Ásia.

Utilizadas na construção civil, militar e, especialmente, na construção de embarcações, conforme comprovam os documentos do Arquivo Ultramarino de Lisboa e da Biblioteca Nacional do Brasil, além dos manuscritos, já publicados atualmente, de diversos cronistas que viveram aqui, observou-se que ocorreu uma intensa exploração e consequente devastação da Mata Atlântica na Bahia do Período Colonial.

A extração das madeiras tornou-se prática comum nas diversas regiões, que, mais tarde, formaram o estado da Bahia, sendo elas o Recôncavo e as capitanias de Porto Seguro e Ilhéus. Esta última, por sua vez, abrangia uma extensa área englobando as "três vilas" Cairu, Camamu e Boipeba, além das bacias de rios, como Rio de Contas, Patipe, Una e Maraú.

Dentre os usos das espécies lenhosas, puderam-se destacar: a construção das primeiras habitações, feitorias e estruturas fortificadas ao "modo indígena" das vilas baianas; a construção de edifícios públicos, habitações e igrejas, principalmente, em estruturas de cobertura e na talha decorativa da Cidade da Bahia; a construção de edificações e embarcações mercantis e de guerra no Reino, para onde foram intensamente exportadas. Inclui-se, aí, a construção de navios no estaleiro da Bahia; a reconstrução da cidade de Lisboa, do Arsenal Real da Marinha e do Paço Real após o terremoto de 1755, conforme assinalam os documentos.

Alguns estudiosos acreditam que o terremoto de Lisboa culminou no completo monopólio do Reino sobre as madeiras da Mata Atlântica, transformando-se em uma das principais causas de sua devastação, mas resultou, também, em importantes pesquisas científicas acerca da qualidade das madeiras, deixando valiosos documentos com identificação das espécies, suas características e indicação de onde poderiam ser encontradas.

A partir da segunda metade do século XVIII, pôde-se constatar, também, que a devastação das matas era, sim, um fato preocupante, pois, além de algumas espécies serem raramente encontradas, as madeiras estavam cada vez mais longe do litoral. Os principais motivos possíveis foram os seguintes: queimada para a utilização como lenha nos engenhos; a forma arcaica de exploração realizada "a ferro e fogo", com desperdício de peças; falta de seleção das espécies; aumento

do consumo na construção civil e naval; perda de peças por estragarem nos armazéns devido à falta de transporte.

Dos estudos e análises realizados com as amostras de madeiras obtidas nos monumentos religiosos do Período Colonial, na Bahia, percebeu-se que as madeiras mais usadas foram: cedro [*Cedrela spp*] e louro [*Ocotea spp*]: empregadas em elementos decorativos e esquadrias; vinhático [*Plathymenia foliolosa Benth*]: encontrada tanto em elementos decorativos como estruturais (vigas) e esquadrias; sucupira [*Bowdichia virgilioides Kunth*], maçaranduba [*Manilkara longifolia (A. DC.) Dub*], jataí-peba [*Brodriguesia santosii Cowan*], pau d'arco [*Tabebuia spp*], angelim [*Hymenolobium spp*], ipê [*Tabebuia spp*] e pequi [*Aspidosperma spp*]: empregadas em estruturas de coberturas e de pisos.

A partir desses resultados, verificou-se que a aplicação das madeiras nas edificações estudadas confere com as recomendações dos cronistas e de oficiais do Reino, os quais deixaram documentadas as mais diversas espécies encontradas na Mata Atlântica da Bahia.

Observa-se, contudo, que o assunto não pode ser considerado esgotado. Há, ainda, uma imensa quantidade de documentos em arquivos de Lisboa e do Brasil. Poderão, também, ser pesquisados, nos arquivos portugueses, os edifícios do período Pombalino, cujas construções, além do Paço Real, podem ter usado as madeiras brasileiras. Caso estes edifícios ainda existam, é possível que se consigam retirar amostras de madeiras para a sua identificação.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abreu, Capistrano de. O Descobrimento do Brasil. São Paulo: Martins Fontes, 1999.

AHU (Arquivo Histórico Ultramarino) – Documentos Avulsos, Catálogo de Castro e Almeida, Catálogo de Luiza da Fonseca, Bahia.

Antonil, João André. Cultura e opulência do Brasil por suas drogas e minas. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2007.

BN (Biblioteca Nacional, Rio de Janeiro) – Documentos históricos. Rio de Janeiro: Ministério da Educação e da Saúde (MES).

Cardim, Fernão. Tratados da terra e gente do Brasil. Belo Horizonte: Ed. Itatiaia; São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 1980.

Carneiro, Edson. A Cidade do Salvador (1549): uma reconstituição histórica. Salvador: Banco Econômico, 1978.

Fonseca, Halysson Gomes da. O avanço da exploração madeira na colonial comarca dos Ilhéus: devastação e conservação das florestas na terra de Tinharé (1780-1801). Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2010.

Gandavo, Pedro de Magalhães. Tratado da Terra do Brasil: história da província Santa Cruz, a que vulgarmente chamamos Brasil. Brasília: Senado Federal, Conselho Editorial, 2008.

Johnson, Harold; Silva, Maria Beatriz Nizza da (Coord.). O Império Luso-Brasileiro: 1500-1620. In: Serrão, Joel; Oliveira, A. H. de (Dir.). Nova História da Expansão Portuguesa. Lisboa: Editorial Estampa, 1992. 6 v.

Oliveira, Maria Lêda. A historia do Brazil de Frei Vicente do Salvador: história e política no Império Português do Século XVII. São Paulo: Odebrecht, 2008.

Oliveira, Mário Mendonça de. "Um estudo documental sobre as madeiras da Bahia usadas no passado em Portugal e no Brasil". In: "Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios, 3., 2003, Lisboa. Anais... Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2003.

Oliveira, Mário Mendonça de. As fortificações portuguesas de Salvador quando Cabeça do Brasil. Salvador: Omar G., 2004.

Regimento do Governador e Capitão General Tomé de Souza dado em Almeirim, Portugal, a 17 de dezembro de 1548: "constituição prévia" do estado do Brasil. 2. ed. Salvador: Fundação Gregório de Mattos, 1998.
Sampaio, Theodoro. História da fundação da Cidade do Salvador. Salvador: Tipografia Beneditina Ltda., 1949.
Silva Lisboa, Balthazar. Riqueza do Brasil em madeiras de construção e carpintaria. Transcrição da Revista do Instituto Geográfico e Histórico da Bahia, v. 52, 1926. p. 225-263.
Sousa, Gabriel Soares de. Notícia do Brasil. Comentários e notas de Vanhargen, Pirajá da Silva e Edelweiss. São Paulo: Brasiliensia Documenta, v. VII, 1974.
Vianna, Hélio. História do Brasil. 13. ed. São Paulo: Edições Melhoramentos, 1977.

Estudos e Registros de Ladrilhos Hidráulicos na Cidade de São João Del-Rei, Minas Gerais, Brasil

Martins, Mateus de Carvalho[(1)]*; Sousa, André Luís Santos[(2)]*
[(1)]mtcvmt@yahoo.com.br, [(2)]arqandresousa@gmail.com
[(1)] Professor Adjunto da Universidade Federal de São João del-Rei; Departamento de Arquitetura, Urbanismo e Artes Aplicadas; Curso de Arquitetura e Urbanismo, São João del-Rei; Minas Gerais; Brasil*
*[(2)]*Graduando em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de São João del-Rei, São João del-Rei; Minas Gerais; Brasilr*

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo inventariar os modelos de ladrilhos hidráulicos existentes nas edificações históricas na cidade de São João del-Rei, Minas Gerais, Brasil em seus espaços internos e/ou externos, juntamente com a pesquisa da história desse material e suas técnicas de produção. O ladrilho hidráulico é considerado por muitos uma arte, e se trata basicamente de uma placa composta por cimento e areia, no qual são adicionados pigmentos que possibilitam criar superfícies com as mais diversas paletas de cores e texturas. Foi amplamente utilizado nas casas, castelos e prédios públicos por toda Europa, sendo importados para o Brasil, principalmente de Portugal, França e Bélgica. Em meados do século XIX, as técnicas de manufatura do ladrilho foram passadas aos imigrantes residentes no Brasil, sendo possível o início de sua fabricação. Nesse estudo, foi feito uma dedicação para investigar, catalogar e demonstrar a aplicação do ladrilho hidráulico em algumas edificações, no qual a cidade de São João del-Rei, mostrou-se possuir um rico acervo desse material, logo, ele se apresenta como um ponto de partida de um amplo campo para investigação desse material na cidade, desenvolvido dentro de uma perspectiva que traga conhecimentos que possam contribuir no resgate dessa história, e um olhar de preservação para esse importante elemento que faz parte do conjunto do patrimônio edificado. O incentivo à valorização dos ladrilhos hidráulicos como materiais de revestimento podem trazer como resultado o curso de seu processo de produção, e o debate de sistemas construtivos no que tange a sustentabilidade na área da construção civil, esta que é responsável por um grande gasto energético do planeta, pois existem inúmeros benefícios na difusão desse ofício e arte que conserva características essencialmente artesanais. No entanto, a escassez de domínio da técnica de fabricação revela a necessidade de resgatar e registrar essa história e conhecimento. Deste modo, a propagação desse ofício torna-se um grande desafio como novas possibilidades de negócio e geração de renda para a região, pois apesar de os ladrilhos hidráulicos voltarem a ser reinseridos no mercado, a literatura sobre o tema é escassa, a metodologia artesanal de produção segue procedimentos empíricos.

Palavras-chave: arquitetura; patrimônio; ladrilho hidráulico; design de superfícies; modulação.

1. INTRODUÇÃO

O presente estudo teve como objetivo inventariar os modelos de ladrilhos hidráulicos existentes nas edificações históricas na cidade de São João del-Rei, Minas Gerais, Brasil em seus espaços internos e/ou externos, juntamente com a pesquisa da história desse material e suas técnicas

de produção, isto contemplando também a atual redescoberta e valorização desse revestimento. Portanto, foi possível observar a importância da valorização e preservação desse material tanto pelo seu valor artístico e histórico quanto pela suas características essencialmente artesanais, os quais fazem de cada ladrilho hidráulico uma peça única.

A cidade estudada está localizada na chamada região do Campo das Vertentes no estado de Minas Gerais, Brasil, no qual é uma cidade que possui grande destaque devido a seu rico patrimônio ambiental, arquitetônico e urbano. Suas primeiras ocupações datam por volta do final do século XVII e início do século XVIII, durante o período de exploração do ouro. No entanto, a cidade não foi muito afetada pelo declínio do ciclo do ouro, pois diferentemente de outras cidades, conseguiu se consolidar como um importante entreposto comercial entre as cidades do Rio de Janeiro e São Paulo no abastecimento de produtos de subsistência, principalmente para a Coroa, em que tal dinâmica econômica possibilitou o surgimento dos mais diversos exemplares de arquitetura (Raposo, 2010, p.10 e11).

Com mais de três séculos de existência, São João del-Rei se destaca no cenário das cidades históricas do estado de Minas Gerais, isto devido ao seu repertório arquitetônico que vai desde o colonial ao moderno.

O município possui políticas de tombamento do conjunto de imóveis tanto em esferas federais, estaduais e municipais, estas representadas pelo Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), o Instituto Estadual de Patrimônio Histórico, Artísitico e Cultural do Estado de Minas Gerais (IEPHA/MG), e o Conselho Municipal de Preservação do Patrimônio, possuindo atuações de forma independente promovendo delimitações de áreas e edificações muitas vezes distintas (Martins, 2010, p.08).

Segundo as estudiosas Cota e Miranda (2013), a cidade de São João del-Rei passou por um longo processo que visou promover a preservação de seu patrimônio cultural coincidindo com o estabelecimento de uma política Nacional de Preservação do Patrimônio no Brasil nos anos 1930. No entanto, foi a partir da Constituição Federal de 1988 que o município passou a ter papel reforçado na contribuição da preservação desse patrimônio.

2. LADRILHO HIDRÁULICO X REVESTIMENTOS CERÂMICOS

O ladrilho hidráulico é considerado por muitos uma arte, e se trata basicamente de uma placa composta por cimento e areia, no qual são adicionados pigmentos que possibilitam criar superfícies com as mais diversas paletas de cores e texturas. Foi muito utilizado nas casas, castelos e prédios públicos por toda Europa, se tornando uma moda principalmente na alta sociedade. Não existe muita precisão em dados históricos sobre a produção do primeiro exemplar de ladrilho hidráulico, no entanto existem relatos que seu surgimento tenha acontecido na Itália por volta do século XII, no qual o aprimoramento dessa técnica possibilitou a produção de peças com aspectos similares ao da pedra mármore, sendo no ano de 1859, mais precisamente na cidade francesa de Viviers, que Etienne Larmande elaborou o então método de produção de ladrilhos, contudo, anos mais tarde, o empresário Felix Guilhon abriu a sua fábrica de ladrilhos Guilhon-Barthélemy em Avignon no qual aperfeiçoou a técnica, o que incentivou o seu uso amplamente aplicado na construção. No entanto, o ladrilho hidráulico foi mais difundido depois que a empresa Garreta Rivet y Cia, instalada na cidade de Barcelona, exibiu uma coleção de suas peças na Exposition Universelle de Paris, em 1867 (Campos, 2011 apud Navarro e Morán, 2010, p.31).

No Brasil, a denominação ladrilho hidráulico deve-se ao seu processo de fabricação, pois

para cura do produto não é necessário passar por processos de queima, sendo somente por meio de secagem natural. Segundo Neville (2008), o resultado final obtido é por meio de uma reação química chamada de hidrólise dos aluminatos e silicatos, o qual isso se refere à mudança do estado fluido da composição para um estado rígido, onde o endurecimento aumenta a resistência da pasta de cimento após a pega no processo de reações químicas de secagem. Com isso, Carvalho (2002) afirma que a estrutura do composto é determinada pela sua propriedade, no qual as variações nos teores de cálcio e/ou sílica, juntamente com a água vão ter um efeito sobre as características físicas finais da composição. Portanto, devido a essa reação descrita em meio úmido se originou o nome Ladrilho hidráulico. É importante destacar que a difusão do ladrilho hidráulico pelos continentes fez com que os termos usados para referir a este tipo de revestimento se transformassem segundo o idioma de cada região (Campos, 2011 apud Navarro; Morán, 2010, p.31).

O ladrilho hidráulico surgiu com a função de decorar paredes e pisos, juntamente com a expressão de arte e religiosidade, ele foi amplamente difundido na Europa como material de revestimento, no qual vieram importados para o Brasil, principalmente de Portugal, França e Bélgica. Sendo assim, em meados do século XIX, as técnicas de manufatura do ladrilho foram passadas aos imigrantes residentes no Brasil, sendo possível o início de sua fabricação com as primeiras fábricas (Fonseca; Ferreira, 2011 apud Fábrica, 2011). Pode-se observar que os desenhos se assemelham aos desenhos praticados na tecelagem de tapetes, pois os ladrilhos hidráulicos apresentavam com maior frequência temas com arabescos, flores, folhas, entre outros. No entanto sua produção logo caiu no gosto da geometria, que assim como os arabescos e flores possuíam motivos que se repetiam, criando desenhos que se propagam nas superfícies com infinitas possibilidades. Com a difusão desse produto que aliava resistência e beleza, o ladrilho hidráulico ganhou um grande espaço no mercado de revestimentos de paredes e pisos, e devido sua infinidade de possibilidade de desenhos e custos comparado ao de outros revestimentos, com pedras, por exemplo, o produto atinge seu auge por volta da década de 1940 e 1950 no Brasil. Porém, por volta de 1960 o ladrilho acaba relegado ao esquecimento, pois surge a crescente introdução da cerâmica industrializada no mercado e, com isso, muitas fábricas de ladrilhos hidráulicos acabam sendo fechadas, ocasionado o declínio de sua especificação em projetos de arquitetura (Marques, 2012). A estudiosa Campos (2011), afirma que foi nessa época com o desenvolvimento industrial e tecnológico que o produto perde o status e se tornar depreciado pelo mercado. Os anos 1960 foram marcados por uma série de avanços na produção de produtos para construção civil, principalmente os de revestimento derivados de pesquisas no ramo da tecnologia dos materiais cerâmicos. No entanto, apesar do ladrilho ser considerado um dos primeiros produtos "padronizados" para atender a construção civil proveniente do cimento Portland, e uma rara herança advinda do processo de Revolução Industrial, que ainda se baseava no processo artesanal, no qual sua produção exigia a aplicação de recursos técnicos relativamente inovadores para a época, ou seja, necessitava de uma produção manufatureira paralelamente ao processo produtivo industrial (Campos, 2011 apud Machado, 2005, p.32).

3. METODOLOGIA

Apesar de ser um material centenário, no qual muitas de suas técnicas são passadas de geração para geração, não é possível encontrar muitos estudos a respeito desse assunto, no qual foi necessária uma vasta pesquisa do que tem sido produzido nos últimos tempos em oficinas e empresas, a fim de identificar alguns processos da produção desses revestimentos.

A presente pesquisa foi realizada com análise bibliográfica sobre o assunto, onde foi feito um levantamento bibliográfico em livros, periódicos, artigos, monografias, dissertações, teses e catálogos de fabricantes. Para traçar um direcionamento nas buscas foram utilizadas as seguintes palavras chave: Sustentabilidade na Construção Civil; Construções Tradicionais; Patrimônio; Design de Superfícies; Módulo; Cores; Design de Interiores; Pisos e Revestimentos; Arquitetura; Construção.

Contudo buscou-se embasamento em autores que concentram suas discussões nessas alternativas de revestimento, e autores que pesquisam e demonstram o grande potencial do material.

Como já citado anteriormente, por se tratar de uma pesquisa teórica e prática buscou-se visitar edificações que possuíam ladrilhos hidráulicos e também de possíveis empresas que trabalham com esse material na cidade e região, sendo possível visitar a fábrica Ladrilhos Barbacena, na cidade de Barbacena/MG. Porém, são poucos os lugares de fabricação e oficinas na Região do Campo das Vertentes, o que pode diagnosticar uma carência desse tipo de atividade na região, ou por falta de demanda ou mão de obra qualificada.

O estudo teve como objetivo contemplar tanto a parte de inventariação do processo quanto os processos de fabricação na região, buscando também se possível a identificação e a origem de cada peça. No entanto, durante o processo de catalogação dos ladrilhos hidráulicos observou-se a existência de uma enorme gama de exemplares de ladrilhos existentes nas edificações de São João del-Rei com grande riqueza de detalhes. Devido a essa surpresa e constatação, o estudo foi direcionado principalmente buscando registrar o maior número de modelos de ladrilhos encontrados nas edificações, visto que muitos desses modelos se encontravam em processo de degradação e poderiam se perder por ações de reformas sem acompanhamento técnico, ou até mesmo por intempéries e a utilização de produtos na sua limpeza, manutenção e/ou restauração sem os devidos cuidados.

4. DESAFIOS DA PESQUISA

Na parte de fundamentação teórica e metodologia, o estudo tem em sua maioria arquivos retirados em sítios eletrônicos, tais como artigos científicos e principalmente trabalhos de graduação, visto que ainda existe uma grade carência de material do tema em especifico impresso.

Partindo para o processo de inventariação, determinou-se que esse levantamento fotográfico seria efetuado nas construções pertencentes ao centro histórico, tendo em vista o tempo hábil e grande processo de mudança de usos e restaurações nos interiores das residências pertencentes a esse perímetro, e também devido à divulgação de um plano nacional que iria restaurar alguns edifícios históricos da cidade. Para isso, foi verificado como uma forma de nortear as catalogações o uso do mapa do roteiro turístico da cidade disponibilizado pela Secretaria de Cultura da Prefeitura de São João del-Rei. Sendo assim, foi determinado o começo de catalogação dos ladrilhos pelo Complexo Ferroviário, este que provavelmente tenha representado o principal eixo de transporte e escoamento desse material para a cidade, advindos de outras partes do Brasil e Europa segundo as pesquisas. Na sequência, buscaram-se os modelos encontrados nas Igrejas localizadas no centro histórico e posteriormente os edifícios institucionais, comerciais e residências. No entanto, como foi dito anteriormente, a variedade de ladrilhos encontrados, principalmente nos edifícios religiosos, não possibilitou tempo hábil para visitar todas as residências listadas e desejadas. Contudo, a experiência abriu precedentes para diversos estudos, tais como: a influência destes revestimentos encontrados nos edifícios religiosos na escolha dos revestimentos das residências de seu entorno, qual seria a lógica

Fig.1 – Edificações catalogadas em São João del-Rei/MG, Brasil. Fonte: André Sousa, 2014.

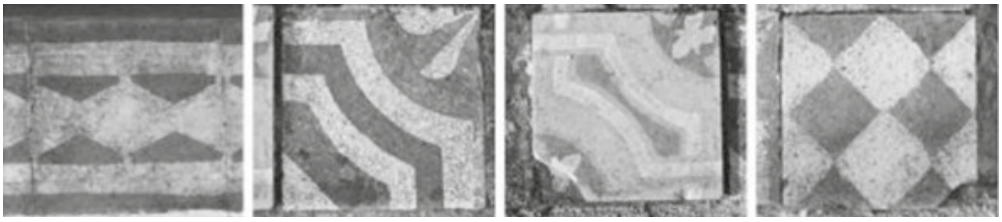


Fig. 2 – Ladrilhos hidráulicos encontrados no cemitério da Igreja Nossa Senhora das Mercês, em processo avançado de degradação. Fonte: André Sousa, 2014.

da escolha dos tipos e motivos de ladrilhos usados nessas edificações, dentre outras.

Após definido o percurso às visitas, foram realizadas no período diurno, preferencialmente em horário comercial munido de uma identificação da Universidade Federal de São João del-Rei. Nessas edificações que compõem o centro histórico da cidade, a abordagem foi feita, explicando qual o motivo da pesquisa, e o porquê do material a ser identificado e catalogado. Se a edificação possuía ou não ladrilhos hidráulicos tanto em seu exterior quanto em seu interior dependia da afirmação positiva do responsável ou conforme autorização do mesmo para a inspeção do imóvel na procura de exemplares. Durante a catalogação houve tentativa de visitar algumas residências paralelamente ao processo de inventariação dos edifícios religiosos, no entanto foi possível observar certas resistências por parte de catalogação desse material, uma vez que o processo de tombamento das edificações já passa por conflitos e interesses por partes dos proprietários, assunto este relevante, porém carregado de discussões complexas que podem ser abordadas em outro momento.

Contudo para o levantamento, foi utilizado uma máquina fotográficas e uma trena para medição, que posteriormente os modelos encontrados foram passados para desenho técnico no software AutoCad. Lembrando que por se tratarem de peças únicas e feitas por processos artesanais desde a confecção das fôrmas, esses desenhos levantados foram feitos no software a partir de um modelo identificado como mais preservado, de forma que algumas distorções ocasionadas ou pelo processo de fabricação ou pelo desgaste com o tempo fossem corrigidas, a fim de assegurar a continuidade dos desenhos registrados. Também para fins de uma catalogação mais completa, o ambiente em que o ladrilho era encontrado foi fotografado, assim como a fachada do imóvel.

O levantamento fotográfico foi imprescindível para este estudo, no qual foi realizado com o objetivo de averiguar e demonstrar a aplicação do ladrilho hidráulico nas edificações, observando sua importância artística e cultural desde a construção da cidade aos dias atuais. Segundo Campos (1993 apud Leite, 2011, p.27), tal processo de inventário com a utilização da técnica fotográfica se faz como um recurso essencial para a transmissão de conhecimento e investigação, no qual posteriormente poderá contribuir como uma fonte histórica.

No conjunto das edificações que foram encontrados modelos de ladrilhos hidráulicos têm-se: Complexo Ferroviário, Igreja São Francisco de Assis, Igreja Nossa Senhora do Carmo, edificação que compõe o Hospital Santa Casa da Misericórdia e Capela Nossa Senhora das Dores, Igreja Nossa Senhora das Mercês com o cemitério localizado ao seu lado, Igreja Nossa Senhora do Pilar e Igreja Nossa Senhora do Rosário (Para a catalogação dos modelos, buscou-se estabelecer alguma tipologias que poderiam ser facilmente identificadas. Marques (2009 apud Becker, 2012, p.29) afirma que o seguinte significado ligado aos tipos de grafismo encontrados nos ladrilhos hidráulicos podia remeter aos mais distintos contextos culturais, ou seja, podiam apresentar tantos desenhos egípcios, quanto africanos, bizantinos ou germânicos, pois ali se fazia presente à linguagem de arte e religião como estampas. Sendo assim, foram determinadas as seguintes tipologias classificatórias: Floral, Geométrica, Lisa e Outro (Geométrico – Já em termos ornamentais, o motivo geométrico se trata de simples padrões constituídos por formas repetidas, porém em alguns casos possuem grande complexidade nos arranjos geométricos, causando até mesmo ilusões de ótica.3).1). No total dessas sete edificações mais os casos específicos apontados, foi possível identificar impressionantes 67 modelos distintos com as mais variadas tipologias, todos registrados com fotos e transformados em desenho técnico no software AutoCad. Quanto à ideia de também catalogar os modelos presentes no cemitério da Igreja das Mercês, deve-se ao alerta por parte de um dos responsáveis pela igreja, visto o grande processo de degradação

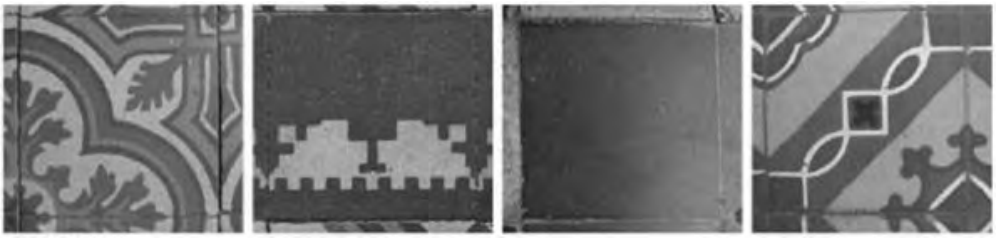


Fig. 3 – Exemplo de tipologias de ladrilhos hidráulicos catalogados.
Fonte: André Sousa, 2014.

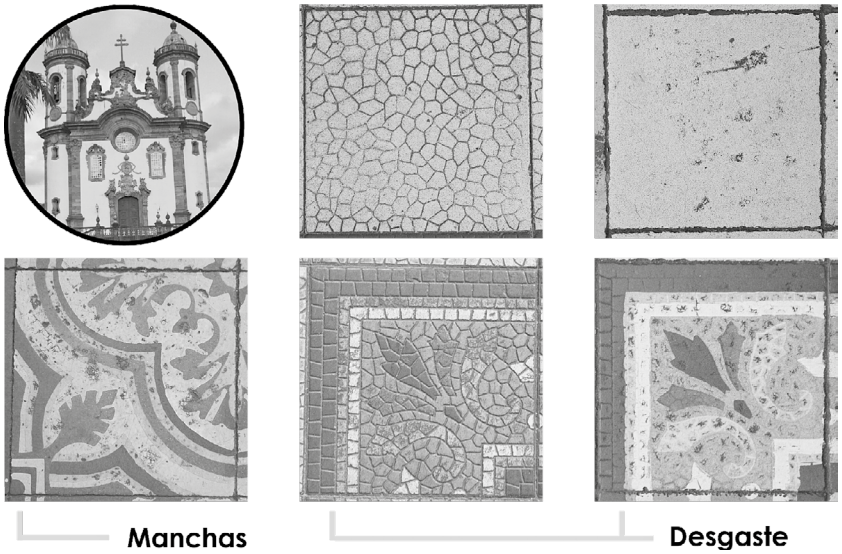


Fig. 4 – Ladrilhos Igreja São Francisco de Assis, em alguns exemplares de ladrilhos hidráulicos apresentam um processo avançado de patologias Fonte: André Sousa, 2014.

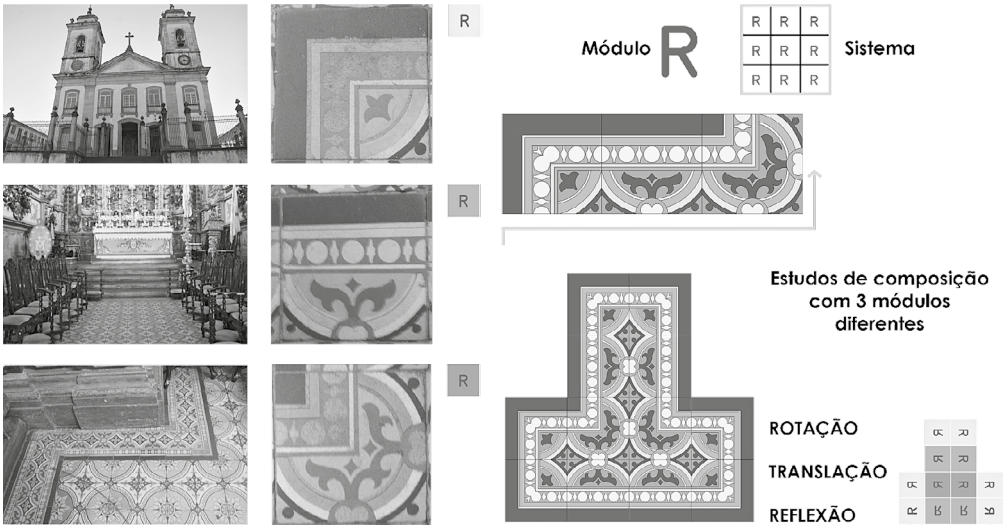


Fig. 5 – Ladrilhos encontrados no altar da Igreja Nossa Senhora do Pilar
Fonte: André Sousa, 2014.

que esses modelos se encontravam (Para a catalogação dos modelos, buscou-se estabelecer alguma tipologias que poderiam ser facilmente identificadas. Marques (2009 apud Becker, 2012, p.29) afirma que o seguinte significado ligado aos tipos de grafismo encontrados nos ladrilhos hidráulicos podia remeter aos mais distintos contextos culturais, ou seja, podiam apresentar tantos desenhos egípcios, quanto africanos, bizantinos ou germânicos, pois ali se fazia presente à linguagem de arte e religião como estampas. Sendo assim, foram determinadas as seguintes tipologias classificatórias: Floral, Geométrica, Lisa e Outro (Geométrico – Já em termos ornamentais, o motivo geométrico se trata de simples padrões constituídos por formas repetidas, porém em alguns casos possuem grande complexidade nos arranjos geométricos, causando até mesmo ilusões de ótica.3).2).

5. CATALOGAÇÃO

Para a catalogação dos modelos, buscou-se estabelecer alguma tipologias que poderiam ser facilmente identificadas. Marques (2009 apud Becker, 2012, p.29) afirma que o seguinte significado ligado aos tipos de grafismo encontrados nos ladrilhos hidráulicos podia remeter aos mais distintos contextos culturais, ou seja, podiam apresentar tantos desenhos egípcios, quanto africanos, bizantinos ou germânicos, pois ali se fazia presente à linguagem de arte e religião como estampas. Sendo assim, foram determinadas as seguintes tipologias classificatórias: Floral, Geométrica, Lisa e Outro (Geométrico – Já em termos ornamentais, o motivo geométrico se trata de simples padrões constituídos por formas repetidas, porém em alguns casos possuem grande complexidade nos arranjos geométricos, causando até mesmo ilusões de ótica.3).

Floral – Os florais são aqueles que apresentam em sua superfície desenhos variados com motivos florais e arabescos. Segundo Campos (2011), esse estilo tem imitação direta da natureza, no qual provavelmente teve sua origem no Oriente e dominou a arquitetura do século XIII. O significado do termo "arabesco", mesmo mudando com o passar dos tempos, foi usado para descrever padrões de folhagem e "voluta" organizados de maneira "moura" ou "árabe".

Geométrico – Já em termos ornamentais, o motivo geométrico se trata de simples padrões constituídos por formas repetidas, porém em alguns casos possuem grande complexidade nos arranjos geométricos, causando até mesmo ilusões de ótica.

Liso – O modelo liso são os ladrilhos que não possuem nenhum tipo de desenho em sua superfície, possuindo somente variações de cores.

Outro – Buscou enquadrar nessa categoria aqueles modelos que apresentavam características mais diversificadas, sem possuir um detalhe mais determinante para identificação, ou seja, tipologia que não se enquadram nas anteriores ou que possuem tanto grafismos florais quanto geométricos em sua composição sem a predominância de algum deles.

Segundo Campos (2004 apud Vasconcellos, 2011), a paleta de desenho dos ladrilhos hidráulicos podia diferenciar de construção para construção, pois os fabricantes geralmente possuíam uma grande gama de opção em mostruários. Sendo assim, as casas mais modestas ou em áreas menos evidentes, as peças de ladrilhos hidráulicos mais comuns eram as com desenhos simples, variando de uma ou duas cores no máximo, e, geralmente, com tipologia geométrica. Já nas residências de famílias mais abastardas, os ladrilhos possuíam desenhos mais sofisticados e elaborados com paletas de cores bastante variadas.

Evidentemente que o valor do produto é associado à complexidade de sua tipologia e variação de cores, pois para desenhos mais complexos e coloridos, além de exigir mais matérias primas nas composições de cores, a operação é bastante

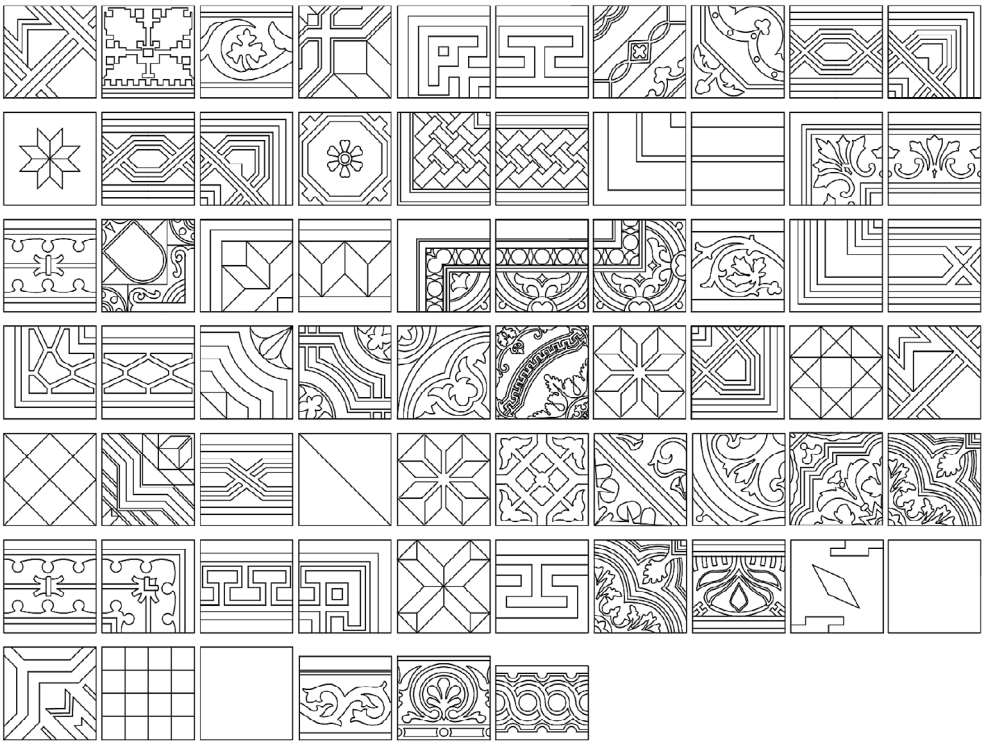


Fig. 6 – Todos os modelos de ladrilhos hidráulicos levantados e passados para desenho técnico no software AutoCad
Fonte: André Sousa, 2014.

delicada, no qual demanda habilidade e concentração do profissional para não errar a disposição das cores do desenho elaborado. Existem modelos com desenhos complexos em que a dimensão dos espaços vazados é bastante estreita exigindo que a tinta seja despejada em gotas, requerendo a minúcia dos artesões.

Contudo, mesmo os ladrilhos geométricos com desenhos aparentemente mais simples e poucos coloridos possibilitam uma gama de composições somente com a mudança de sua direção ou disposição no assentamento, no qual isso pode ser obtido com a criatividade de artistas, designers, arquitetos, entre outros.

Como exemplo de algumas peças que estão em um avançado processo de desgaste e patologias provavelmente causadas por de produtos de limpeza impróprios e/ou falta de uma manutenção preventiva especializada, temos alguns ladrilhos encontrados na Igreja de São Francisco de Assis (Figura 4). Esta que é considerada um dos principais exemplares da arte colonial brasileira. Ela está localizada em uma ampla praça com jardim e terreno elevado na cidade de São joão del-Rei, o qual contribui para realçar seu conjunto majestoso e artístico, um dos mais belos de Minas Gerais e do Brasil. O templo é todo construído de alvenaria e pedra lavrada, com início da construção em

1774. Segundo a documentações existentes pode se dizer que o artífice da construção da Igreja foi o grande mestre e artista português Francisco de Lima Cerqueira, no entanto a planta do templo é atribuída a Antônio Francisco Lisboa, o Aleijadinho, isso baseado em análises estilísticas e comparativas. A construção da igreja se estendeu até o século XIX, no entanto durante as pequisas não foi possível encontrar registros da data em que os ladrilhos foram colocados na edificação, mas acredita-se que eles possuam mais de um século de existencia.

Já como exemplo de peças e arranjos com ladrilhos hidráulicos que demonstram a riqueza do acervo encontrado na cidade, temos algumas as peças encontradas na Catedral Basílica de Nossa Senhora do Pilar (Figura 5), construída em 1721. Ela nasceu como Igreja de Nossa Senhora do Pilar em substituição a uma igreja já existente que ficava fora do centro da vila e havia sido incendiada durante a Guerra dos Emboabas. Contudo somente em 1960, quando foi instalada a Diocese de São João del Rei, MG a igreja foi elevada a catedral recebendo, em 1965, o título de basílica. Não foi encontrado também a registros da data dos ladrilhos hidráulicos dessa edificação, no entanto também se acredita que possuam mais de um século de existência. Algumas peças encontradas no altar possuem complexos desenhos e arranjos, tendo como destaque a série de ladrilhos que "emolduram" um grande tapete formado pela composição de outro modelo de ladrilhos hidráulico, estes que provavelmente apresenta um dos melhores estados de conservação, visto os outros modelos catalogados.

6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

O presente trabalho não pretendeu construir um texto englobando todos os aspectos envolvidos no curso do ladrilho hidráulico e seus processos de fabricação, no entanto teve como objetivo uma contribuição e iniciativa no que se refere a um olhar e busca da valorização e resgate desse acervo de exemplares presentes nas edificações históricas de São João del-Rei, Minas Gerais, Brasil, possibilitando uma prerrogativa para elaboração de estudos futuros sobre esse elemento construtivo. Durante a pesquisa foi possível constatar também que nas últimas décadas, alguns fabricantes buscam resgatar a tradição da técnica não somente para a restauração de monumentos tombados, mas buscando alcançar o crescente mercado da construção civil no que se referem às alternativas para arquitetura e design de interiores, no qual esse elemento construtivo proporciona uma infinidade de modelos e paletas de cores, assim como permite a criação de modelos personalizados pelos próprios clientes. Os materiais obtidos revelam uma pequena parte dessa riqueza em modelos existentes na cidade, pois São João del-Rei possui diversos edifícios com valor histórico inestimável, estes que podem revelar um grande acervo desse tipo de revestimento. A Esse estudo dedicou-se a investigar, catalogar e demonstrar a aplicação dos ladrilhos hidráulicos em algumas edificações. No qual a cidade de São João del-Rei, Minas Gerais, Brasil, mostrou-se possuir um rico acervo desse material, este que carece de medidas de conservações preventivas imediatas e de uma continuidade desse processo de catalogação, abrangendo mais edificações. Contudo, o estudo se apresenta como um ponto de partida de um amplo campo para investigação do ladrilho hidráulico na cidade, desenvolvido dentro de uma perspectiva que traga conhecimentos que possam contribuir no resgate dessa história, e um olhar de preservação pare esse importante elemento que faz parte do patrimônio edificado da cidade.6 mostra os modelos de ladrilhos hidráulicos levantados na pesquisa.

Esse estudo dedicou-se a investigar, catalogar e demonstrar a aplicação dos ladrilhos hidráulicos em algumas edificações. No qual a cidade de São João del-Rei, Minas Gerais, Brasil, mostrou-se possuir um rico acervo desse material, este que

carece de medidas de conservações preventivas imediatas e de uma continuidade desse processo de catalogação, abrangendo mais edificações. Contudo, o estudo se apresenta como um ponto de partida de um amplo campo para investigação do ladrilho hidráulico na cidade, desenvolvido dentro de uma perspectiva que traga conhecimentos que possam contribuir no resgate dessa história, e um olhar de preservação pare esse importante elemento que faz parte do patrimônio edificado da cidade.

7. CONCLUSÕES

O presente estudo possibilitou observar que este elemento construtivo talvez não vigore o devido valor artístico e cultural nas edificações, muitas vezes passando despercebidos. Evidentemente, muitos ladrilhos hidráulicos são de datas posteriores a construção das edificações, onde muitos casos vieram substituir pisos de assoalho de madeira ou pedra, no entanto sua história se faz presente e fundamental no conjunto da obra edificada. A redescoberta e a valorização dos ladrilhos hidráulicos como materiais de revestimento podem trazer como resultado o curso de seu processo de produção, e o debate de sistemas construtivos no que tange a sustentabilidade na área da construção civil, esta que é responsável por um grande gasto energético do planeta. Existem inúmeros benefícios na difusão desse ofício e arte que conserva características essencialmente artesanais, as quais fazem de cada ladrilho uma peça única. No entanto, a escassez de domínio da técnica de fabricação revela a necessidade de resgatar e registrar essa história e conhecimento.

A transmissão desse ofício torna-se um desafio como novas possibilidades de negócio e geração de renda para regiões, pois apesar de os ladrilhos hidráulicos voltarem a serem reinseridos no mercado, a literatura sobre o tema é escassa, a metodologia artesanal de produção segue procedimentos empíricos, e tem-se que a industrialização do setor de cerâmica, fortalecida pela tecnologia, possibilita a substituição sistemática do ladrilho hidráulico nas edificações, isso devido ao seu processo de produção em escala que proporciona menor custo. O ladrilho hidráulico, apesar de ser um produto com durabilidade que ultrapassa décadas, tem-se que esse revestimento sem os devidos processos de manutenção pode vir a se perder. E que talvez seja grande desafio soluções que possam salvaguardar esse patrimônio da cidade buscando alternativas que possam elevar suas propriedades físicas e abrasivas, sem a necessidade de sua remoção e/ou substituição.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alves JR, Antônio. Relatório de Ensaios em Azulejos Históricos. CECI, 2010.

Bettini, Sérgio. Mosaicidi San Marco. Fratelli Fabbri Editori, Itália, 1968.

Bezerra, M. C. L.; Bursztyn, M. (coord.). Ciência e Tecnologia para o desenvolvimento sustentável. Brasília: Ministério do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis: Consórcio CDS/ UNB/ Abipti, 2000.

Burden Ernest. Illustrated Dictionary of Architecture, 2e/d. Original edition 2002, The McGraw-Hill Companies, Inc., New York, 2002.

Campos, Cláudia Fátima. Trajetória e significado do ladrilho hidráulico em Belo Horizonte. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura, 2011.

Carvalho, A. dos G. de. Energia de Ativação dos Concretos Experimentação e Modelagem. Tese (Doutorado). Rio de Janeiro, 2002. 134 p. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, 2002.

Casa Cor® Paraná 2007. Exibição Brasileira de Decoração. Anuário de Decoração. Premium Eventos. Curitiba: 2007.

Choay, Françoise. Alegoria do Patrimônio. Tradução de Luciano Vieira Machado. – São Paulo: Estação Liberdade: Ed. UNESP, 2001.
CMMAD – Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Nosso futuro comum. 2a ed. Tradução de Our common future. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991.
Cota, D. A.; Silva, C. M. A Contribuição da política urbana na salvaguarda do patrimônio cultural em São João del Rei, MG: Avanços e entraves. In: XV ENANPUR - Desenvolvimento, Planejamento e Governança, 2013, Recife. Anais do XV Enanpur - Desenvolvimento, Planejamento e Governança. Recife: Anpur, 2013. v. 1. p. 1-15.
Dondis, Donis A. Sintaxe da Linguagem Visual. Trad. Jefferson Luiz Camargo – São Paulo: Martins Fonte, p.235, 2007.
Gomes, Nivalda. Manual Técnico de Conservação e Restauro de Azulejo. CEARTE – Centro de Formação Profissional do Artesanato, Coimbra, Portugal, 2000.
Guia de Bens Edificados de São João del–Rei. Projeto Conhecer para preservar – 2008/2010.
IPC. Disponível em: <http://www.ipc.org.es/home.html>. Acesso em: 20 de Agosto 2013.
Joly, Martine. Introdução à análise da imagem. Trad. Marina Appenzeller – Campinas SP: papiros, p.152, 1996.
Ladricuperr-Fabricação. Disponível em: <http://www.ladricuperr.com.br/ fabricacao.php>. Acesso em: 20 de Agosto 2013.
Ladrilhos-Mariaestela. Disponível em: < http://www.ladrilhosmariaestela.com.br/pisos-alta-resistencia-sp.html>. Acesso em: 17 de Setembro 2013.
Marques, Jonathan de Souza. Estudo do processo de produção de ladrilhos hidráulicos visando a incorporação de resíduos sólidos. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Londrina, Centro de Tecnologia e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento, 2012.
Michiles, Zilton Apolinário. A beleza do ladrilho hidráulico. Disponível em: <http://maisvoce.globo.com/popup_var_print.jsp?id=9529.> Acesso em 07.jun.2013.
Neville, Adam M. Propriedades do Concreto. São Paulo: Editora Pini, 2ª Edição,1997, 28p.
Ornatos. Disponível em: <http://www.ornatos.com.br/website/ index.php?option=com_content&view=-category&layout=blog&id=43&Itemid=79&limitstart>Acesso em: 20 de Agosto 2013.
Scotto, Gabriela. Desenvolvimento Sustentável. Gabriela Scotto, Isabel Cristina de Moura Carvalho, Leandro Belinaso. Guimarães. 3. Ed. – Petrópolis, RJ: Vozes, 2008.
Tinoco, Jorge E. Ladrilhos Hidráulicos – Resgate da Técnica em Pernambuco. Editora CECI, Olinda, 2010.
Tinoco, Jorge E. Restauração de Azulejos – Recomendações Básicas. Editora CECI, Olinda, 2007.
Tinoco, Jorge E. Restauração de Azulejos, Mosaicos e Ladrilhos – Cases de Gestão de Restauro. Texto para discussão, Nº 56, Editora CECI, Olinda, 2013.

Saberes da Terra – Tons dos Solos:
Estudos, Produção e Avaliação de Tintas a Base de Solo na Cidade e Região de São João Del-Rei, Minas Gerais, Brasil

Martins, Mateus de Carvalho[(1)]*; Andrade, Roberta Aparecida de[(2)]*

[(1)]mtcvmt@yahoo.com.br, [(2)]robertaandrade15@yahoo.com.br

[(1)] Professor Adjunto da Universidade Federal de São João del-Rei; Departamento de Arquitetura, Urbanismo e Artes Aplicadas; Curso de Arquitetura e Urbanismo, São João del-Rei; Minas Gerais; Brasil*

*[(2)]*Graduanda em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de São João del-Rei, São João del-Rei; Minas Gerais; Brasil*

RESUMO

A busca pelo desenvolvimento de tecnologias, enfatizando a utilização de recursos renováveis, vem induzindo a prática do uso de materiais naturais na construção civil. As técnicas de produção de tintas com pigmentos de solo, sendo as mais utilizadas no Brasil, tradicionalmente conhecidas como "barreado" e "tintas de cal" apresentam diversas vantagens ambientais se comparadas às tintas à base de petróleo, além de possuírem também ótima durabilidade. A importância da documentação dessas técnicas construtivas relaciona-se tanto à necessidade de registro pelo seu valor histórico, quanto à possibilidade de resgate e aperfeiçoamento para utilização nos dias de hoje, considerando suas características quanto à sustentabilidade dos materiais. Diante da importância do tema, o presente artigo tem como principal objetivo difundir os conhecimentos e resgatar a antiga técnica para utilização na construção civil. Assim, a pesquisa "Saberes da Terra – Tons do solo: Produção e Avaliação de Tintas à Base de Solos" – Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de São João del-Rei, atualmente em andamento, objetiva a produção de uma Cartilha contendo orientações práticas e técnicas do processo de elaboração das tintas, a catalogação e mapeamento das cores dos solos coletados na região e cidade de São João del-Rei, no estado de Minas Gerais, Brasil, além dos resultados obtidos a partir da produção de tintas com as amostras coletadas. Pretende-se então que o material produzido possa ser utilizado como fonte de pesquisa para futuros trabalhos acadêmicos, para interessados na área de desenvolvimento de técnicas utilizando o solo, além de aplicação em comunidades da região de São João del-Rei através dos Programas de Extensão "Saberes da Terra" e "Caminhos Sustentáveis", ambos também do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de São João del-Rei.

Palavras-chave: tintas naturais; técnicas tradicionais; solos.

1. INTRODUÇÃO

A utilização de tintas pelos seres humanos se verifica desde a pré-história e o desenvolvimento cultural, científico e tecnológico das sociedades de cada época determina a diversidade em relação aos constituintes das tintas produzidas (Mello e Suarez 2012, p.4). As tintas são utilizadas com diversas finalidades e são compostas basicamente pelos pigmentos, pelas resinas, pelos solventes e pelos aditivos.

De acordo com Mello e Suarez (2012, p.5), as pinturas rupestres, no período Paleolítico, utilizavam-se de pigmentos minerais misturados

com gordura animal, seiva de árvores, claras e gemas de ovos ou até mesmo sangue, que serviam como fixadores. Essas pinturas consistiam em formas de expressão e comunicação, em que se destacavam representações abstratas, animais e hábitos cotidianos.

As civilizações que mais contribuíram para o desenvolvimento das tintas foram os egípcios e os chineses que, com a descoberta da possibilidade de mudança de coloração dos minerais pela calcinação, produziram os primeiros pigmentos sintéticos, entre 8.000 e 5.800 a.C. Utilizavam como fixadores: ovo, goma arábica e cera de abelha. A principal finalidade das tintas era a pintura decorativa em seus templos, palácios e tumbas (Mello e Suarez 2012, p.5).

Posteriormente, as tintas passaram a ser utilizadas com a finalidade de proteção das superfícies, como nas embarcações em madeira das civilizações fenícias, e apenas a partir da Idade Média começam a serem utilizadas para a proteção das edificações, principalmente em igrejas e prédios públicos.

Por volta do século XIV, inicia-se a utilização de óleos vegetais para a produção de tintas e vernizes, surgindo as tintas à óleo. Após a Revolução Industrial, a utilização de tintas se popularizou dando início à fabricação e comercialização de tintas prontas para o uso. A partir do século XX, com o avanço tecnológico e o desenvolvimento da indústria petrolífera, inicia-se a produção de tintas com uso de resinas sintéticas e de solventes derivados do petróleo.

O mercado de tintas atualmente produz uma enorme variedade de produtos com funções técnicas especiais. Entretanto, as tintas produzidas promovem alguns inconvenientes, desde a degradação de recursos naturais pela utilização de derivados do petróleo no processo de elaboração do produto, a poluição atmosférica pela emissão de COV's (compostos orgânicos voláteis), além de apresentarem em sua composição substâncias que podem causar diversos danos à saúde (Sattler e Pereira 2006, p.7). Além disso, segundo Macedo (et al. 2008, p.2), a indústria de tintas gera resíduos sólidos em praticamente todas as etapas do processo produtivo, inclusive resíduos contaminados por produtos químicos.

Tem-se buscado, cada vez mais, soluções sustentáveis e que não causem danos à saúde e, desse modo, as preocupações acerca do desenvolvimento sustentável vêm influenciando a busca pelo aperfeiçoamento de tecnologias enfatizando a utilização de recursos renováveis, que têm induzido ao uso de materiais naturais. Assim, as tintas que utilizam pigmentos naturais – minerais e vegetais – são uma opção às tintas industrializadas pelo seu potencial enquanto material sustentável. Além disso, de acordo com Anghinetti (2012, p.36), as tintas naturais não têm em sua composição metais pesados, como os encontrados em pigmentos sintéticos, e nem compostos orgânicos voláteis, que agridem a camada de ozônio e que podem causar danos à saúde.

A adaptação de técnicas tradicionais de construção, que geralmente têm materiais naturais como matéria prima, é uma alternativa à construção civil. O aperfeiçoamento da antiga técnica de utilização do solo para a produção de tintas se apresenta como uma alternativa às tintas a base de petróleo, viável tanto economicamente, quanto do ponto de vista sustentável. As tintas de solo são compostas basicamente pelos pigmentos – o solo –, pelo solvente – a água –, e por um tipo de ligante. O solo é um material renovável, que pode ser extraído e manufaturado no próprio local, o que minimiza os gastos com energia no processo de produção e transporte. Além de apresentarem diversas vantagens ambientais, as tintas de solo possuem ótima durabilidade.

Por esse motivo, visando o resgate e aperfeiçoamento da utilização tradicional do solo para a produção de tintas atualmente e enfatizando a importância de documentação dessa antiga técnica

tradicional, pretende-se detalhar o processo de produção e aplicação das tintas de solo. O principal objetivo é a produção de tintas que apresentem homogeneidade da cobertura e boa aderência.

A pesquisa "Saberes da Terra – Tons dos Solos: produção e avaliação de tintas à base de solos" – Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de São João del-Rei –, em andamento, propôs a realização de coletas de amostras de solos na região e cidade de São João del-Rei – Minas Gerais, a análise de suas composições e posteriormente, produzidas as tintas, a caraterização das mesmas de acordo com a tonalidade, a capacidade de cobertura e aderência. As informações serão organizadas em uma Cartilha e pretende-se que o material produzido possa ser utilizado como fonte de pesquisa para futuros trabalhos acadêmicos e para interessados na área de desenvolvimento de técnicas utilizando o solo.

2. TÉCNICAS TRADICIONAIS DE PINTURAS COM SOLO

A importância da preservação da arquitetura tradicional se justifica pelo fato de constituir-se como forma de representação da cultura de um povo, sendo importante preservar tanto seu aspecto material quanto imaterial, reforçando a necessidade de registro das técnicas construtivas tradicionais, pelo seu valor histórico. Além disso, a possibilidade de resgate e aperfeiçoamento dessas técnicas construtivas para utilização nos dias atuais, considerando as características de sustentabilidade dos materiais, evidenciam a importância de sua documentação.

> *"[...] no que diz respeito às técnicas tradicionais: o reconhecimento da necessidade de se preservar o patrimônio edificado bem como a crescente preocupação ecológica têm levado à sua revalorização. Assim é que, aos poucos, tem-se desenvolvido todo um trabalho de pesquisa e recuperação da memória, através de várias estratégias, desde investigações em laboratórios até consultas aos velhos mestres"* (Castriota e Souza, 2015, p.4).

As pinturas com pigmentos naturais, de origem mineral, vegetal ou animal, são as mais antigas conhecidas pelos seres humanos, sendo as de maior estabilidade tintas produzidas com pigmentos minerais. Geralmente, as resinas eram à base de compostos naturais e a água era utilizada como solvente. Quanto às pinturas com pigmentos de solos – objeto de estudo deste trabalho –, no Brasil, as técnicas mais utilizadas são popularmente denominadas como "tinta de cal" e "barreado", ambas tendo como solvente a água e como principal diferencial o fato de nas tintas de cal serem utilizados ligantes para melhor aderência das tintas às paredes e o barreado ser uma técnica em que utiliza-se apenas a água e o solo, aplicados diretamente nas paredes.

AS TINTAS DE CAL

A cal é um material que tem sua utilização observada desde as antigas civilizações. De acordo com Santiago (2007 apud Casalinho 2013, p.34), ao longo dos séculos, houve variações no processo de obtenção deste material, desde as matérias primas utilizadas (calcários, mármores, conchas de diversas espécies e corais), os fornos e os combustíveis para a calcinação, o método de calcinação (temperatura e tempo de queima), o manuseio e a extinção. No Brasil, as primeiras utilizações da cal foram em 1549, nas edificações e revestimentos na cidade posteriormente conhecida como Salvador, no estado da Bahia.

Considerando a produção de tintas, segundo Uemoto (1993 apud Casalinho 2013, p.42), antes do desenvolvimento dos sistemas modernos de revestimento, até metade do século XX, a cal foi o material mais utilizado na pintura de paredes de alvenaria, sendo a técnica denominada "caiação" (pintura a cal sem pigmentação) ou "tinta de cal"

(quando acrescenta-se pigmentos). Apesar de apresentar menor durabilidade e menores opções decorativas em relação às tintas industrializadas atuais, é um material de baixo custo e que proporciona facilidade na aplicação, um dos motivos pelo qual manteve seu uso.

A composição tradicional das tintas de cal com solo é basicamente a cal hidratada diluída em água, o pigmento de solo, e segundo Kanan (2008 apud Casalinho 2013, p.43) os principais aditivos utilizados foram o óleo de linhaça, a caseína, a gordura animal, a mucilagem dos cactos, a água do sisal e o alume.

Segundo Casalinho (2013, p.50), atualmente as pinturas com cal são indicadas principalmente para repintura de prédios antigos, pelo fato de a maioria das tintas plásticas, acrílicas e PVA encontradas no mercado serem inadequadas para pintura dessas edificações em alvenaria de terra, pois formam uma película que impede o "respiro da alvenaria", causando patologias à estrutura.

O BARREADO

De acordo com Cardoso (et al. 2013 apud Cardoso 2015, p.1), apesar da falta de referencial teórico com relação às origens da técnica, acredita-se que o barreado tenha sido o método de pintura mais utilizado em construções civis pela população rural brasileira até o século XX, tendo sua utilização reduzida quando se introduziu a produção de tintas industriais no país, assim como as pinturas com cal.

O barreado, denominação popular para a antiga técnica de pintura utilizando o solo como pigmento, consiste na diluição de solos argilosos em água, e sua aplicação sobre as paredes com o auxílio de um pano úmido. A tabatinga, denominação de origem tupi para barro branco ou barro esbranquiçado (Houaiss 2001 apud Cardoso 2015, p.1), era o tipo de solo mais utilizado.

Em relação às propriedades do barreado, Cardoso (2015, p.1) afirma que quando aplicado em paredes em terra apresenta boa aderência, devido à compatibilidade entre os materiais. Assim, necessita apenas de manutenções periódicas usuais a qualquer tipo de pintura. Entretanto, nas paredes em alvenaria revestidas com argamassa a base de cimento ou cal, a aplicação da técnica não apresenta resultados tão satisfatórios devido a incompatibilidades físico-químicas, o que têm contribuído para a perda de conhecimentos em relação à técnica.

3. A PINTURA COM SOLO ATUALMENTE

No âmbito da construção civil, a principal função das tintas é de proteção das superfícies, uma vez que formam uma película que impede a ação de agentes de degradação. Além disso, também têm funções decorativas. De acordo com Fazenda (2009), nos dias atuais, as tintas são compostas basicamente por quatro elementos que devem atender a requisitos específicos para que as tintas apresentem um bom desempenho:

- Pigmentos: são responsáveis pela cor e pela cobertura. Os aspectos que devem ser considerados são: resistência ao intemperismo, poder de tingimento, poder de cobertura, solidez à luz, tamanho e geometria das partículas e dispersibilidade;
- Resinas ou ligantes (adesivos): substância responsável pela ligação dos pigmentos e adesão do filme ao substrato. Devem observar as características de dureza, flexibilidade, resistência à abrasão e adesão;
- Solventes: são compostos (orgânicos ou água) utilizados para dissolver o aglutinante, responsáveis pela consistência, conferindo maior ou menor fluidez. Devem proporcionar volatilidade às tintas;
- Aditivos: com grande variedade no mercado, tem a função de aperfeiçoar uma série de características e tipos específicos de tintas, melhorando suas propriedades.

O "Projeto Cores da Terra" do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa – Minas Gerais, constatando que a maioria das edificações periurbanas não possui pintura pelo custo elevado dos produtos de acabamento, comprometendo assim a qualidade estética e a durabilidade das alvenarias, e que há uma perda gradual do conhecimento da tradicional técnica de execução de pinturas com solos, principalmente do barreado, vem buscando contribuir com o aperfeiçoamento da técnica para utilização nos dias atuais, com o desenvolvimento de uma "tecnologia social", que de acordo com Dagnino (2009 apud Cardoso 2015, p.1), pode ser definida como "produtos, técnicas e/ou metodologias reaplicáveis, desenvolvidas na interação com a comunidade e que represente efetivas soluções de transformação social" (Cardoso 2015, p.1).

Buscando resgatar e aperfeiçoar a antiga técnica de pintura com solos, o "Projeto Cores da Terra" propôs a adição de cola à base de PVA à técnica do barreado - constatada a necessidade de acrescentar uma substância aglutinante adesiva para melhor adesão das partículas às paredes -, produzindo um tipo de tinta látex que garante melhores condições de aderência às superfícies (Carvalho 2009, p.8). Cabe ressaltar que, apesar de a técnica do barreado apresentar vantagens como o fato de possibilitar o "respiro" das alvenarias, esta não apresenta boa aderência às superfícies de alvenaria revestidas com argamassa à base de cimento e/ou cal, devido a redução da porosidade e a incompatibilidades entre os materiais (Cardoso, 2015, p.1). O principal objetivo é o desenvolvimento de uma tecnologia social, com base nos conhecimentos tradicionais de uso do solo para pinturas, mas adaptada à realidade da autoprodução com uso de materiais acessíveis e de baixo custo. As tintas então, são basicamente uma mistura de solo (que confere cor à tinta), água (que funciona como solvente) e um ligante. O tipo de solo, devido às diferentes composições, e o tipo de ligante, conferem às tintas características específicas.

Os solos são compostos basicamente por minerais e matérias orgânicas, e suas partículas têm dimensões variadas, o que determina sua granulometria. A areia consiste nas partículas de tamanho grande, o silte nas de tamanho médio e a argila nas de tamanho muito pequeno (Carvalho 2009, p.4), tendo as partículas de argila diâmetros de 0,0002 à 0,002mm, as de silte de 0,002 à 0,02mm, as de areia fina de 0,02 à 0,2mm e as de areia grossa de 0,2 à 2,0mm. Para a confecção de tintas de boa qualidade, é necessário que o solo utilizado seja composto por uma maior quantidade de argila e silte e, de acordo com Carvalho (2009, p.5), "quanto mais finas as partículas, maior o poder pigmentante, ou seja, maior a capacidade de dar cor e aderir às superfícies". Entretanto, os solos siltosos são ainda mais adequados do que os argilosos, pois o primeiro apresenta melhores propriedades de viscosidade. As tintas produzidas com solos argilosos apresentam problemas de espalhamento, enquanto as produzidas com solos siltosos apresentam melhores resultados nas etapas de preparação e aplicação e maior durabilidade (Campos apud Fontes et al. 2013, p.8).

Como ligantes, podem ser utilizados diversos materiais, como por exemplo, a cola à base de PVA (cola de madeira ou de papel) e o grude (cola tradicional feita com água, soda cáustica e amido ou goma de tapioca). Segundo Carvalho (2009, p.8), as tintas produzidas com cola PVA são mais resistentes e por isso, podem ser utilizadas em ambientes externos, enquanto as tintas produzidas com grude são adequadas apenas para aplicação em ambientes internos, por gerarem uma mistura com menor poder de aderência.

De acordo com estudos desenvolvidos pela Universidade Federal de Viçosa, inicialmente a proporção utilizada para produção das tintas foi de uma medida de resina (cola PVA ou grude, que são de mais fácil obtenção), para duas medidas de solo e duas medidas de água (Carvalho 2009, p.7). Posteriormente, com o desenvolvimento de uma

pesquisa de mestrado de um dos integrantes do projeto "Cores da Terra", pode-se constatar que não existe uma receita única para a produção das tintas devido às características específicas de cada tipo de solo, sendo necessária a realização de alguns testes variando a proporção básica. A proporção básica para a produção de 18 litros de tinta é: 10L de água, 10L de terra e 3L de cola PVA (Carvalho et al., 2016, p.53). Para a produção das tintas mistura-se 80% da quantidade de água e 80% da quantidade de solo, acrescentando-se solo ou água para obtenção de uma boa consistência e, posteriormente acrescenta-se a resina.

Para produção de maiores quantidades de tinta é preciso calcular a área das paredes a serem pintadas, já considerando a quantidade de demãos necessárias para uma boa cobertura. De acordo com Carvalho (et al. , 2016, p.54), a tinta tem um rendimento médio de 3,9 m^2/l ou 0,250 l/m^2.

4. RESGATE E APERFEIÇOAMENTO DA TÉCNICA

Tendo como principal objetivo um aprofundamento dos estudos na área de utilização de solos para a produção de tintas, a atual pesquisa, em andamento – "Saberes da Terra – Tons do Solo: produção e avaliação de tintas à base de solo", consiste na continuidade à pesquisa, já finalizada, "Saberes da Terra – Tons do Solo: estudo sobre a produção de tinta à base de solo", ambas desenvolvidas no Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de São João del-Rei. Na primeira fase dos estudos, foram produzidas amostras de tintas com solos coletados na região da cidade de São João del-Rei – Minas Gerais, que tiveram suas características avaliadas por meio de testes de proporção e de poder de cobertura. As três amostras que apresentaram melhores resultados foram utilizadas para fabricação de tinta, resultando em uma nova tonalidade, que foi aplicada em uma residência. A tinta proporcionou um resultado bastante eficaz, evidenciando a funcionalidade da técnica, principalmente, quanto à sua aderência.

A pesquisa atual objetiva produzir e avaliar as tintas de solo a partir de adaptações de normas térnicas para obtenção de resultados mais precisos em relação à técnica. Tem como objetivo também a produção de uma Cartilha contendo orientações práticas e técnicas do processo de elaboração das tintas, a catalogação e mapeamento das cores dos solos coletados na região da cidade de São João del-Rei, além dos resultados obtidos a partir da produção de tintas com as amostras coletadas, sendo esta, fonte de pesquisa para futuros trabalhos acadêmicos e interessados na área de utilização de solos para a produção de tintas. A pesquisa se estrutura segundo as etapas apresentadas a seguir.

RECONHECIMENTO DA TÉCNICA E BUSCA DE INFORMAÇÕES

A partir do levantamento bibliográfico iniciado na pesquisa anterior, verificou-se a importância da busca por profissionais e conhecedores da área de utilização do solo para produção de tintas, considerando a diversidade quanto ao processo de produção, de acordo com a variação dos conhecimentos transmitidos. As informações adquiridas com tais profissionais estão sendo registradas por meio de entrevistas, tendo como principal objeto de estudo: a forma como desenvolveu/aprendeu a técnica, o motivo de sua utilização ao invés de outros tipos de tinta, a forma de produção (tipo e preparo do solo, materiais utilizados como ligante, as cores utilizadas e o preparo e aplicação da tinta) e a qualidade da tinta produzida, além de buscar informações a respeito da utilização da técnica atualmente e dos locais de coleta dos solos.

A partir das entrevistas verificou-se que os conhecimentos sobre a técnica são geralmente transmitidos de forma empírica. O principal fator de utilização das tintas de solo, no caso da aplicação em residências, é o baixo custo, considerando

que os ligantes utilizados eram geralmente produtos baratos, como o óleo de soja e o grude de amido. Percebe-se uma preocupação pela busca de solos com aspecto mais "fino", por gerarem tintas de melhor qualidade. Quanto à utilização das tintas por demais profissionais, verifica-se um uso frequente por artistas que buscam desenvolver suas próprias tintas de forma artesanal. No caso destes profissionais, a textura do solo e o tipo de ligante, variam segundo as intenções do artista com a pintura.

COLETA DOS SOLOS

As variações das características de tintas de solo dependem de diversos fatores, sendo os principais: a qualidade do solo – considerando mais apropriados os que apresentam maior porcentagem de silte e argila –, e o tipo de ligantes utilizados (cal, cola branca, grude, óleo de linhaça), que atribuem propriedades específicas de resistência e durabilidade ao produto final. É importante considerar a grande diversidade de tons que os solos apresentam, podendo gerar tintas variadas. De acordo com Barros (2011, p.6), são sete as principais cores do solo: marrom, amarelo, verde, azul, grafite, branco e preto, de acordo com as propriedades dos minerais pelos quais são formados.

Foi realizado um mapeamento e catalogação de solos na região da cidade de São João del-Rei, sendo a coleta orientada principalmente por meio de informações adquiridas com os entrevistados e buscando a identificação de tons (pigmentos) dentro das sete cores básicas dos solos. Ainda durante a fase de coleta, é importante observar a textura dos solos, fator determinante para a confecção de tintas de boa qualidade. De acordo com Lepsch (2010, p.41), é possível estimar a classe de textura do solo por meio do tato, friccionando-se uma amostra úmida do material entre os dedos:

> *"Nas amostras em que se predomina a areia, a sensação é de atrito (áspera e pouco pegajosa) e o material parece uma pasta sem consistência que não forma pequenos rolos, tais como "biscoitos alongados". Quando há prevalência de argila, a impressão é de suavidade e pegajosidade, e o material forma pequenos e longos rolos, que podem ser dobrados em argolas. Quando predomina o silte, a sensação é "sedosa" (semelhante ao talco em pó), e o material forma rolos com dificuldade, que são muito quebradiços"* (Lepsch 2010, p.41).

Tem-se buscado então, solos que apresentem maiores quantidades de silte e argila – principalmente de silte, devido às melhores características das tintas produzidas. Os pontos de coleta estão sendo registrados com o auxílio de um aparelho GPS, por meio das coordenadas geográficas (latitude e longitude) e da altitude, para o mapeamento dos locais de coleta dos solos. O referenciamento geográfico dos pontos é importante para a fase de catalogação dos solos, registrando os locais específicos para futuras coletas. A Fig. 1 apresenta

Fig .1 – Tipos de solos coletados.
Fonte: Mateus Martins, 2015.

amostras de alguns solos coletados durante a pesquisa.

Antes da produção, é necessário um preparo do solo, que consiste em destorroar e peneirar, descartando pedras, raízes e outros materiais indesejáveis, a fim de se obter um pó fino e uniforme, que garanta uma mistura homogênea.

ANÁLISES DOS SOLOS

Para a produção de tintas que apresentem boas características, é importante a realização de análise da textura dos solos para verificação da distribuição de areia, silte e argila. Um teste simples para verificação dessa distribuição é o de sedimentação, que de acordo com Carvalho (2009, p.5) se dá por meio da mistura do solo a ser analisado, com água e uma pequena quantidade de sal, colocados em um recipiente transparente. Após a agitação da mistura, é possível observar a separação dos constituintes: a areia, a primeira a se decantar, fica no fundo do recipiente, seguida da camada intermediária de silte, e a argila, mais fina, é a última a se decantar.

Para a pesquisa em questão, buscando-se obter dados mais precisos da distribuição de areia, silte e argila, serão realizadas Análises de Texturas dos Solos de cada amostra de solo coletada. Tais análises serão realizadas pelo Método da Pipeta, segundo a metodologia proposta por Day (1965, p.545).

ANÁLISES DAS TINTAS

Tem-se como objetivo desenvolver tintas que atendam aos requisitos de desempenho estabelecidos pelas normas técnicas brasileiras – definidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT's) –, obtendo tintas naturais com semelhança de qualidade às tintas industriais, mas considerando suas vantagens sustentáveis e com relação à saúde humana. O propósito é o desenvolvimento de tintas com pigmentos naturais, utilizando-se dos conhecimentos tradicionais de produção, entretanto visando principalmente o desenvolvimento de uma tecnologia de baixo custo e boa durabilidade, adequadas à aplicação em alvenarias com argamassas de cimento e/ou cal, popularmente utilizadas no Brasil.

Assim, tendo catalogado as composições das amostras a partir das análises de textura, será realizada uma seleção e separação dos solos adequados para a confecção das tintas, sendo esses destorroados e peneirados, buscando obter um pigmento fino e uniforme, visando maior qualidade da mistura.

Posteriormente, serão realizados testes para avaliação do poder de cobertura e resistência à abrasão das amostras de tintas produzidas, a partir de adaptações de normas técnicas apropriadas.

PRODUÇÃO DA CARTILHA

Como produto final da pesquisa, objetiva-se a produção de uma Cartilha que representa uma forma de documentação da produção de tintas com solos na região da cidade de São João del-Rei – Minas Gerais, registrando os conhecimentos locais, com objetivo de resgatar a antiga técnica, constituindo um importante meio de transmissão para reprodução da técnica atualmente. A Cartilha apresentará orientações práticas e técnicas do processo de elaboração das tintas de solo, além dos materiais desenvolvidos durante a pesquisa: o mapeamento dos locais e catalogação das cores dos solos (pigmentos) coletados na região da cidade de São João del-Rei e os resultados obtidos a partir da produção de tintas com as amostras coletadas.

Pretende-se que o material produzido, uma Cartilha prática e didática, possa ser utilizado como fonte de pesquisa para futuros trabalhos acadêmicos, para interessados na área de desenvolvimento de técnicas utilizando o solo, além de aplicação em comunidades, por meio de oficinas teóricas e práticas, na cidade e região de São João del-Rei através dos Programas de Extensão "Saberes da

Fig. 2 - Oficina de tinta de terra com crianças no Museu Padre Toledo, em Tiradentes-Minas Gerais.
Fonte: Programa Saberes da Terra, 2015.

Fig. 3 - Alguns tipos de tintas de terra produzidas na oficina do EREA Minas.
Fonte: Programa Saberes da Terra, 2015.

Terra" e "Caminhos Sustentáveis" do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de São João del-Rei, levando às comunidades uma técnica de baixo custo e boa qualidade pra os revestimentos das edificações.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A principal função das pinturas na construção civil é a de proteção das superfícies, além de embelezamento e de proporcionar melhores condições de higiene. Além de seu potencial enquanto material sustentável e de seu baixo custo – o que viabiliza sua produção –, as tintas produzidas com pigmentos naturais também são uma opção às tintas industrializadas para aplicação em paredes de terra crua. Nessas edificações é importante atentar-se à não aplicação de tintas impermeabilizantes, considerando a necessidade de "respiro" que as paredes apresentam. Assim, a técnica tradicional de produção de tintas com solo, contribui para o processo de preservação e restauração do patrimônio histórico nacional, enfatizando a importância de estudos e da produção das tintas naturais para a perpetuação dessa prática cultural.

A importância da preservação das técnicas tradicionais como patrimônio histórico nacional reforçam a importância de seu registro. Segundo Aguiar (2003, p.3), a técnica constitui um "testemunho da história tecnológica e cultural" dos povos, pois as cores dos materiais – as terras, as pedras e madeiras – provenientes do próprio local, representam um sistema de integração cromática na cultura do lugar, denominada de "colori loci".

Desse modo, a pesquisa em desenvolvimento em parceria com os Programas de "Extensão Saberes da Terra" e "Caminhos Sustentáveis", tem buscado contribuir com o aperfeiçoamento da técnica, visando seu desenvolvimento como meio de resgate da herança coletiva e preservação do patrimônio histórico e cultural. Os Programas de Extensão buscam difundir os conhecimentos acerca de técnicas construtivas tradicionais e de técnicas sustentáveis – o tijolo de adobe, o pau-a-pique, a taipa de pilão, a tinta à base de solo e o bambu –, por meio de oficinas e workshops. A pesquisa "Saberes da Terra – Tons do Solo: produção e avaliação de tintas à base de solo" é também, um instrumento de estudo para aperfeiçoamento das tintas a serem desenvolvidas nas oficinas. São desenvolvidas desde oficinas educativas com crianças e adolescentes (Fig. 2), com a produção de

mini tijolos de adobe e amostras de tintas à base de solo, até atividades em comunidades de São João del-Rei e região, onde as técnicas são aplicadas, como, por exemplo, na oficina desenvolvida durante o EREA Minas – Encontro Regional de Estudantes de Arquitetura, realizado em maio de 2015, em São João del-Rei (Fig. 3).

Por fim, tendo a Cartilha, contendo resultados obtidos, como produto final da pesquisa, esta se constitui então, como um importante instrumento para difundir os conhecimentos sobre a antiga técnica da utilização do solo na confecção de tintas na região de São João del-Rei, no estado de Minas Gerais, Brasil e contribuir com o aperfeiçoamento de uma nova técnica com uso de pigmentos de solo, baseada nos conhecimentos tradicionais, mas garantindo maior resistência e durabilidade, com tintas de baixo custo compatíveis com os sistemas de revestimento de argamassas utilizados atualmente.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguiar, José. 2003. "Conservação de revestimentos e imagem urbana. Notas em torno do Projecto integrado para a salvaguarda dos acabamentos tradicionais do Centro Histórico de Évora." *Jornadas Luso-Brasileiras de Arquitectura, ILARTEC*. Universidade Lusíada.

Anghinetti, Izabel Cristina B. 2012. "Tintas, suas propriedades e aplicações imobiliárias." Especialização, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais.

Barros, Mauricio de. 2011. *Solocores – Tintas de solos*. Centro Multiplicador de Tecnologia Gemológica, Ouro Preto.

Cardoso, Fernando de Paula. 2015. "Desenvolvimento de processos de produção e avaliação do desempenho de tintas para a construção civil manufaturadas com pigmentos de solos." Dissertação Mestrado, Universidade Federal de Viçosa.

Carvalho, Anôr Fiorini de. [et al.]. 2009. *Cartilha Cores da terra: fazendo tinta com terra!* Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa.

Carvalho, Anôr Fiorini de. [et al.]. 2016. *Cores da terra: pintando o Brasil*. Gráfica e Editora GSA. Viçosa, MG.

Casalinho, Paula Martins Almeida. 2013. "Análise comparativa de pinturas para intervenções no patrimônio edificado em pelotas no final do século XIX." Dissertação Mestrado, Universidade Federal de Pelotas.

Castriota, Leonardo Barci, e Vilmar Pereira de Souza. 2015. "Um inventario das técnicas construtivas tradicionais brasileiras." *Revista Memória em Rede*. v.5, n.12, jan./jun.2015. Consultado em 04 de maio de 2016.https://www.academia.edu/13328377/Um_invent%C3%A1rio_das_t%C3%A9cnicas_construtivas_tradicionais_brasileiras_An_inventory_of_the_Brazilian_traditional_building_techniques?auto=download

Day, P. R. 1965. "Particle fractionation and particle--size analisys." In: Brack, C.A. (Ed). *Methods of soil analysis*. Madison: ASA.

Fazenda, J. M. R. 2009. *Tintas Imobiliárias de Qualidade: Livro de Rótulos da ABRAFATI*. São Paulo: Blucher.

Fontes, M.P, Anôr Fiorini de Carvalho, e Fernando de Paula Cardoso. 2013. *Qualidade de tintas imobiliárias produzidas à base de solos relacionada às propriedades mineralógicas, químicas e físicas*. Relatório de pesquisa. Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa.

Lepsch, Igo F. 2010. *Formação e conservação dos solos*. São Paulo: Oficina de Textos.

Macedo, Rayana Garcia de, Handson Claudio Dias Pimenta, e Reidson Pereira Gouvinhas. 2008 "Gestão ambiental de resíduos sólidos industriais: proposição de um modelo de gerenciamento para indústria de tintas em Natal-RN." *XXVIII Encontro Nacional de Engenharia De Produção: A integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável.*

Rio de Janeiro, Brasil. 13-16 de Outubro de 2008. Consultado em: 04 de maio de 2016. http://www.moodle.ufba.br/file.php/11570/Estudo_sobre_Gestao_de_Residuos_Solidos_Fab_de_Tintas.pdf

Martins, Mateus de C., e Roberta A. de Andrade. 2015. Saberes da Terra – Tons do Solos: Produção e Avaliação de Tintas à Base de Solos. Projeto de Pesquisa – Edital Nº 001/2015/PROPE/PIBIC – CNPq/UFSJ.

Martins, Mateus de C., e Isabela A. P. Resende. 2013. Saberes da Terra – Tons do Solo: Estudo Sobre a Produção de Tintas à Base de Solo. Projeto de Pesquisa – Edital Nº 002/2013/PROPE/PIBIC – FAPEMIG/UFSJ.

Martins, Mateus de C., e Isabela A. P. Resende. 2014. Saberes da Terra – Tons do Solo: Estudo Sobre a Produção de Tintas à Base de Solo. Relatório Final de Pesquisa – Edital Nº 002/2013/PROPE/PIBIC – FAPEMIG/UFSJ.

Martins, Mateus de C., Nathália S. Menezes, Lívia F. Martins, e Gabriela L. V. Mendes. 2012. Relatório Final Extensão Universitária – Programa de Bolsa de Extensão 2011 – UFSJ – PROEX. Período de Realização: 01/04/2011 a 31/03/2012. Universidade Federal de São João del-Rei, Pró-Reitoria de Extensão e Assuntos Comunitários.

Martins, Mateus de C., Juliana de O. Hermsdorf, e Maria Emília B. Rezende. 2014. Relatório Final Extensão Universitária – Programa de Bolsa de Extensão 2013 – UFSJ – PROEX. Período de Realização: 01/04/2013 a 31/03/2014. Universidade Federal de São João del-Rei, Pró-Reitoria de Extensão e Assuntos Comunitários.

Mello, V. M., e P. A. Z. Suarez. 2012. "As formulações de tintas expressivas através da História." *Revista Virtual de Química.* v.4, n.1, p.1-12, jan./fev. Acessado em 04 de maio de 2016. http://www.lasallesaocarlos.com.br/quimica/218.pdf

Sattler, Miguel Aloysio, e Feranando Oscar Ruttkay Pereira. 2006. *Consntrução e Meio Ambiente*. Porto Alegre: ANTAC. Coleção Habitare, vol. 7. Consultado em 04 de maio de 2016. http://www.habitare.org.br/ArquivosConteudo/ct_7_comp.pdf

Azenhas do Ave
História, Território e Arquitetura Aquática-Fluvial

Matos, R. Bruno[(1)]*; Barata, Francisco[(2)]*
[(1)]rmatos@arq.up.pt, [(2)]fbarata@arq.up.pt
** CEAU, Faculdade de Arquitetura, Universidade do Porto*

RESUMO

O seguinte artigo baseia-se no estudo de um conjunto de azenhas localizadas nos municípios de Vila do Conde, Vila Nova de Famalicão e Trofa e implantadas ao longo do curso do rio Ave. Tendo como objeto de estudo as Azenhas do Ave pretendemos abordar os seus aspetos históricos, territoriais, arquitetónicos e construtivos. Deste modo, o artigo encontra-se dividido em três partes: 1. Breve Enquadramento Histórico; 2. O Sistema Territorial Molinológico, e, 3. Características Arquitetónicas e Construtivas.
No ponto 1 pretendemos transmitir resumidamente os aspetos relacionados com o passado das Azenhas do Ave, tendo por base uma pesquisa arquivística e documental que apresentamos de forma ordenada e sistematizada cronologicamente. A partir desta análise foi possível compreendermos que as Azenhas do Ave tiveram uma presença com oito séculos de atividade e atualmente encontram-se desativadas, abandonadas e em ruínas.
No ponto 2 pretendemos analisar as azenhas a partir da perspetiva territorial. Neste ponto percebemos que a relação do conjunto formado pelas azenhas interage ao longo do curso fluvial definindo um sistema territorial molinológico.
Por último, no ponto 3 centramo-nos nas especificidades arquitetónicas e construtivas que caracterizam as Azenhas do Ave. Tratando-se de edifícios construídos em meio aquático-fluvial, iremos analisar os aspetos arquitetónicos, morfológicos e construtivos hidrodinâmicos concebidos para evitar a erosão da água, e, sobre tudo, aumentar a resistência em períodos de cheias.

Palavras-chave: azenhas; moinhos; Rio Ave.

1. BREVE ENQUADRAMENTO HISTÓRICO

As Azenhas do Ave enquadram-se numa tipologia específica dentro da família dos moinhos hidráulicos, cujo engenho é acionado por uma roda hidráulica vertical de propulsão inferior que a distingue dos outros moinhos, (Oliveira, Galhano e Pereira 1983). Nos dez livros de Vitrúvio no Capítulo X, destinado às rodas hidráulicas aparece descrito e desenhado o engenho de roda hidráulica vertical, (Polión 1987). Este facto levou diversos autores a atribuir a invenção da "Azenha" aos Romanos e por essa razão encontramos em diversas obras a designação de "Moinho Romano" ou "Roda Vitruviana" para designar "Azenha" - termo, aliás, usado exclusivamente na Península Ibérica.

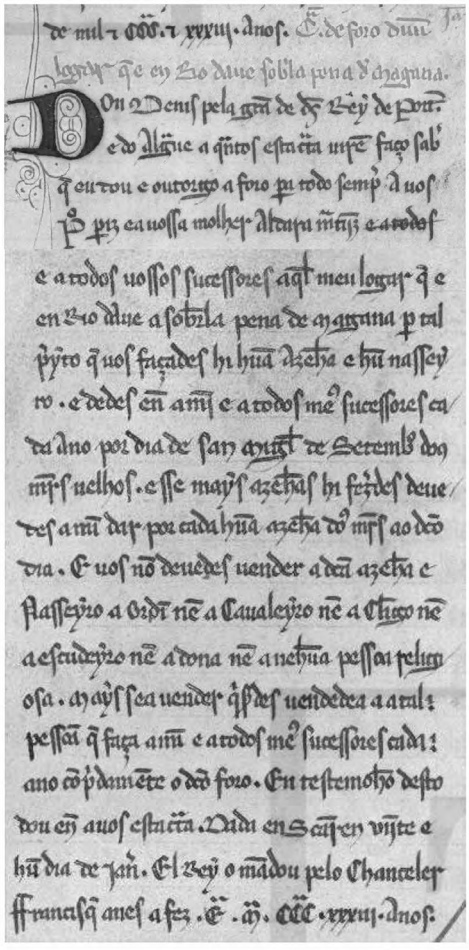


Fig. 1 - Extrato da Carta de Aforamento datada de 1295 correspondente à Azenha da Maganha. Fonte: Arquivo Digital da Torre do Tombo.

A existência de Azenhas no rio Ave remonta, pelo menos, ao período medieval. Existem referências documentais da existência de Azenhas no Ave durante o século XIII como indica a autora Alcina Martins na sua análise das Inquirições de 1258 realizadas ao Mosteiro de S. Salvador de Vairão (Martins 2001,127). "Já nas inquirições de 1258 os jurados de Pindelo, da banda de Azurara, se referem à necessidade da edificação de uma azenha, sem que porém o pudessem fazer, por estarem impedidos pelos senhorios da vila: D. Maria Pais Ribeiro e os seus descendentes" (Garrido s.d., [em linha]). Também Eugénio Freitas transcreve uma Carta de Doação do rei D. Afonso III, com data de 12 de Junho de 1270 onde é descrita a doação a André Martins «duas "sesseguas de azenie prope pontem de riulo de Ave"» (Freitas 1960, 33).

Durante o reinado de D. Dinis, entre 1279-02-16 e 1325-01-07, foi concedida autorização régia a Aldara Martins para construir uma Azenha num "lugar em rio Ave sobre a pena da Maganha"[1]. Esta Carta de Aforamento é referente à Azenha da Maganha conhecida atualmente como Azenha dos Frades localizada na freguesia de S. Tiago de Bougado - Trofa, e implantada na margem esquerda do rio Ave.

Em 1492 era proprietária a Mesa Capitular da Sé do Porto da Azenha da Esprela localizada na Freguesia de S. Martinho de Bougado - Trofa e implantada na margem esquerda do rio Ave.

"De tempo imemorial é senhoria directa a Mesa Capitular de um casal que antigamente se chamava de Vale e hoje de Paradela de que renovou o prazo em 1473 e tem prosseguido as renovações. […] e da Azenha chamada da Esparrela na aldea de Real, prazo renovado em 1492." (Silva 1981, 83).

Existem também referências documentais datadas do século XVI relativas às Azenhas da Retorta e Formariz localizadas nas margens esquerda e direita do rio Ave no Município de Vila do Conde.

«Prazo de Vida feito na nota de Vicente Pinto Monteiro a 12 de S.bro de 1708 a Manoel Luiz Velho. Este prazo he de metade das Azenhas. Doutra metade das Azenhas, outro prazo Fatuirim

[1] *Consultado digitalmente no Arquivo Nacional da Torre do Tombo, [em linha]. Disponível em: http://digitarq.arquivos.pt/details?id=4629007*

in prepetum feito a Pedro Velho no anno de 1522 por Gonçalo Alves escrivão que foi na comarca Eclesiástica do Porto»[2].

«Venda que fizeram António Teixeira e Mulher Antónia Velho a Christovam D' Andrade dos quinhões que tinham as Azenhas de Retorta, em 20 Set.bro de 1593.»[3].

É datado do dia 13 de Junho de 1612 o registo de venda realizado pelos moleiros das Azenhas de Ponte d' Ave a Manuel de Araújo e sua mulher, Inês Jácome de um casal na Freguesia de Touguinhó, por 24800 reais[4]. No dia 5 de Janeiro de 1615 foi realizado o Emprazamento pelo Mosteiro de Santa Clara das Azenhas da Fisga, sitas no rio Ave, na Freguesia de Macieira da Maia, a vários moradores do Couto do Mosteiro de Vairão[5].

No século XVIII é mencionado nas Memórias Paroquiais sobre as freguesias que confrontam o rio Ave a existência de inúmeras azenhas ao longo do curso de água, (Pinto 1976) (Capela e Silva 2001). Neste período é já percetível a formação de um sistema territorial molinológico, tal como iremos analisar no ponto 2.

Com o final do século XIX e ao longo do século XX verificou-se um processo de transformação[6] generalizado na atividade moageira ao longo do Ave, desencadeado pela prolongada crise na industria tradicional de moagem, pelo crescimento da industrialização no Vale do Ave e pela forte poluição do rio. No início da segunda metade do século XX assistimos a três factos decisivos para o declínio das Azenhas do Ave:

1) Em 1962, ocorreu a maior e mais violenta cheia de que há memória no rio Ave destruindo e danificando inúmeras azenhas, proporcionando graves prejuízos económicos aos moleiros que iam subsistindo à custa dos fracos rendimentos obtidos com o comércio da moagem tradicional. Esse facto acabou por ser fatal para diversas Azenhas que após os danos causados pela cheia já mais voltariam a ser reconstruídas.

2) A partir da década de 80 do século XX verificou-se um abandono generalizado e definitivo das Azenhas do Ave por parte dos moleiros, pelo facto da atividade da moagem tradicional deixar de ser economicamente rentável e competitiva face aos processos de moagem industrializados em franco crescimento nos meios urbanos. Em muito contribuiu o avanço da máquina e a eletricidade.

3) A proliferação dos grandes complexos industriais ao longo do Vale do Ave, regra geral, absorveram e incorporaram o edifício primitivo da azenha na própria construção industrial. Em alguns casos, as azenhas passaram a integrar a própria indústria para um novos usos nomeadamente produzir energia elétrica para a fábrica, ou mesmo, a freguesia.

A conjugação dos fatores socioeconómicos anteriormente descritos ocorridos durante as últimas décadas do século XX resultaram numa paralisia total das Azenhas do Ave. Atualmente encontram-se todas descativadas, maioritariamente em ruínas correndo o risco de desapareceram definitivamente.

2. O SISTEMA TERRITORIAL MOLINOLÓGICO

Com a análise do conjunto formado pelas 72 azenhas e 44 açudes a uma escala intermunicipal, que engloba o curso do rio Ave, ao longo de 44kms, verificamos que estamos perante um sistema territorial molinológico que se relaciona entre

[2] Citação documental consultada no Arquivo Municipal de Vila do Conde. Nº de Inventário: 3428/2-15.

[3] Citação documental consultado no Arquivo Municipal de Vila do Conde. Nº de Inventário: 3428/3.

[4] Dados documentais consultados no Arquivo Municipal de Vila do Conde. Designação do Documento: Nota 2648 - Registo de venda de 1612/06/13.

[5] Dados documentais consultados no Arquivo Municipal de Vila do Conde. Designação do Documento: Nota 4157- Registo de emprazamento de 1615/01/05.

[6] Este processo embora lento e prolongado, comparativamente a outros países da Europa, no caso do Vale do Ave foi-se estendendo até à década de 80 do século XX.

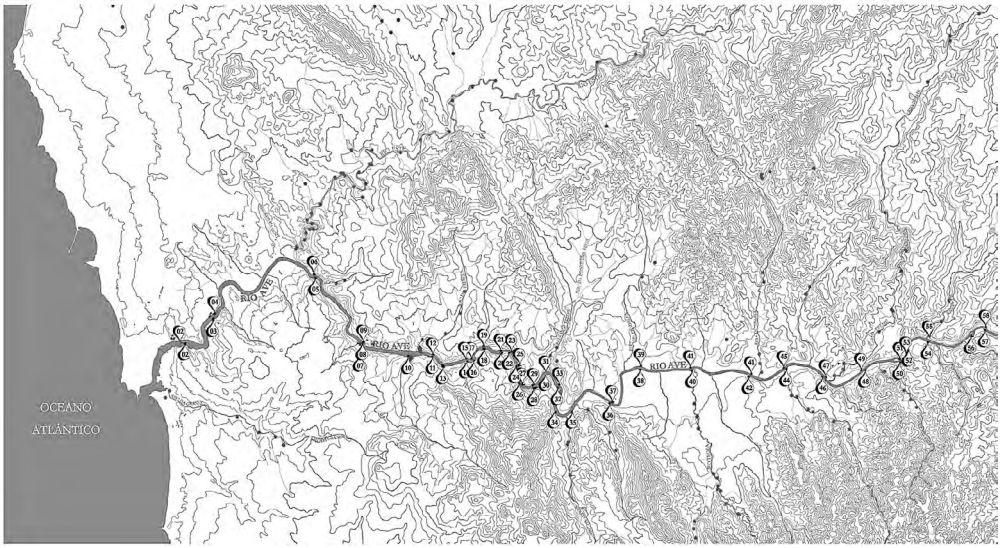


Fig. 2 - Planta cartográfica com marcação das azenhas ao longo do curso do rio Ave. Fonte: R. Bruno Matos ©.

si ao longo da água. Verificamos que as Azenhas do Ave apresentam uma implantação ritmada que obedece a um padrão ordenado e adaptado às condições hidrográficas do rio ave[7]. Paralelamente efetuamos uma breve análise em rios localizados no Norte de Portugal, nomeadamente no Cávado (Oliveira 1996), Neiva (Barreto et al. 2013), Leça (Silva et al. 2011) e Tâmega (Abrantes 1985), e verificamos que existem semelhanças na distribuição territorial das azenhas e moinhos ao longo do curso de água.

Carta de 1734, redigida por Jerónimo Contador de Argote, descrevendo um conjunto de azenhas implantadas ao longo do curso do rio Cávado: «Da ponte de Prado até Fão tem este nosso rio os precipícios artificiais dos açudes das azenhas e pesqueiras seguintes, começando a contar da ponte de Prado para baixo: as azenhas que estão na freguesia da Graça; mais abaixo as que chamam de Gabriel; mais abaixo as pesqueiras da caza de Azevedo; mais abaixo as azenhas da freguesia de Pousa; outras azenhas mais abaixo na freguesia de Areias, que são do convento de Vilar de Frades; outras que estão na freguesia de Manhente; outras chamadas de Góis; outras a Santo António, junto já de Barcelos, a que chamam azenhas do Duque e são prazo da Sereníssima Casa de Bragança; outras debaixo da ponte da vila de Barcelos também prazo da mesma Sereníssima Casa; e ultimamente as de Mareces, do Morgado e Pinheiros, com aquele celebre poço onde sempre se pescavam muitos Salmões velhos e outras variedades de peixes. Para baixo não há impedimento, nem coisa que embarace a navegação.» (Oliveira 1986, 206)

No caso das Azenhas do Ave o ritmo de implantação ao longo do rio é o resultado de uma sábia gestão equilibrada do recurso hídrico para a exploração igualitária da energia hidráulica. Esse equilíbrio só foi possível devido a uma coerente

[7] *Embora a área de análise esteja circunscrita ao 'médio ave' sabemos que a implantação das azenhas e açudes acompanha todo o curso do rio desde a sua nascente até á foz.*

inter-relação entre as partes e o todo, fruto de um diálogo permanente entre os diversos moleiros que exploravam as azenhas, localizadas a jusante e a montante, distribuídas ao longo do rio. Este especto é compreendido quando analisamos a atividade do moleiro na gestão dos caudais do rio. Os moleiros das Azenhas da Espinheira se subissem a cota altimétrica do açude mais 0,5m, elevariam a cota da água do rio e impediriam o bom funcionamento das Azenhas de Ponte d'Ave, localizadas a montante, a 2Kms de distância[8]. Uma ação contrária também resultaria num desequilíbrio do sistema, isto é, se o açude da Azenha da Espinheira rompesse iria baixar o nível da água do rio e a água do açude das Azenhas de Ponte d' Ave cairia sem amortecer descalçando lentamente a fundação do açude levando-o à ruína. Este modo de controlar o rio revela uma preocupação sistémica no equilíbrio entre os níveis dos planos de água, fundamental para preservar o correto funcionamento de todas as azenhas distribuídas ao longo do rio. Nesse sentido o sistema territorial molinológico do Ave pode ser interpretado como uma construção que transforma o rio numa extensa e suave cascata artificial destinada à exploração de energia para o exercício de diversas atividades pré-industriais. Apesar da dimensão territorial desta construção é surpreendente a integração, o equilíbrio e a harmonia que estabelecem com o curso natural da água.

Para isso obedecem a um padrão ordenado e adaptado às condições hidrográficas do rio Ave. Os locais de implantação das azenhas foram selecionados minuciosamente em função das correntes, dos caudais, das marés e dos impactos das cheias anuais, de modo a garantirem a eficiência energética pretendida para o exercício das funções. Verificamos também que a distância de implantação entre as azenhas ao longo do rio varia em função do desnível natural do curso de água. Quando o rio atravessa uma planície aluvial as azenhas afastam-se entre si aumentando a distância de implantação para aproximadamente 2000 metros; por outro lado, quando o rio atravessa um relevo acentuado as azenhas aproximam-se entre si, diminuindo a distância de implantação para aproximadamente 800 metros. Este efeito de proximidade e afastamento é visível na figura 2. Quando o rio Ave atravessa a planície aluvial entre os município de Vila Nova de Famalicão e Trofa verificamos um afastamento entre a implantação das azenhas e açudes. Por outro lado, quando o rio Ave entra no município de Vila do Conde verificamos uma aproximação na implantação das azenhas e açudes entre si condensando-se, voltando novamente a afastarem-se à medida que se aproximam da foz.

3. CARACTERÍSTICAS ARQUITETÓNICAS E CONSTRUTIVAS

As características arquitetónicas e construtivas das azenhas do Ave são o reflexo de dois fatores principais – a função e o contacto com a água.

A função das azenhas é albergar e proteger um engenho mecânico tradicional, acionado pela energia da água, destinado a exercer diversas atividades, tais como, moer cereais, pisoar a lã, macerar o linho, serrar madeira, fabricar papel, entre outras. O sistema mecânico que caracteriza as azenhas permanentes constituído por uma roda vertical de propulsão inferior, necessita de massas de água elevadas, relativamente aos restantes tipos de moinhos hidráulicos, o que obriga a uma implantação em rios com caudais médios ou elevados, que estão suscetíveis a cheias periódicas. Este facto exige em muitos casos a utilização de sistemas construtivos que sejam simultaneamente resistentes à erosão provocada pela água e protetores nos períodos de violentas cheias.

Deste modo, ao longo do rio Ave verificamos que as azenhas obedecem a uma variedade morfológica de acordo com a exposição da vertente

[8] *Este facto é identificado pelos moleiros como "encorar" a roda da azenha.*

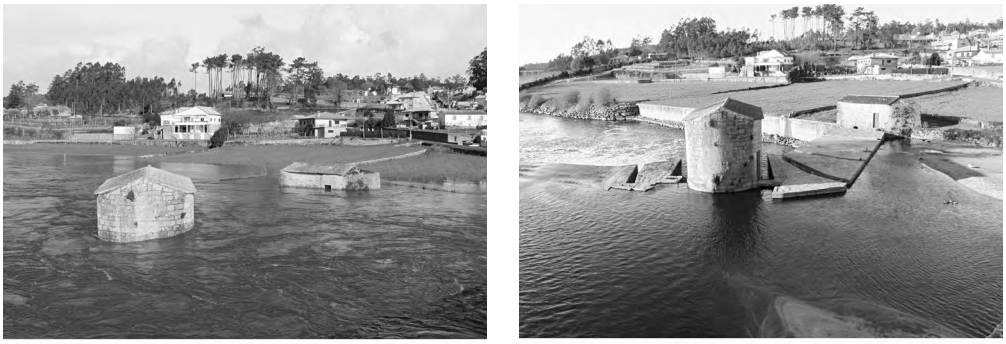


Fig. 3 - Fotografias da Azenha do Rio e Azenha do Campo. Cheia ocorrida em 2016 (à esquerda) e após a cheia (à direita). Ponte d' Ave, Freguesia de Macieira da Maia, Município de Vila do Conde. Fonte: R. Bruno Matos ©.

onde se implantam face à direção, velocidade e impacto da água. Se o local de implantação da azenha é protegida da corrente o edifício apresenta uma estrutura construtiva convencional de planta retangular ou quadrada. Por outro lado, se o local de implantação da azenha é exposta à corrente, o edifício apresenta uma arquitetura hidrodinâmica caracterizada pela introdução de variantes construtivas, pouco habituais em edifícios, onde destacamos os quebra-mares, as fachadas contrafortes e as caudas.

O quebra-mar ou talha-mar[9] é um grande maciço em pedra bem aparelhada localizado a montante do edifício «como uma grande proa de navio, orientada na direção da corrente. Quando vêm as cheias, as águas quebram de encontro à grande quilha de pedra e o moinho fica incólume.», (Dias 1993, 207). Os quebra-mares variam na sua forma mediante as características hidrográficas do rio e o nível de exposição face à corrente da água em períodos de cheias. Deste modo nos casos analisados ao longo do Ave verificamos dois tipos de quebra-mares: arredondado e aguçado.

Nos locais onde o rio Ave apresenta um caudal mais comprimido e denso, deste modo mais fácil de definir com rigor a direção da corrente, as azenhas apresentam um quebra-mar do tipo aguçado orientado minuciosamente em função da corrente da água em períodos de cheias. O rigor desta orientação é fundamental para a permanência do edifício, pois um pequeno erro de orientação da quilha do quebra-mar, em função da direção da corrente, leva à destruição imediata de todo o edifício. Este especto é de crucial importância e exige um reconhecimento prévio das características hidrográficas do rio em função das suas diferentes mutações de acordo com as estações do ano[10]. A definição da implantação e orientação da azenha obedece aos mesmos princípios edificadores exigidos na conceção da estrutura de uma ponte.

«Os sorvedouros e os redemoinhos das águas são o trato de uma corrente, e a ele não há dureza que possa resistir durante muito tempo. Pode-se ver, não só em relação às pontes, como elas estão assentes na parte inferior num leito cavado e profundo, mas também em relação a lugares de uma corrente de água que são estreitados pelas margens, onde as águas se despenham de fauces estreitas para espaços mais largos, caindo e derramando-se, devora e consome em redor tudo o

[9] *A designação castelhana é 'tajamar' ou 'cortamar'.*

[10] *Na construção das azenhas existia uma complementaridade entre o conhecimento do moleiro sobre as condições hidrográficas do rio e o saber construtivo dos mais conceituados construtores. Na cidade de Múrcia os moinhos do rio Segura foram construídos pelo mesmo pedreiro que construiu a catedral.*

Tabela 1 – Quadro tipológico das Azenhas do Ave; Fonte: R. Bruno Matos ©

Sem quebra-mar	Quebra-mar arredondado	Quebra-mar aguçado
	Identificação: **Azenha de Bairros** Município: Trofa Local: Margem esquerda do rio Ave 	
	Identificação: **Azenha de Real** Município: Trofa Local: Margem esquerda do rio Ave 	Identificação: **Azenha de Figueiró** Município: Vila do Conde Local: Margem direita do rio Ave
Identificação: **Azenha de Sam** Município: Trofa Local: Margem esquerda do rio Ave 	Identificação: **Azenha do Rio** Município: Vila do Conde Local: No meio do rio Ave 	Identificação: **Azenha do Campo** Município: Vila do Conde Local: Margem direita do rio Ave
	Identificação: **Azenha do Buraco** Município: Vila do Conde Local: Margem esquerda do rio Ave 	Identificação: **Azenha do Abade** Município: Vila do Conde Local: Margem direita do rio Ave
Identificação: **Azenha da Barca** Município: Trofa Local: Margem esquerda do rio Ave 	Identificação: **Azenha do Capitão** Município: Vila do Conde Local: Margem esquerda do rio Ave 	Identificação: **Azenha da Retorta** Município: Vila do Conde Local: Margem esquerda do rio Ave

Fig. 4 - Desenho sobre levantamento topográfico do Complexo Molinológico das Azenhas da Ombra localizadas na margem esquerda do rio Cávado no município de Braga. Fonte: R. Bruno Matos ©.

que de margens ou de fundo encontra.» (Alberti 2011, 665).

Nos locais onde o rio Ave apresenta um caudal mais dilatado e disperso, deste modo mais difícil de definir a direção da corrente, as Azenhas apresentam um quebra-mar do tipo arredondado, que permite aliviar as cargas igualitariamente ao longo do arco, sem necessidade de definir uma direção precisa para o impacto da água em períodos de cheias. No caso das Azenhas de Ponte

Fig. 5 - Desenho sobre levantamento topográfico do Complexo Molinológico das Azenhas de Olivares localizadas na margem direita do rio Douro no município de Zamora. Fonte: R. Bruno Matos ©.

d' Ave podemos observar, no mesmo complexo molinológico, os dois tipos de quebra-mar arredondado e aguçado de acordo com o critério referido anteriormente. Nas margens, onde a corrente do rio em leito de cheia segue sempre a mesma direção, devido às características hidrográficas do rio naquele local, os quebra-mares das azenhas são aguçados e com uma direção precisa. No centro do rio, onde a corrente da água em leito de cheia sofre inesperadas alterações e

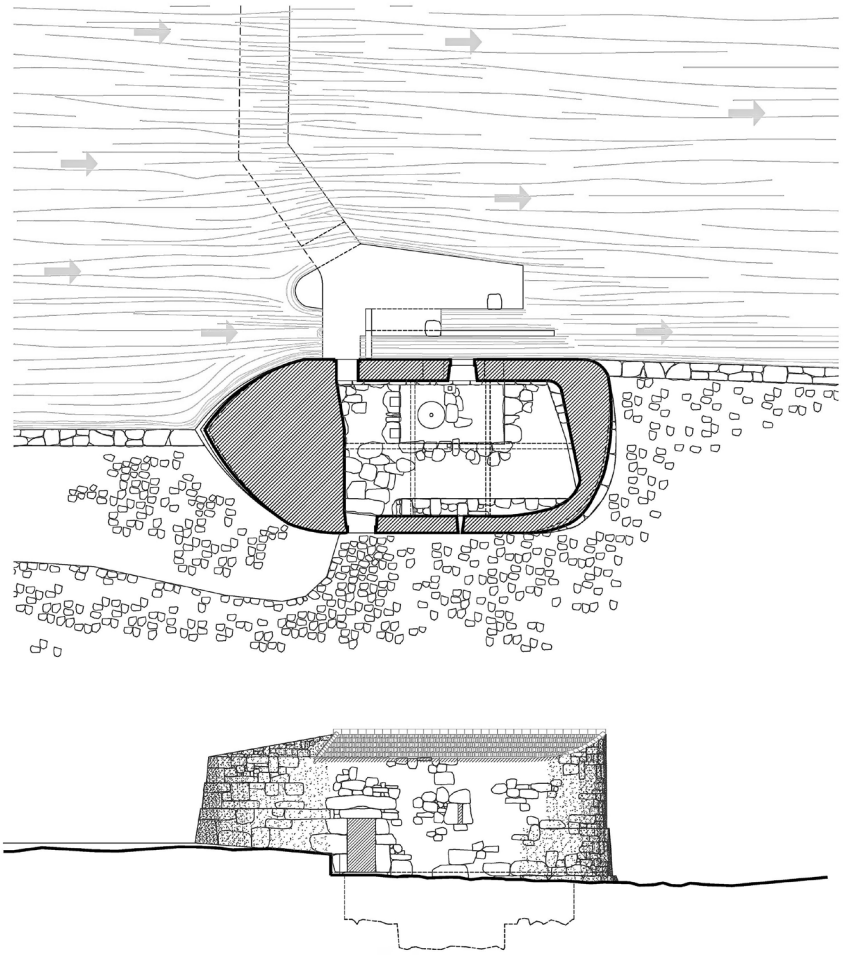


Fig. 6 - Levantamento arquitetónico da Azenha de Figueiró (estado actual), localizada na Freguesia de Bagunte, município de Vila do Conde, margem direita do rio Ave. Fonte: R. Bruno Matos ©.

mudanças de direções, o quebra-mar da azenha é arredondado.

Esta especificidade construtiva não é exclusiva do rio Ave. Verificamos que no Cávado e Douro existem azenhas que recorrem igualmente ao quebra-mar para se protegerem. As Azenhas da Ombra, localizadas no município de Braga, implantadas na margem esquerda do rio Cávado apresentam quebra-mares aguçados com orientações precisas. Neste caso o complexo molinológico

do tipo compacto, dispõem de uma arquitetura hidrodinâmica caracterizada por três edifícios que se orientam em função do rio protegendo-se mutuamente. A azenha do meio apresenta uma forma estreita e esguia com uma inflexão diferente das outras duas devido à proteção dada pela azenha do lado do rio. Além disso esta azenha apresenta uma cobertura em lajeado de pedra, com ligeira curvatura, que permite a submersão total do edifício sem elevados prejuízos materiais[11]. O conjunto formado pelas três azenhas complementam- se entre si reforçando-se e protegendo-se como uma família de "seres aquáticos".

As Azenhas de Olivares, localizadas no município de Zamora, implantadas na margem direita do rio Douro, apresentam quebra-mares aguçados e precisos com orientações diferentes entre si em função da direção da corrente do rio em leito de cheia. Neste caso, o complexo molinológico do tipo compacto, é composto por quatro edifícios. A arquitetura hidrodinâmica do conjunto apresenta ligeiras variantes entre os edifícios. A azenha implantada na margem do rio é ligeiramente diferente das restantes três que se implantam totalmente na água.

A outra variante construtiva usada nas azenhas é o contraforte. Embora não seja tão evidente visualmente como o quebra-mar representa um papel relevante na coesão e reforço do conjunto estrutural hidrodinâmico da azenha. Encontram-se localizados nos alçados a jusante do edifício e a sua função é estabilizar e travar o conjunto estrutural nos grandes impactos causados pelas cheias.

Nas azenhas analisadas no curso do rio Ave identificamos a presença de contrafortes na constituição da parede localizada a jusante (no alçado tardoz em relação à corrente do rio). Consiste na construção de uma parede reforçada, de baixo para cima, com diferentes espessuras adquirindo na maioria dos casos o formato de escada. Na Azenha de Figueiró, localizada na Freguesia de Bagunte e implantada na margem direita do rio Ave, podemos observar a aplicação da fachada contraforte, como demonstra a figura 6.

Este tipo de fachada contraforte aparecem evidenciado nas azenhas implantadas em rios com caudais mais elevados e violentos. Nas Azenhas do rio Douro localizadas nos Municípios de Zamora, Tordesilhas e Toro podemos verificar este tipo de fachada contraforte aplicado em vários casos, (Martín e Alonso 2010).

A outra variante construtiva usada nas azenhas é o que designamos por cauda. É habitual não estabelecermos uma relação direta entre a cauda e o edifício por se encontrar anexo à azenha. No entanto o seu papel na eficiência hidrodinâmica do conjunto é de relevante importância pois evita danos estruturais causados pela turbulência provocada pela passagem da água. Além disso, anula a formação de remoinhos, a jusante do edifício que fragilizariam as fundações do alçado tardoz.

Nas azenhas analisadas no curso do rio Ave, regra geral, as caudas são compostas por pequenos muretes que se prolongam no alinhamento do alçado longitudinal, com a altura do cabouco. No entanto existem variantes. Na Azenha de Sabariz podemos verificar a presença de um maciço em pedra que inicia dentro da azenha e prolonga-se na parte traseira do edifício. Na Azenha da Espinheira localizada na Freguesia de Tougues e implantada na margem esquerda do rio Ave verificamos a presença de uma cauda em ponte semelhante às existentes no rio Douro no município de Zamora.

Em suma, podemos caracterizar as Azenhas do Ave como uma tipologia arquitetónica que recorre a sistemas construtivas hidrodinâmicos destinados a reduzir o desgaste produzido pelo permanente contacto com a água, resistir aos impactos causados pelas violentas correntes em períodos de cheias e aumentar a eficiência na

[11] *Foi-nos relatado pelo proprietário da Azenha da Ribeira localizada na Freguesia de Fornelo - Vila do Conde e implantada na margem esquerda do rio Ave que na cheia ocorrida em 1962 a cobertura da azenha foi arrancada do edifício e arrastada pela corrente.*

exploração energética para o exercício das suas funções.

4. CONCLUSÃO

1) A pesquisa documental sobre as Azenhas do Ave, sistematizada no breve enquadramento histórico, permitiu-nos obter um panorama geral sobre a remota e secular atividade molinológica desenvolvida ao longo dos séculos no rio Ave. Deste modo podemos concluir que: No século XIII já existiam referências de Azenhas no rio Ave; Ao longo dos séculos foram recorrentes transações patrimoniais das azenhas, expressas em foros e prazos, o que denota a importância económica que representavam; Os dados mencionados nas Memórias Paroquiais revelam a existência, no século XVIII, de um sistema territorial molinológico no rio Ave; e por último, a atividade moageira no rio Ave entrou em declínio progressivo no início do século XX, acentuando-se na década de 60, e, culminando definitivamente na década de 80.

2) A análise territorial das Azenhas do Ave permitiu-nos obter uma visão do património não como edifício isolado mas sim como um sistema territorial molinológico interligado ao longo do rio. Deste modo podemos concluir que o conjunto formado pelas diversas azenhas que acompanham o curso do rio Ave formam um sistema territorial que teve outrora um impacto importante na formação de dinâmicas territoriais desencadeadas ao longo do curso fluvial, mas também, ao longo do Vale, quer como focos de produção pré-industrial, quer pela comunicação disseminada entre margens e municípios desencadeada com o comércio de farinhas que promoveram circuitos e rotas durante vários séculos.

3) O estudo da arquitetura e construção das azenhas permitiu-nos compreender as especificidades destes edifícios e a sua forma hidrodinâmica. Podemos concluir que as Azenhas do Ave apresentam uma diversidade tipológica que resulta das condições hidrográficas do rio, em geral, e do lugar onde se implantam, em particular. Deste modo apresentam três variantes construtivas hidrodinâmicas indispensáveis para a resistência do edifício quando submetido à erosão da água e ao embate da corrente em períodos de violentas cheias: o quebra-mar, a fachada contraforte e a cauda. Assim sendo, as Azenhas do Ave podem ser de três tipos arquitetónicos: de forma simples, com quebra-mar redondo, ou com quebra-mar aguçado.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abrantes, Joaquim Roque. 1985. Património Etnográfico Afectado Pela Barragem do Torrão - Moinhos de Água, Engenhos de Linho, Pesqueiras, Barcas de Passagem. Lisboa: Instituto Português do Património Cultural - Departamento de Etnologia.

Alberti, Leon Battista. 2011. Da Arte Edificatória. Tradução de Arnaldo Monteiro do Espírito Santo, Introdução, Notas e Revisão Disciplinar de Mário Júlio Teixeira Krüger. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

Barreto, Rogério et al.. 2013. Rio Neiva : Rodas D'água e Agro-Sistema Tradicional. Barroselas: Junta de Freguesia de Barroselas.

Capela, José Viriato e Silva, António Joaquim Pinto. 2001. Vila Nova de Famalicão nas Memórias Paroquiais de 1758. Vila Nova de Famalicão: Câmara Municipal de Vila Nova de Famalicão.

Dias, Jorge. 1993. Estudos de Antropologia - Temas Portugueses. Lisboa: INCM.

Freitas, Eugénio de Andrea da Cunha. 1960. "Estudos Vilacondenses - A Azenha de Azurara". Boletim Cultural da Câmara Municipal de Vila do Conde, Nº 1: 33-36. Barcelos: Câmara Municipal de Vila do Conde.

Garrido, Laura. Vila do Conde Quinhentista - Zona Ribeirinha Azenhas. [Em linha]. Vila do Conde:

Câmara Municipal de Vila do Conde - Arquivo Municipal [consultado em 01 Fev. 2014]. Disponível em WWW: <URL: http://viladoconde-quinhentista.cm-viladoconde.pt/azenhas.swf
Martín, Juan José Fernandez e Alonso, Jesus San José. 2010. Aceñas Del Duero - Tordesillas, Toro y Zamora. Valladolid: Junta de Castilla e León - Consejería de Cultura y Turismo.
Martins, Alcina Manuela de Oliveira. 2001. O Mosteiro de S. Salvador de Vairão na Idade Média: O Percurso de uma Comunidade Feminina. Porto: Universidade Portucalense.
Oliveira, Eduardo Pires. 1996. Estudos sobre Braga e o Minho nos Séculos XVII e XVIII - História e Arte. Braga: APPACDM Distrital de Braga.
Pinto, A. Nogueira. 1976. Os Bougados - Freguesias de S. Martinho e de Santiago nas "Memórias Paroquiais" do Arquivo Nacional da Torre do Tombo. Trofa: [s. ed.].
Polión, Marco Vitrúvio. 1987. Marco Vitrúvio Polión - Los Diez Libros de Arquitectura. Trad. de José Ortiz y Sanz e pról. Delfín Rodríguez Ruiz. Madrid: AKAL.
Silva, José Pereira. 1981. Trofa S. Martinho de Bougado Esboço de uma Monografia. Trofa: Livraria Sólivros de Portugal.
Silva, Raúl da Cunha et al.. 2011. Moinhos do Leça. Maia: Clube UNESCO da Maia.
ARQUIVOS
Arquivo Nacional da Torre do Tombo
Arquivo Municipal de Vila do Conde
Arquivo Pessoal da Dr.ª Inês Amorim (Vila do Conde)
Arquivo Pessoal do Dr. Alexandre Campos (Braga)

6. NOTA

"Este artigo foi realizado no âmbito da investigação de doutoramento financiada pela FCT - Fundação para a Ciência e Tecnologia (SFRH / BD / 85645 / 2012). Foi igualmente cofinanciado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER) através do COMPETE 2020 - Programa Operacional Competitividade e Internacionalização (POCI) e por fundos nacionais através da FCT, no âmbito do projeto POCI-01-0145-FEDER-007744."

Inserção, Abandono e Restabelecimento da Arquitetura e Construção com Terra no Brasil

Joaquim, Bianca dos Santos[(1)*]; Hijioka, Akemi[(2)]; Lopes, João Marcos de Almeida[(3)*]**

[(1)]bijoaquim@gmail.com, [(2)]ahijiok@uol.com.br, [(3)]jmalopes@sc.usp.br

[*] Universidade de São Paulo, Instituto de Arquitetura e Urbanismo

[**] Universidade de São Paulo, Instituto de Arquitetura e Urbanismo; Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – IFSP

RESUMO

A terra é um dos materiais de construção mais ancestrais. No Brasil, entretanto, o uso de tal material de construção ocorreu após o início da colonização portuguesa. Não há indícios de que os povos nativos utilizassem o solo para construir. A inserção de técnicas de construção com terra teria ocorrido no início do estabelecimento dos portugueses, que as empregavam em fortificações militares e edificações civis e religiosas erigidas em taipa de pilão ou técnicas similares. No caso de São Paulo, a introdução ocorreu nos primórdios da ocupação, com a exploração do interior por bandeirantes. A escassez de materiais calcáreos e a dificuldade de acesso às madeiras de lei em algumas regiões estimularam a implantação e propagação do uso da terra como material de construção.

Ao longo da história da construção do país, as técnicas de construção com terra foram se difundindo e passaram por variações e contribuições de diversas etnias africanas trazidas pelo tráfico de escravos e, mais pontualmente, das imigrações alemã e japonesa.

Esta conjuntura se estendeu até o final do século XIX e início do século XX quando, por força dos movimentos de industrialização e modernização que se estabeleciam, as técnicas de construção com terra foram, aos poucos, sendo abandonadas, principalmente nos meios urbanos. As técnicas que se valem do solo como material de construção persistiram em regiões periféricas, principalmente em comunidades rurais que não tinham acesso físico ou financeiro aos materiais de construção que passavam a predominar. É a partir da década de 1970 que a Arquitetura e Construção com Terra parece começar a se restabelecer como área de pesquisa e atuação. A relevância das pesquisas iniciadas na época repercutem na realização de eventos, execução de obras e fundação de importantes instituições nas décadas posteriores, que conformarão o quadro atual da arquitetura em questão.

Com o objetivo de compreender o uso da terra como material de construção no Brasil, este trabalho se propõe a relatar os eventos históricos fundamentais que estabeleceram a inserção, o abandono e a reinserção da Arquitetura e Construção com Terra no país. Tal reflexão será organizada por um delinear histórico de fatos e obras e por uma discussão do papel exercido por cada uma das seguintes perspectivas – a conservação e restauração, a arquitetura vernacular e a tecnologia "alternativa" – para a reconstituição de tal arquitetura.

Palavras-chave: arquitetura e construção com terra; técnicas de construção com terra; história da técnica.

1. ANTECEDENTE

A arquitetura e construção com terra foi, ao longo da história construtiva do Brasil, implantada, difundida, abandonada pelas classes dominantes, mantida pelas populações marginalizadas e, nas últimas décadas, vem passando por um processo de reapropriação por parte de alguns grupos de profissionais, pesquisadores e usuários, principalmente das classes média e alta.

Com o intuito de compreender por que esta arquitetura volta a ser valorizada por certos setores da sociedade e de que maneira isto afeta o entendimento e o emprego das diversas técnicas de construção com terra praticadas nos dias de hoje, será apresentada a seguir uma organização cronológica de eventos significativos relacionados ao tema.

2. INSERÇÃO

A terra é um dos materiais de construção mais ancestrais da história da civilização humana (Correia, 2006, p. 14). No Brasil, entretanto, o uso da terra na construção de edificações ocorreu após o início da colonização portuguesa. Não há indícios de que os povos nativos utilizassem o solo para construir: valiam-se da madeira, de folhas e fibras em suas construções. A inserção de técnicas de construção com terra teria ocorrido já no início do estabelecimento dos portugueses.

No caso de São Paulo, ainda nos primórdios da ocupação, com a exploração do interior por bandeirantes, conforme afima Lemos (1979, p. 16) "imperou a taipa de pilão". O mesmo autor explicita: "A taipa de pilão foi a técnica usada nas primeiras construções porque na região não havia pedras nem calcáreos que pudessem sugerir outro tipo de alvenaria, como de tijolos, por exemplo. As madeiras de lei, por sua vez, também estavam relativamente afastadas do pequeno lugarejo plantado nos Campos de Piratininga e não nos esquecemos de que naquele tempo o transporte de toras, vigas e tábuas era bem difícil numa terra sem estradas boas, só picadas e trilhas indígenas. (...) A taipa de pilão, com todas suas limitações, passou logo a caracterizar as construções bandeirantes, vindo a constituir um dado prevalente no quadro do Patrimônio Cultural paulista. A taipa de mão (pau-a-pique) somente era usada nas repartições internas, concorrendo com os tabiques de tábuas lavradas a enxó." (Lemos, 1985, p. 26)

As técnicas de construção com terra foram aos poucos se difundindo, recebendo ainda contribuições de diversas etnias africanas trazidas pelo tráfico de escravos e, mais pontualmente, das imigrações alemã e japonesa (Weimer, 2005, p. 161, 162 e 188). Como afirma Weimer (2005, p. 250), "durante quatro quintos da história de nosso país a terra se constituiu no material de construção mais importante".

3. ABANDONO

Por força dos processos de industrialização e modernização ocorridos nos séculos XIX e XX, a arquitetura e construção com terra foi aos poucos sendo abandonada pelas camadas mais abastadas da sociedade. Tal fato ocorreu na maioria das nações desenvolvidas ou em processo de desenvolvimento, as técnicas de construção com terra persistiram apenas em comunidades mais carentes, que não tinham acesso físico ou financeiro aos materiais de construção que passavam a predominar.

No caso do estado de São Paulo, o rápido enriquecimento das elites cafeeiras e o consequente impulso de ostentação promoveram o primeiro abandono das técnicas que eram tradicionalmente empregadas: "Foi o inesperado dinheiro do café que subverteu tudo e chegamos ao período ostentatório do Ecletismo" (Lemos, 1985, p. 7 e 8). Na capital paulista "até o advento da ferrovia [...] era uma cidade de barro [...]. De barro eram 'as altas torres', as casas térreas, o sobrado e... a cadeia. [...] Casas com paredes de taipa de pilão, protegidas por amplos beirais, davam feição característica à

cidade" (Toledo, 2007, p. 10). Entretanto, no final do século XIX e início do século XX ocorre uma substituição das tecnologias de construção: "O trem que desceu carregado com café pode, agora, subir com material de construção para se fazer uma casa igual àquela vista em alguma capital europeia" (Toledo, 2007, p. 77).

Jovens arquitetos recém-chegados da Europa são responsáveis pela inauguração da "era do tijolo". Dentre estes está Ramos de Azevedo que, conforme Toledo (2007), "revela um acade-mismo rígido" ao aplicar características Neoclássicas em suas obras. Em seguida, convidado a organizar o curso de arquitetura da Escola Politécnica em 1894, "para lá leva essa arquitetura, conforme aprendera na Universidade de Gand, na Bélgica. [...] O mesmo ocorre com o Liceu de Artes e Ofícios, onde lecionam mestres mandados vir da Europa" (Toledo, 2007, p. 83).

A grande quantidade de imigrantes vivendo na capital paulista e o repertório arquitetônico-construtivo 'importado' que traziam consigo também contribui para a situação: "o 'novo saber' do imigrante ligado às construções passou a exigir novos materiais que o meio ambiente ainda não poderia fornecer e, daí, a explicação das sucessivas importações." (Lemos, 1985, p. 19)

Esta importação generalizada de materiais, técnicos e tecnologias são frutos do ímpeto de modernização da cidade. As classes dominantes passam rapidamente a consumir tal arquitetura. Este fato, aliado à falta de responsabilidade dos então governantes para com o valor histórico da cidade e de suas edificações, resultou em uma substituição generalizada das edificações construídas em terra: "O núcleo histórico da cidade em 1930 já havia sido amplamente reconstruído" (Toledo, 2007, p. 91).

De maneira complementar a tantos acometimentos que pressionam o abandono das técnicas de construção com terra no meio urbano, em algumas cidades o uso das mesmas chega a ser proibido através de promulgação de lei municipal. É o caso da cidade do Rio de Janeiro, onde técnicas como o adobe e o pau a pique foram impedidas de ser empregadas (A Casa, Ano VI, n.45, jan 1928, apud Santos, 2008).

Para Santos (2008) trata-se de ação intencional dos profissionais diplomados, cada vez em maior número, dados os cursos e escolas criados nas décadas anteriores: "A eliminação das técnicas tradicionais, em nome da higiene e da saúde pública, é uma tendência forte nas legislações urbanas desde o século XIX, com o chamado higienismo. Dentre outras coisas, essa ação pode ser interpretada como uma maneira de engenheiros e arquitetos assumirem cada vez mais o controle dos parâmetros urbanos e de encaminhar a atividade construtiva para as mãos dos profissionais diplomados que, dessa forma, vão conquistando o monopólio da atividade construtiva." (Santos, 2008, p. 246).

4. PERSISTÊNCIA

Mesmo com o abandono das técnicas de construção com terra, situação que ocorria de maneira generalizada nos meios urbanos, alguns poucos entusiastas, arquitetos e estudiosos, parecem empenhar esforços, ainda que indiretos, pela manutenção desta arquitetura.

Tratam-se de estudos e realizações pontuais que parecem ser inspiradas por um crescente interesse pela arquitetura popular, também denominada de arquitetura vernacular, fortalecidas após valorizações advindas dos enfoques modernos dados ao patrimônio cultural, que olhavam não mais unicamente para a produção arquitetônica da classe dominante, mas também para as construções ditas populares (Lemos, 1985, p. 10).

Esta arquitetura inspira Lúcio Costa que, em 1936, projeta a Vila Operária de João Monlevade. Com o intuito de agregar moderno e vernacular na mesma obra, o arquiteto adota pilotis, grelha de vigas, lajes em balanço – todos em concreto

– e, ao mesmo tempo: "Painéis de treliças, forro de taquaras, madeira pintada de azul e paredes caiadas de branco integram as referências vernaculares. Nas casas geminadas de uma água, similar à escola e clube na solução estrutural, a gaiola se veda com barro: a velha técnica se aprimora pela ausência de contato com a umidade do solo e pela madeira serrada e aplainada." (Comas, 2002)

A busca que ocorre nos EUA por recursos alternativos durante a 2ª. guerra mundial tem repercussão no Brasil, além de outros países da América do Sul e Central. Apesar do desinteresse das populações urbanas pelo emprego de técnicas como taipa de pilão e adobe, a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) inicia na década de 1940 a exploração do uso do solo estabilizado com baixa dosagem de cimento. O objetivo era, como no país norte-americano, empregar o chamado solo-cimento na execução de estradas – atividade de alta demanda em tempos de industrialização e modernização. A ABCP publica diversos boletins técnicos sobre o assunto[1] e, poucos anos depois, explora também sua aplicação na construção de edificações, quando divulga nos boletins técnicos de 1948 e 1949 informações sobre "Casas de paredes de solo-cimento" e "Casas de paredes monolíticas de solo-cimento"[2]. Mas não foram encontrados registros do emprego da técnica para além de protótipos de estudos.

Na década de 1950 são dois os eventos que marcam a história aqui relatada: a invenção da CINVA-RAM em Bogotá, Colômbia, e a publicação do livro Casa de Terra pela Secretaria Especial de Saúde pública do Ministério da Saúde (SESP, 1958).

Os estudos sobre solo-cimento presentes em diversos países latino-americanos, culminam na invenção da prensa de blocos comprimidos, a CINVA-RAM, pelo engenheiro Raul Ramirez. Criada do meio pro final da década de 1950 em Bogotá, Colômbia, afirmava-se que, sendo ope-rada por 2 homens, a produção poderia alcançar 300 blocos por dia (SESP, 1958, p. 97 e 98).

Com relação à publicação da SESP, trata-se de documento que revela políticas adotadas na época para a questão da habitação rural, suas demandas e precariedades. O objetivo do livro era levar informação aos "inspetores sanitários" em atividade, além do público geral. O texto promove de maneira positiva a arquitetura e construção com terra, revelando como trabalhar com diferentes tipos de solo, detalhes de execução das principais técnicas e maneiras de lidar com patologias frequentemente encontradas nas casas de terra. Por outro lado, a publicação apresenta alto teor preconceituoso para com a técnica mista (o pau-a-pique), não poupando palavras para dizer que a mesma seria de menor qualidade se comparada ao adobe, à taipa de pilão e aos novos blocos de solo-cimento (SESP, 1958, p. 76).

O texto traz interessantes considerações acerca do abandono da taipa de pilão, técnica que, diferentemente do adobe e da taipa de mão, não persistiria na arquitetura popular. Cita o famoso artigo de Schmidt (1946) com relação às últimas construções que se valem da técnica dos taipais: "Hoje em dia, ao que parece, abandonou-se por completo as construções de terra socada. Vimos recentemente alguns muros de taipa, muito antigos, na cidade de Taubaté, no Estado de São Paulo, e , segundo o Sr. Borges Schmidt, a última casa construída de taipa entre nós foi em 1946, junto à Estação Eugênio de Melo, na Estrada de Ferro Central do Brasil. Ouvimos dizer que em algumas das velhas cidades de Minas, como Diamanti-na, existem ainda numerosas casas

[1] *ABCP. 1941. Estradas de solo-cimento. Boletim Informativo da ABCP, nº 47. ABCP. 1944. Execução manual de solo-cimento. Boletim Informativo da ABCP, nº 49.*

[2] *ABCP. 1948. Casas de paredes de solo-cimento. Boletim Informativo da ABCP, nº 49, 1944. ABCP. 1949. Casas de paredes monolíticas de solo-cimento. Boletim Informativo da ABCP, nº 54.*

de terra socada, relativamente recentes." (SESP, 1958, p. 35)

Além disso, apresenta importante consideração acerca dos motivos que levaram à temporária rejeição da taipa de pilão: "Reconhecemos que as grossas paredes de terra socada ocupam muito espaço, é um tipo de construção grosseira e sua execução é cansativa. Novos métodos mais simples, menos trabalhosos, têm sido propostos pela maior facilidade de execução. Assim explicamos o abandono da velha taipa e sua substituição pela alvenaria de tijolo cozido, pelo adobe ou pelo bloco de solo-cimento (...)." (SESP, 1958, p. 52)

Na década de 1960 a arquitetura e construção com terra passa por evento pontual – porém de grande relevância – na região metropolitana de Recife/PE. Trata-se do projeto e da execução do núcleo habitacional de Cajueiro Seco, concebido a partir do envolvimento direto entre equipe de projeto, centralizada na figura do arquiteto Acácio Gil Borsói, e os moradores. Foi implantado durante o primeiro mandato de Miguel Arraes frente ao governo de Pernambuco, entre 1963 e 1964, delicado momento da história do país.

Para este núcleo é acordado entre arquiteto e usuários o uso da técnica mista de construção com terra e madeira, a taipa de mão, concebida a partir de painéis pré-fabricados que seriam rapidamente montados *in loco* e recobertos de barro pelos moradores. Trata-se de solução que atende a uma demanda de razão econômica mas que também responde à urgência da situação de moradia das população que ali se instala. Como coloca José Lira: "a racionalização do processo produtivo da casa de taipa e a circulação local de experimentos, modelos e componentes de pré-fabricação, permite repensar tanto a recorrente referência vernacular de origem, como o caráter isolado de sua releitura moderna por parte do arquiteto A.G. Borsói." (Souza, 2010, p.13).

5. RESGATE

CONSERVAÇÃO E RESTAURAÇÃO

Conforme vimos até agora, a terra como material de construção foi outrora amplamente empregada em diversas culturas constutivas. Nestes locais a construção com terra era então intrínseca ao fazer arquitetônico. Conforme afirmado anteriormente, a partir do final do século XIX ocorre um abandono generalizado das técnicas de construção com terra, sobretudo nas áreas urbanas. Desta maneira, aquelas edificações erigidas com tal material em tempos passados, que resistiram às forças de modernização e industrialização pelas quais passou a arquitetura/construção, tornaram-se objeto de estudo da área de conservação e restauração.

A restauração consolidou-se como ação cultural a partir do fim do século XVIII. No século XIX passa a ser sistematicamente praticada e apenas no século XX se estabelece como campo disciplinar autônomo (Kuhl, 2000).

O Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional – IPHAN – inicia suas atividades no ano de 1937. Desde o início de suas atividades, edificações construídas com terra crua, sejam estas civis, oficiais ou religiosas, foram incluídas no elenco de bens arquitetônicos selecionados pelo órgão federal para compor o patrimônio histórico e artístico nacional.

Dentro deste contexto, conforme edificações erigidas a partir de técnicas de construção com terra são tratadas como objetos de valor histórico e, na medida que são documentadas a necessidade de conservação ou as experiências de restauração, surgem os primeiros indícios de apreciação do que hoje se apresenta como arquitetura e construção com terra. No Brasil tal circunstância é evidenciada a partir da conservação e restauração de exemplares como as fortificações militares (Oliveira, 2004), de casas bandeiristas (Mayumi, 2005), construções religio-

sas de Minas Gerais e as inúmeras construções preservadas em centros históricos de cidades como Salvador/BA, São Luís/MA, Ouro Preto/MG, Diamantina/MG, Tiradentes/MG, São Luís do Paraitinga/SP, Goiás/GO, dentre diversas outras (UNESCO, 2012).

ARQUITETURA VERNACULAR

No entanto, talvez por esta arquitetura ser originada a partir de material de construção sem nenhum valor comercial, a elevação da arquitetura e construção com terra como campo específico de pesquisa e atuação ocorre imediatamente após ao ganho de relevância que a área que viria a ser compreendida como Arquitetura Vernacular assume a partir da exposição "Arquitetura sem arquitetos" e a consequente publicação do livro de mesmo título. Organizada por Bernard Rudofski em 1964, no museu de arte moderna de Nova York, este evento parece ser um dos pontos de partida para a publicação de diversas outras obras concernindo ao assunto (Oliver, 1978, p. 23; Weimer, 2005, p. 229).

Paul Oliver (1978, p.23) também credita o aumento de publicações e pesquisas em Arquitetura Vernacular a partir de pesquisa realizada por Sibyl Moholy-Nagy sobre as formas construtivas dos povos nativos da América do Norte. Os resultados foram divulgados em 1957 com o livro denominado "Native Genius in Anonymous Architecture".

Também anterior à exposição de Rudofski (1964), o livro Arquitectura Popular de Portugal, de 1961, não poderia deixar de ser mencionado. Resultado do "Inquérito à Arquitetura Regional Portuguesa", realizado entre 1955 e 1957 pelo Sindicato Nacional dos Arquitetos, a obra reúne as diferentes arquiteturas produzidas pela população ao longo do território português.

Previamente às obras acima citadas, apenas menções pontuais de alguns poucos arquitetos faziam referência à arquitetura de origem popular. No caso brasileiro ocorrem tais alusões na obra de Luís Saia, Lúcio Costa, entre outros. No entanto, estas referências parecem estar sempre acompanhadas de uma valoração que transfere a autoria desta arquitetura de um contexto popular e coletivo a uma situação de maior refinamento. É o caso da arquitetura religiosa do primeiro século (nomeada jesuítica), da arquitetura do ciclo do açúcar (as denominadas casas grandes), da arquitetura bandeirista, da arquitetura religiosa do ciclo mineiro e da arquitetura do ciclo do café (Weimer, 2005, pp. XXXVII, 295-311; Mayumi, 2005, p. 31).

Também na linha vernacular, em 1949, no Brasil, o engenheiro agrônomo Carlos B. Schmidt (1946) publica notável artigo no Boletim de Agricultura (publicação paulista) acerca da taipa de pilão. Através de observação *in loco*, além de conversas com antigos mestres-taipeiros do Vale do Paraíba (Andrade, 2011, p. 43 e 44), o autor produz completo registro sobre a taipa de pilão no Brasil que até os dias de hoje é referência constante nas pesquisas que tratam desta técnica.

Outra obra literária que certamente contribuiu para a difusão da Arquitetura Vernacular é o livro "Construindo com o povo", do arquiteto egípcio Hassan Fathy. Sua primeira publicação no ocidente ocorreu em 1970. Trata-se do relato do arquiteto sobre a construção parcial de Nova Gurna. Desenho e obra ocorrem na década de 1940 (entre 1945 e 1948), após pesquisa que o arquiteto realiza sobre técnicas de construção que pudessem estar ao alcance da população mais pobre que culminam na interação com comunidades rurais da região de Assuã em 1941, onde o arquiteto toma conhecimento de técnicas tradicionalmente empregadas a partir do uso do adobe: abóbadas núbias e cúpulas (Fathy, 1982, p. 21).

TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS ÀS CONVENCIONAIS

Ao mesmo tempo que a Arquitetura Vernacular passa a adquirir destaque, outras áreas relacionadas à tecnologia passam a se organizar de maneira distinta. Em meio ao contexto de fortalecimento do movimento ambientalista ao longo da década de 1960 e, com o crescimento dos estudos na área da Habitação ao longo da década de 1970 (Farah, 1996, p. 20), ganham relevância as tecnologias por vezes chamadas de "alternativas".

Também denominadas tecnologias apropriadas ou intermediárias, as tecnologias que se colocam como alternativas às convencionais têm origens que remontam ao início do século XX, no movimento conduzido por Gandhi na Índia. No entanto, somente a partir da década de 1970 passaram a ser amplamente divulgadas no ocidente, principalmente através da obra "Small is beautiful – economics as if people mattered" em 1973 , do economista E. F. Schumacher .

Nesta obra o autor Schumacher defende a adoção de uma tecnologia intermediária à convencional, que mobilizaria baixo custo de capital "para serem acessíveis praticamente a todos, adequados à aplicação em pequena escala e compatíveis com a necessidade humana de criatividade." (Schumacher, s/d, p. 30).

Schumacher complementa com os ideais de Gandhi: "um tipo diferente de tecnologia, uma tecnologia com rosto humano que, em vez de tornar redundantes as mãos e o cérebro humano, os ajude a se tornarem mais produtivos do que nunca. (...) Como disse Gandhi, os pobres do mundo não podem ser ajudados pela produção em massa, mas pela produção pelas massas. (...) A tecnologia da produção em massa é intrinsecamente violenta, ecologicamente nociva, motivadora de frustrações em termos de recursos não-renováveis, e embrutecedora para a pessoa humana. A produção pelas massas, ao fazer uso do melhor do conhecimento e da experiência atuais, é propícia à descentralização, compatível com as leis da ecologia, sensível no uso de recursos escassos e planejada para servir à pessoa humana, em vez de torná-la escrava da máquina." (Schumacher, s/d, pp. 139-140)

Dentro do âmbito da construção civil, as tecnologias apropriadas encontram respostas para suas demandas nas técnicas de construção com terra. Por serem executadas com material local, por apresentarem feições artesanais e serem adequadas à pequena escala de produção, as técnicas que utilizam o solo como material de construção ganham relevância. Nesta época ocorrem dezenas de estudos e pesquisas acerca do solo estabilizado com cimento. Muitas cartilhas e manuais são publicados e algumas tecnologias são normalizadas, é o caso das normas da ABNT para tijolos de solo cimento (NBR 8491 e NBR 8492 de 1984) e mais tarde aquelas referentes aos painéis monolíticos de solo cimento (NBR 10832 e NBR 10833 de 1989).

No entanto as tecnologias apropriadas não chegaram a adquirir o potencial revolucionário proposto por Schumacher. Ao longo da década de 1980, em meio às críticas tanto à variada nomenclatura que recebe, quanto ao modo como são empregadas junto à população, as tecnologias alternativas às convencionais ganham outras denominações, feições mais politizadas e hoje uma das frentes que se destaca é a Tecnologia Social (Dagnino, 2010, p.13).

INDICAÇÕES DE RESTABELECIMENTO

É neste contexto de profusão de tecnologias apropriadas, impulsionadas pelo crescimento da pesquisa no âmbito da arquitetura vernacular, que a arquitetura e construção com terra volta à pauta acadêmica pelo viés da tecnologia.

Neste período foram fundados o Laboratório de Pesquisa em Construção Experimental (Forschungslabors für Experimentelles Bauen – FEB – 1975) na Universidade de Kassel, na Alemanha, e o Centro de Pesquisa e de Aplica-

ção - Terra (Centre de Recherche et d'Aplication - Terre – CRATerre – 1979) na Escola Nacional de Arquitetura de Grenoble (Mais tarde, em 1981, é criado o primeiro ensino de especialização em construção com terra em nível universitário pela CRATerre/ENSAG).

No Brasil, em 1976, o Centro de Pesquisas e Desenvolvimento (CEPED) da Bahia, através do Programa de Tecnologias da Habitação (THABA), é contratado pelo extinto BNH para desenvolver o emprego de solo-cimento na produção de paredes para habitações populares (Neves, 1988, pp. 58-64). Através deste projeto, em Narandiba e Camaçari são construídas cerca de 160 casas com blocos prensados e paredes monolíticas de terra estabilizada com cimento (Taveira, 1987, p. 102).

Trata-se do novo caráter que assumirá a arquitetura e construção com terra. Suas tecnologias passam a ser resgatadas ou reelaboradas por instituições de pesquisa para a aplicação na habitação social. Os projetos que chegam a ser edificados apresentam uma característica em comum: todos são construídos pelos próprios moradores em regime de mutirão.

Em 1982, por exemplo, em Martins/RN, através de projeto da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, é construído núcleo habitacional com 42 casas executadas com paredes monolíticas de solo-cimento (Taveira, 1987, p. 119).

A partir do final da década de 1970, também com apoio do Banco Nacional da Habitação (BNH), o Instituto de Pesquisa Tecnológica (IPT) em São Paulo passa a pesquisar e aplicar solo estabilizado com cimento na construção de moradias populares. Tais ações foram continuadas ao longo da década de 1980, culminando na produção de normas técnicas referentes à tecnologia em questão (NBR 8491 e NBR 8492 de 1984; NBR 10832 e NBR 10833 de 1989).

Em 1984, a Prefeitura da USP (campus Cidade Universitária, São Paulo), também tem participação nesta fase pela qual passa a arquitetura e construção com terra. Ao assumir a gestão, a Profa. Maria Adélia Aparecida de Souza decide trabalhar em soluções para a Favela San Remo, adjacente ao campus. As técnicas adotadas foram os blocos de terra comprimida e as paredes monolíticas apiloadas, uma versão mais esbelta da tipa de pilão. Para ambas foi utilizada uma mistura de terra estabilizada com borra de carbureto e aditivo DS-238 (comumente utilizado em pavimentação de estradas). Os blocos eram fabricados por membros da comunidade com o uso de prensas manuais localizadas na prefeitura da USP. A universidade se responsabilizaria pela construção das 6 primeiras unidade e as demais, de um total de 1500 barracos a serem substituídos, seriam assumidas pela população, mas ainda com assistência dos arquitetos envolvidos com o projeto (OESP, 1985). A obra não foi concluída.

No mesmo ano, em 1984, a grande exposição 'Arquiteturas de terra' chega ao Brasil. A exposição original (‹Des architectures de terre ou l›avenir d›une tradition millénaire') havia ocorrido em 1981 e 82 na França, no Centre Georges Pompidou. Com organização realizada pelo arquiteto belga Jean Dethier, a exposição passou por 3 cidades brasileiras: Rio de Janeiro (MAM/RJ), São Paulo (MASP) e Recife. O conteúdo brasileiro foi organizado por Giovanna Rosso del Brenna e Márcio Mazza.

A partir da década de 1990, a atuação de arquitetos na produção de residências para a classe média e alta parece crescer. Numa reflexão que coloca um pouco de tensão à questão, podemos considerar que, após período pouco maior que uma década, que se inicia em meados da década de 1970 e termina ao final da década de 1980, dedicado a testar a viabilidade das tecnologias de construção com terra com as populações de baixa renda - que por ocasião da necessidade, se prontificavam também como mão de obra – tal arquitetura estaria pronta a ser reinserida na esfera das classes média e alta.

A partir da Rio-92, há um crescimento dos apelos para com as questões ambientais. Tal disposi-ção de arquitetos e tecnologias da terra parece perfeita para dada conjuntura. É neste âmbito que a terra como material de construção volta a ter valor de uso entre as classes dominantes.

A população carente, que nunca abandonou o recurso terra, continua realizando arquitetura improvisada que desde 1958 o engenheiro Milanez (SESP, 1958) chama a atenção para uma frequente precariedade. Os motivos são os mesmos desde então: constrói com terra quem não tem acesso aos materiais de construção, por motivos financeiros, na maioria das vezes. A tecnologia que foi relegada pelas pressões das novas tecnologias impostas pelo mercado teve seu saber-fazer cada vez mais distanciado. Aqueles que se propõem executá-la, o fazem conforme alguma informação, muitas vezes incompleta que apreenderam de seus ascendentes. Esta população, à margem de um padrão econômico mínimo para manter a qualidade de vida, sobrevive com os meios que encontra. E a terra sempre esteve disponível para salvaguardá-los.

Outro fato marcante da década de 1990 é o crescimento do numero de instituições e organizações que se dedicam a pesquisar o tema. Conforme veremos a seguir em detalhes, instituições importantes como a Rede Proterra, a Rede TerraBrasil e o grupo de pesquisa Habis tem origens que remontam a este momento. Em 1995 ocorre no Brasil o primeiro evento acadêmico dedicado exclusivamente ao assunto. Trata-se do 'Workshop Arquitetura de Terra' organizado pelo grupo de pesquisa NUTAU (Núcleo de pesquisa em tecnologia da arquitetura e urbanismo) da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.

Em 1997 houve a fundação da Associação Brasileira de Construtores com Terra (ABCTerra), uma organização não governamental cujo principal propósito era encorajar e promover o desenvolvimento da construção com terra no Brasil. Este grupo foi responsável pela inserção do assunto arquitetura e construção com terra nas Bienais de Arquitetura que ocorreram em 1997 e 1999. Para a edição de 1997 organizou a exposição "Construir com Terra" e, para a edição de 1999, a exposição "Construir com Terra na América Latina".

Grupo Habis

Fundado em 1996, o grupo de pesquisa Habis, pertencente ao Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (UAU USP) em São Carlos, passa a contribuir de maneira importante para o restabelecimento da arquitetura e construção com terra, através da pesquisa e difusão do tema. Entre os anos de 1996 e 2000, quando o grupo ainda se chamava GHab, o grupo teve sua primeira experiência com a terra como material de construção através do emprego da mesma na construção de suas duas unidades--sede. Técnica mista, aplicada através de painéis pré-fabricados de madeira e recobrimento de terra estabilizada com palha, foi a tecnologia adotada. Esta avaliação era parte de uma pesquisa maior, que avaliou diversas tecnologias de construção não convencionais, e que contou com o apoio da FAPESP e da CNPq.

Entre os anos de 2002 e 2007, o Grupo Habis, conduz o projeto de pesquisa 'Sustentabilidade da cadeia de produção da habitação rural - Assentamento Pirituba II' com o apoio do CNPq. A pesquisa junto ao Assentamento Rural Fazenda Pirituba II (Itapeva-SP, Áreas I e IV) está inserida no contexto de estabelecimento de programas habitacionais com caráter participativo. Por essa razão, apesar de o projeto de pesquisa dar ênfase a processos construtivos de menor impacto ambiental, foi dada às famílias a oportunidade de optar entre construir sua casa em adobe ou em bloco cerâmico convencional.

De início, 26 famílias encabeçaram a proposta do adobe. No entanto, por diversos motivos que

foram posteriormente avaliados pelo grupo de pesquisa, ao fim do projeto apenas 1 dentre as 42 famílias envolvidas se manteve com a opção de construir com terra crua (Morita, 2010).

Entre 2007 e 2010 o Grupo Habis/USP conduz outro projeto de pesquisa, intitulado 'Sustentabilidade da cadeia de produção da Habitação Rural - Sepé Tiaraju', com o apoio do CNPq. No Assentamento Rural Sepé Tiaraju, localizado no município de Serra Azul/SP, 77 famílias acessaram recursos provenientes de um programa habitacional federal e do INCRA para construção de suas casas. "Dessas 77, um grupo de 10 famílias auto-intitulado de Grupo Alternativo, optou por construir suas casas utilizando materiais ditos mais sustentáveis, não industrializados e, de preferência, não comercializáveis, escolhendo a terra como material construtivo de vedação" (Maia, 2011).

Contudo, a história ocorrida com o projeto conduzido em Itapeva/SP volta a se repetir: após cinco anos de projeto, apenas três famílias permaneceram com a terra como opção construtiva. O Grupo Habis começa a revelar que, quando é dada a opção às famílias envolvidas em projetos que levam a arquitetura e construção com terra à habitação social, a rejeição é tão grande (ou maior) do que a que vemos em meio à classe média e alta. Quando as famílias tem opção, elas abandonam a casa de terra. Não é nosso objetivo aqui tratar do assunto da rejeição, para isso existem as referências Maia (2011) e Silva (2007). No entanto, conforme apontam os referidos autores em seus estudos, o trabalho envolvido nas tarefas de produção da arquitetura e construção com terra estão relacionados a esta rejeição.

Outros dois eventos promovidos pelo Grupo Habis/IAU USP que, apesar de pontuais e regionais, têm grande significância por demonstrar a continuidade da atuação de dada instituição na discussão e promoção da arquitetura e construção com terra. Ambos os eventos foram cursos de extensão gratuitos, abertos à comunidade, no formato de Canteiro Escola, ocasião em que se mescla espaço de trabalho e de formação, trata-se de um lugar de encontro de conhecimentos científicos, técnicos e populares.

O primeiro deles, o 'Canteiro Escola Taipa Japonesa', foi organizado pelo Grupo Habis e pela Comissão de Cultura e Extensão do IAU USP em 2013. Através de apoio financeiro da Fundação Japão e da Pró-Reitoria de Cultura e Extensão da USP foi possível trazer do Japão o professor Kinzo Nakao (Professor da Tajima Technical Institute), mestre em *tsuchikabe* há 50 anos. O curso foi realizado ao longo de 10 dias, divididos em duas etapas que permitiram o envolvimento dos participantes em todas as etapas de execução da técnica.

Como se fosse uma taipa japonesa, o *tsuchikabe*, ancestral técnica mista japonesa, é similar à taipa de mão (ou pau-a-pique), técnica mista de variadas conformações empregada no Brasil. Empregada no Brasil nas décadas de 1910-20, em colônias japonesas estabelecidas na região do Vale do Ribeira-SP (Joaquim et al., 2016), a técnica foi tema das atividades práticas do curso.

O segundo Canteiro Escola promoveu a construção da "Casa Suindara". Trata-se de curso de desenvolvido dentro do contexto específico de um assentamento rural de reforma agrária localizado em São Carlos, São Paulo, Brasil, e que promoveu a construção de uma unidade residencial unifamiliar que empregou tecnologias de construção em terra e madeira. A principal delas foi a tecnologia desenvolvida pelos participantes para o fechamento das fachadas e das coberturas da residência, que empregou paletes de madeira em painéis pré-fabricados, estruturados por vigas laminadas pregadas (VLPs), tecnologia desenvolvida pelo HABIS adaptada ao projeto em questão. No caso dos painéis empregados no fechamento das paredes, estes receberam preenchimento com terra crua ou com serragem. Para o revestimento do lado interno à edificação foram aplicadas diferentes camadas de revestimento de terra. Além

desta tecnologia, a taipa de pilão foi empregada na fundação da casa (Perrin et al., 2015).

Rede Proterra e Rede Terrabrasil

Em 1991, o Programa Ibero-Americano de Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento - CYTED, dentro do Subprograma Tecnologia para Vivenda de Interesse Social, identificado como HABYTED, implanta a Rede Temática HABITERRA. A partir de então, a pesquisa sobre construção com terra nas américas e na península ibérica passou a ter um espaço de encontro, divulgação e interação (Neves, 2004).

Em 2001, o PROTERRA, novo programa de pesquisa, é estabelecido pelo CYTED e a continuidade das pesquisas voltadas ao assunto é garantida. A partir do ano seguinte, promovido pelo programa e de maneira periódica, passam a ocorrer os SIACOT's (Seminário Iberoamericano de Arquitetura e Construção com Terra). O primeiro deles ocorreu em Salvador, na Bahia. Em out/2016 Assunción, Paraguai, sediará a 16ª edição. A partir de 2006, com o fim do programa mantido pelo CYTED, PROTERRA se estabelece como uma rede independente e, de maneira horizontal, passa a congregar, além de pesquisadores, profissionais não acadêmicos.

Em 2006 é estabelecida a Rede TerraBrasil, organização regional com intuito de alcançar maior número de profissionais e de descentralizar as discussões sobre o assunto. No mesmo ano é realizado o primeiro Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil. Em 2016 o evento bienal contará com sua 6ª edição em Bauru/SP – fato que demonstra que a arquitetura de terra alcançou um caráter de linha de pesquisa consolidada no país.

Atualmente alguns membros da Rede TerraBrasil estão trabalhando em uma proposta de norma brasileira sobre alvenaria de adobes. Em julho/2015 a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) autorizou a criação da Comissão de Estudos CE-002:123.009 – Construções com Terra. Os trabalhos estão em andamento e o texto aprovado na CE deverá ser encaminhado e aprovado por outras instâncias da ABNT, antes de ser colocado em Consulta Nacional e futuramente publicado como Norma Técnica. Trata-se de importante acontecimento para a solidificação da inserção da arquitetura e construção com terra no mercado da construção civil.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este delinear histórico, ainda que incompleto, nos revela como a arquitetura e construção com terra permeia de maneira distinta entre as classes sociais ao longo da história da construção no Brasil.

O abandono das técnicas de construção com terra, que ocorre a partir do fim do século XIX, tem por influência o processo de modernização pelo qual as cidades começam a passar, através da importação de materiais e estilos da Europa. O advento das estradas de ferro promove a importação não só de componentes construtivos como também de um ideário civilizatório que colocam Estado e profissionais como agentes de uma transformação da arquitetura urbana.

O Estado, através inclusive de legislação proibitiva para técnicas de construção com terra, e os profissionais diplomados da construção civil, que já não possuem tais técnicas em seus repertórios e que almejam ter cada vez mais controle sobre a prática construtiva, ambos agindo de maneira a apoiar a ação indireta desta iniciativa modernizadora, iniciam um processo de desvalorização da arquitetura e construção com terra que, com a passagem do tempo, repercutiu em perda de saberes por parte de construtores e da sociedade que autoconstruía. A mudança de tecnologias ocorreu de maneira tão rápida que deixou consequências de preconceito e rejeição que são percebidos até os dias de hoje.

Assim como ocorre com outras tecnologias abandonadas no decorrer dos avanços da sociedade, muitos saberes e técnicas são mantidos por quem não tem acesso físico ou financeiro aos materiais e às tecnologias incorporadas e estabelecidas como convencionais, conforme a vontade do mercado. Num momento de resgate de tais saberes construtivos, possibilitados pela persistência das culturas construtivas de tais populações, muitas vezes são extraídas informações sem reconhecimento, ou ainda, o pouco que restou do conhecimento prático de uma técnica é subjulgado por um olhar que condena alguma precariedade para com o qual o saber-fazer foi mantido, sendo que tal situação foi promovida exatamente pela expropriação dos saberes que estas populações possuíam, consequência do desuso pelo qual a técnica foi relegada por conta das pressões do capital em impor novas formas de construir.

Ao mesmo tempo, há um esforço notável de alguns grupos de pesquisadores e novos construtores que, com respeito e ética, recompõem o saber fazer das técnicas de construção com terra nos dias de hoje através do respeito e participação por parte das comunidades que são consultadas e que se envolvem com a reconstituição da arquitetura e construção com terra ao aplicarem a mesma na construção de suas próprias casas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrade, Francisco de Carvalho Dias de. 2011. A memória das máquinas: um estudo de história da técnica em São Paulo. Dissertação (mestrado) - Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

Comas, Carlos Eduardo Dias. 2002. Lucio Costa e a revolução na arquitetura brasileira 30/39. De lenda(s e) Le Corbusier. Arquitextos, São Paulo, ano 02, n. 022.01, Vitruvius, mar. 2002. Disponível em: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/02.022/798>. Acesso em 25/11/2013.

Correia, Mariana. 2006. Universalidade e diversidade da arquitetura de terra. In: Terra: Forma de Construir. Arquitectura. Antropologia. Arqueologia. 10ª Mesa Redonda de Primavera. Lisboa: Editora Argumentum e Escola Superior Gallaecia.

Dagnino, Renato P. (org.). 2010. Tecnologia social: ferramenta para construir outra sociedade. Campinas: Komedi.

Farah, Marta Ferreira Santos. 1996. Processo de trabalho na construção habitacional: tradição e mudança. São Paulo: Annablume.

Fathy, Hassan. 1982. Construindo com o povo. Rio de Janeiro: Forense Universitária.

Joaquim, Bianca. S. ; Hijioka, Akemi; Ino, Akemi. 2015. Tsuchikabe e o protagonismo do trabalhador. In: Euro Elecs 2015 Latin-American and European Conference on Sustainable Building and Communities, 2015, Guimarães, Portugal. Euro Elecs 2015 Latin-American and European Conference on Sustainable Building and Communities. Guimarães: Universidade do Minho, 2015, v. 2, pp. 813-824.

Kuhl, B.M. 2000. Viollet-le-Duc e o verbete restauração. In: Viollet-le-Duc, E.E. 2000. Restauração. Cotia-SP: Ateliê Cultural.

Lemos, Carlos. 1985. Alvenaria burguesa. São Paulo: Nobel.

Lemos, Carlos. 1979. Arquitetura brasileira. São Paulo: Melhoramentos, Editora da Universidade de São Paulo.

Maia, Rafael Torres. 2011. Avaliação das variáveis que influenciaram no uso da terra como material construtivo para habitação social rural no Assentamento Rural Sepé Tiaraju – Serra Azul – SP. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em arquitetura e urbanismo da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

Mayumi, Lia. 2005. Taipa, canela preta e concreto. Tese (Doutorado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo/SP.

MEC, SG, CEDATE. 1985. Taipa em painéis modulados. Brasília: Ministério da Educação - Centro de Desenvolvimento e Apoio Técnico à Educação - Diretoria de Pesquisa e Desenvolvimento.

Moholy-Nagy, Sibyl. 1957. Native Genius in Anonymous Architecture. New York: Horizon Press.

Morita, Carolina Akemi Martins. 2010. Adobe, habitação e sustentabilidade: tradição x inovação. In: Congresso nacioal de arquitetura e construção com terra no Brasil – TerraBrasil 2010. Anais. Campo Grande: UFMS.

Neves, Célia Maria Martins. 1988. Desempenho de paredes: procedimento adotado para paredes monolíticas de solo-cimento. IN: Simpósio de Desempenho de Materiais e Componentes de Construção Civil, 1º, Florianópolis, 1988. Pp. 58-64.

Neves, Célia Maria Martins. 2004. Resgate e atualização do construir com terra: o projeto PROTERRA. In: I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável & X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Anais. São Paulo: 18-21 julho 2004.

OESP - O Estado de São Paulo. 1985. Casas feitas com terra e madeira. Para favelados. In: O Estado de São Paulo, 29/04/1985. São Paulo.

Oliver, Paul. 1978. Cobijo y Sociedad. Madri: Herman Blume.

Oliveira, Mario Mendonça de. 2004. As Fortificações Portuguesas de Salvador quando cabeça do Brasil. Salvador: Fundação Gregório de Mattos.

Perrin, Anaïs Gueguen. Ferreira, Thiago Lopes. 2015. Chantier-École dans une communauté rurale au Brésil / Casa Suindara - Canteiro-Escola em um assentamento rural de reforma agrária. Grenoble/França: CRAterre Editions / Cadernos Habis. [edição bilíngue]

Rudofski, Bernard. 1964. Architecture without architects – a short introduction to non-pedigreed architecture. New York: Museum of Modern Art.

Santos, Roberto Eustáquio dos. 2008. A armação do concreto no Brasil: história da difusão do sistema construtivo concreto armado e da construção de sua hegemonia. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação, Belo Horizonte, 2008.

Schmidt, Carlos Borges. 1946. Construções de Taipa. Alguns aspectos de seu emprego e da sua técnica. In separata do Boletim de Agricultura, série 47, São Paulo.

Schumacher, E. F. s/d. O negócio é ser pequeno. Círculo do Livro.

SESP. Ministério Da Saúde. 1958. Casa de Terra - As técnicas de estabilização do solo a serviço do homem do campo. Rio de janeiro: Serviço Especial de Saúde Pública, Ministério da Saúde.

Silva, Fernando Machado Gonçalves da. 2007. Análise da Sustentabilidade no processo de produção de moradias utilizando adobe e bloco cerâmico. Caso: Assentamento Rural Pirituba II – Itapeva-SP. 182 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Carlos, 2007.

Souza, Diego Beja Inglez. 2010. Reconstruindo Cajueiro Seco – arquitetura, política social e cultura popular em Pernambuco (1960-64). São Paulo: Annablume.

Taveira, Eduardo Salmar Nogueira. 1987. O solo-cimento no campo e na cidade - construir, morar, habitar. São Paulo: Ícone Editora.

Toledo, Benedito Lima de. 2007. São Paulo, três cidades em um século. São Paulo: Cosac Naify.

UNESCO. 2012. World heritage inventory of earthen architecture. World Heritage Earthen Architecture Programme/UNESCO.

Weimer, Günter. 2005. Arquitetura popular brasileira. São Paulo: Martins Fontes.

O uso do Bambu como Material Construtivo:
Da Arquitetura Popular Paulista à Arquitetura como Campo Disciplinar

Radaik, Carlos Eduardo[(1)]*; Lopes, João Marcos de Almeida[(2)]*
[(1)]carlos.radaik@usp.br, [(2)]jmalopes@sc.usp.br
** Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo*

RESUMO

O homem sempre teve a necessidade de se proteger das intempéries o que o levou à criação de locais habitáveis, utilizando materiais locais disponíveis. A escassez dos recursos naturais e a demanda crescente por matérias primas vem incentivando novas pesquisas com materiais não convencionais, visando o desenvolvimento de maneira sustentável e à melhoria da qualidade de vida, tanto ecônomica como social. Neste contexto o bambu aparece como uma alternativa, considerando que seus colmos apresentam forma geométrica peculiar (cilíndrico, oco e de superfície lisa) além de possuir excelentes características físicas e mecânicas, permitindo que este seja utilizado, no seu estado natural, em estruturas bem como em vedações verticais, pisos, revestimentos, etc., sem a necessidade de passar por processamentos industriais, contribuindo de maneira positiva na economia de energia

Seu baixo custo e facilidade para a sua obtenção, o tornam largamente utilizado como material construtivo em vários países nos quais cresce com abundância, principalmente nas zonas tropicais e subtropicais da Ásia e da América. Apesar do Brasil possuir diversas espécies nativas do gênero Guadua, não é dificil encontrar espécies asiáticas introduzidas que se encontram espalhadas pelo país. Esta disponibilidade de material contribuiu e vem contribuindo para a difusão do bambu na arquitetura popular paulista, que apesar de seu uso ainda de forma tímida, comprova que este material é viável e que possui grande potencial a ser desenvolvido, inclusive para aplicação na arquitetura e na engenharia como disciplinas práticas, formalmente constituídas.

Este trabalho, portanto tem como objetivo apresentar os primeiros avanços em nossos estudos sobre o bambu como material construtivo, no formato roliço ou "in natura", considerando vantagens e desvantagens na aplicação e produção do edifício e na construção civil. Para tanto, este artigo apresenta alguns destaques da bibliografia relativa ao tema, confrontada com um breve histórico da utilização do bambu em obras destacadas no contexto paulista. Tal expediente permite-nos melhor compreender as possibilidades de uso do bambu como material construtivo, considerando a história do seu uso e sua disponibilidade na região estudada.

Palavras-chave: material construtivo; popular; bambu.

INTRODUÇÃO

O homem sempre teve a necessidade de se proteger das intempéries o que o levou à criação de locais habitáveis, utilizando materiais locais disponíveis. A escassez dos recursos naturais, a demanda crescente por matérias primas e, por conseguinte, maior emissão de Gases de Efeito Estufa – GEE, vem incentivando novas pesquisas com materiais não convencionais, visando o desenvolvimento de maneira sustentável e à melhoria da qualidade de vida, tanto ecônomica como social, bem como a incorporação de novas funções a produtos já existentes (Agopyan e John 2011).

Com relação à redução de impactos, destaca-se a exploração de conceitos avançados como materiais renováveis nos quais não há grande incorporação de energia de origem fóssil na sua produção, baixo custo de obtenção e que seus resíduos sejam biodegradáveis, porém que não exerçam pressão sobre os recursos florestais existentes.

Neste contexto o bambu aparece como uma alternativa, considerando que seus colmos (como são chamadas as varas) apresentam forma geométrica peculiar (cilíndrico, oco e de superfície lisa) além de possuir excelentes características físicas e mecânicas, permitindo que este seja utilizado, no seu estado natural, em estruturas bem como em vedações verticais, pisos, revestimentos, etc., sem a necessidade de passar por processamentos industriais, contribuindo de maneira positiva na economia de energia, sendo opção de substituto, em muitos casos, do concreto armado, aço e até mesmo da madeira (Pereira e Beraldo 2008, 40).

Seu baixo custo e facilidade para a sua obtenção tornam o bambu largamente utilizado como material construtivo em vários países nos quais cresce com abundância, principalmente nas zonas tropicais e subtropicais da Ásia, África e da América (Fig. 1).

Segundo Slamet (2012, 26), o bambu como material construtivo pode ser classificado em dois tipos, o não processado e o processado industrialmente. Neste artigo, iremos abordar somente o uso não processado que, no contexto do histórico de seu uso na região estudada, é a forma mais recorrente de utilização do material.

Fig. 1 - Distribuição do bambu no mundo (López 2003).

BAMBU

A PLANTA

O bambu não é uma árvore como é erroneamente considerado por muitas pessoas, mas sim uma gramínea gigante. Ele pertence à família Gramineae (Poaceae), sub-família Bambusoideae. Pelas características do seu colmo é considerada uma planta lenhosa, monocotiledônea, pertencente ao grupo das angiospermas (López 2003, 2). Esta planta possui uma parte aérea denominada colmo e uma parte subterrânea que é constituída pelos rizomas e raízes (Fig. 2).

É a planta com maior velocidade de crescimento entre todas as espécies vegetais, podendo atingir em poucos meses seu comprimento total, que dependendo da espécie pode ultrapassar os 30 m.

Colmo

Os colmos do bambu, na maioria das espécies, se caracterizam por ter a forma levemente cilíndrica e por apresentar uma sequência de entrenós ocos separados transversalmente, uns dos outros, por diafragmas que aparecem externamente como nós e de onde saem as ramas e folhas. Estes dia-

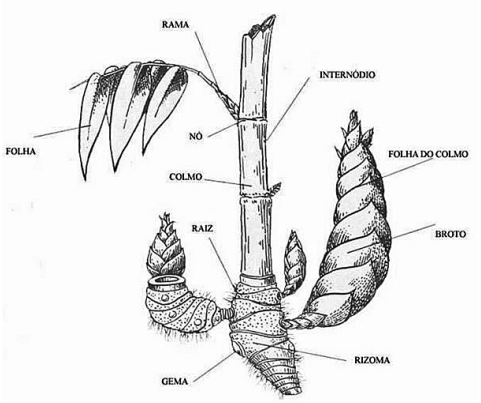


Fig. 2 – Partes do bambu (National Mission on Bamboo Application – NMBA, 2004).

fragmas fazem o papel de enrijecedores conferindo maior estabilidade e resistência aos colmos.

Poucas espécies de bambu possuem o colmo maciço, sendo na maioria delas oco. Os colmos diferem em altura, diâmetro, espessura de parede, formas de crescimento e características físicas, mecânicas e químicas, de acordo com a espécie a que pertencem. Assim, enquanto algumas espécies apresentam colmos com apenas alguns centímetros de altura e poucos milímetros de diâmetro, outras como a espécie Dendrocalamus giganteus podem ter seus colmos atingindo comprimentos de mais de 30 m e diâmetros acima dos 25 cm.

O colmo já nasce com o diâmetro que vai ter durante toda sua vida. Seu crescimento é telescópico, sendo este diâmetro maior na base e menor à medida em que avançamos em direção à ponta. Este diâmetro nunca aumenta com o passar dos anos pois, diferente das árvores, o bambu não apresenta crescimento radial.

Rizoma

O rizoma exerce um papel fundamental no desenvolvimento do bambu, não só como armazenador de nutrientes, mas também como órgão responsável pela propagação. O nascimento de colmos novos anualmente se efetua assexuadamente por ramificação destes rizomas. Esta ramificação ocorre de duas maneiras distintas, dando origem aos dois principais grupos de bambu: o grupo de moita, também conhecido como paquimorfo, onde os colmos nascem e se desenvolvem agrupados uns aos outros e o grupo de bambu alastrante, também conhecido como leptomorfo, onde os colmos nascem e se desenvolvem separados uns dos outros.

As principais espécies encontradas no Brasil, utilizadas em estruturas e laminados, do tipo paquimorfo são: *Dendrocalamus asper, D.latiflorus, Bambusa tuldóides, B.vulgaris, B.oldhamii, Guadua angustifolia, G.chacoensis* (Fig. 3). Já as principais espécies do tipo leptomorfo são: *Phyllostachys pubescens* (Mosô), *Phyllostachys bambusoides* (Madake) (Fig. 4).

MATERIAL CONSTRUTIVO

O bambu é uma planta que tem sido usada como material construtivo em muitas partes do mundo há séculos, por ser facilmente encontrado, abundante, manipulado com certa facilidade e com ferramentas simples. Países como a China, Colômbia, Índia, Equador, Indonésia e Vietnã são alguns exemplos onde o bambu é utilizado frequentemente como material construtivo (International Network of Bamboo and Rattan – INBAR 2016).

Com elevada resistência mecânica, forma tubular acabada – estruturalmente estável – baixa massa específica e baixo custo de produção, o bambu ocupa uma posição de destaque quando comparado a outros tipos de materiais construtivos.

Por outro lado, o bambu ainda sofre com um preconceito generalizado, ao ponto de ser chamado de "madeira dos pobres", mesmo em países como a Colômbia que tem a espécie *Guadua*

Fig. 3 – Rizoma paquimorfo (Pereira 2012.

Fig. 4 – Rizoma leptomorfo (Pereira 2012).

angustifolia como nativa e abundante (Nóia 2012, 70). No meio rural não é raro, devido a sua grande disponibilidade, ser classificado como *praga* (Manhães 2008, 12).

O tipo não processado, ou *in natura*, engloba todas as aplicações que utilizam o colmo do bambu inteiro, mesmo que nesses casos, exista algum tipo de aprimoramento ou uso de outros materiais em conjunto, como por exemplo o *groute* que é utilizado nas ligações estruturais tipo "Vélez", desenvolvidas pelo arquiteto colombiano Simón Vélez para melhorar o desempenho das mesmas (Nóia 2012, 84). No passado, o uso *in natura* foi largamente utilizado na construção de casas em regiões onde o material ocorria em abundância. Hoje em dia, este tipo de uso esta restrito a casas rurais tradicionais ou estruturas e/ou edificações especialmente projetadas. De forma tímida mas crescente, muitos profissionais entre arquitetos e engenheiros estão utilizando o bambu devido a suas qualidades. É considerada a forma mais primitiva de aplicação do bambu como material construtivo (Slamet 2012, 27).

De acordo com Liese (1998), Janssen (2000) e López (2003, 72), o bambu apresenta excelentes propriedades mecânicas que, de maneira parecida com as madeiras, são influenciadas pela umidade do colmo. A idade e a densidade também interferem bem como o teor de fibras, que é o principal elemento responsável pela resistência. Como a densidade de fibras aumenta à medida que se aproxima da ponta superior e ao mesmo tempo, as paredes vão diminuindo de espessura, a resistência varia também com relação à parte do colmo que se esta utilizando ou estudando (terço inferior, terço médio, terço superior). De maneira similar, a massa específica e as resistências à tração e compressão aumentam da parte interna da parede para a parte externa devido à maior densidade de fibras. Por conta disso, a região mais resistente é o terço externo da parede, e a mais fraca, o terço interno. Todas essas características também são influenciadas pelas condições ambientais como clima e solo onde este bambu foi plantado e colhido.

Como o crescimento do colmo é de forma "telescópica" e não possui raios medulares (crescimento radial), isso influencia de maneira desfavorável na resistência ao fendilhamento e cisalhamento paralelo as fibras (Villalobos 1993, 17), (Liese 1998), (Moré 2003, 32).

Vantagens

Para se fabricar uma estrutura usando os colmos não é necessário o emprego de mão-de-obra altamente especializada, equipamentos e/ou fer-

ramentas caras e sofisticadas (Graça 1988, 65), (López 2003, 225), (Moré 2003, 6), (Herrera e Ospina 2007, 163), (Pereira e Beraldo 2008, 162).

Além de possuir elevada resistência à flexão, é possível executar as mais diversas formas arquitetônicas, desde arcos, geodésicas, vencer grande vãos, balanços e até a construção de pontes e passarelas (Delgado 2006, 125), (Krause 2009, 32), (Stamm 2013).

Segundo o Arquiteto Simón Vélez, o principal erro cometido por alguns arquitetos é usar o bambu como madeira. Em todos os seus trabalhos que utilizam bambu, reconhecidos internacionalmente, ele projeta pensando nas particularidades deste material.

Utilizando-se o colmo inteiro o desperdício de material é mínimo, gerando pouco resíduo e proporcionando um menor gasto de energia na sua utilização.

Desvantagens

Nem todas as espécies disponíveis são adequadas para o uso como material construtivo (INBAR 2016).

O controle de qualidade e a padronização é dificil por se tratar de um material natural, proveniente de uma atividade agrícola. Suas características variam conforme condições climáticas, época da colheita, a idade do colmo na época do corte, etc. (Pereira 2001, 24).

No Brasil, a inexistência de normas específicas de caracterização para o bambu é um entrave na disseminação da utilização do mesmo em larga escala. Como alternativa usa-se, de forma adaptada, a norma NBR 7190:1997 (Projeto de Estruturas de Madeira) gerando resultados inconclusivos (Beraldo e Rivero 2003, 36). Alguns países possuem suas normas próprias, adequadas a sua situação local como a Índia – IS 6874:2008 (Method of Test For Bamboo), Colômbia – NSR-10 (Estructuras de Madera y Estructuras de Guadua) e Peru – NTP E-100 (Diseño y Construcción com Bambú).

As características físicas e mecânicas variam conforme a posição da peça em relação à altura do colmo. Em algumas espécies, a conicidade da vara é mais acentuada (López 2003, 11).

Como qualquer material construtivo, o bambu também demanda alguns cuidados para prolongar a sua vida útil. O primeiro deles é proteger da ação das intempéries, principalmente sol e chuva: um bom projeto que contempla beirais com largura adequada e também, que nenhum elemento executado em bambu esteja apoiado diretamente no solo, evitando o seu contato direto com a umidade (Delgado 2006, 85). O segundo é a prevenção contra a ação de fungos e insetos. Existem vários métodos utilizados que são baseados no tratamento de madeiras (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA 2004). Neste caso, a durabilidade será função da forma de tratamento aplicado e à destinação do seu uso (Pereira e Beraldo 2008, 95).

De acordo com alguns pesquisadores, o método mais usual para o tratamento do bambu é o químico com a utilização de sais hidrossolúveis a base de boro, como por exemplo, o Octaborato de Sódio Tetrahidratado, um tipo de sal utilizado como fertilizante (Azambuja et al. 2012). Outros produtos não tão convencionais, porém com uma abordagem mais sustentável são pesquisados como o óleo de Neem - *Azadirachta indica* (Machado et al. 2006, 1), o Ácido Pirolenhoso (Matsuoka 2011, 16) e o tanino condensável de Acácia Negra (*Acácia mimosa*) (Xavier 2004, 11).

O bambu também pode ser tratado com a utilização dos compostos CCA (Arseniato de Cobre Cromatado) e CCB (Borato de Cobre Cromatado) em autoclave. Porém, o uso destes produtos químicos é um contra-senso ao argumento dos benefícios ambientais que o uso deste material construtivo pode gerar.

OBRAS PELO MUNDO

Com relação aos materiais construtivos do futuro, o bambu é particularmente promissor. Suas qualidades, características, disponibilidade e a crescente demanda por matéria prima, o tornam uma peça importante em uma era de recursos que ficarão cada vez mais limitados. Diante de tal cenário, arquitetos, engenheiros e construtores de diversas partes do mundo, mas com maior destaque na Ásia e América, tem ampliado de forma siginificativa o uso do bambu e hoje já constroem diversos tipos de estruturas para grandes solicitações como até passarelas e pontes. Impressionados com estas técnicas e as possibilidades estéticas deste material, profissionais europeus e norte americanos tem empregado este material em uma variedade de construções, como residências, coberturas e até pavilhões de exposição (Minke 2012).

ÁSIA

Na China, país com maior relevância mundial no uso do bambu, o maior destaque do seu uso *in natura* são as estruturas temporárias dos andaimes, utilizados em obras de edifícios, alguns com mais de 30 andares.

Já na Indonésia, as diversas construções que compõem a *Green School*, na ilha de Bali, evidenciam as qualidades do bambu como material construtivo, seja pelo porte das edificações, a área total de construção ou até pela execução de uma ponte para travessia de carros. Outra obra de destaque é a *Jewellery Factory* de autoria de Jörg Stamm, um alemão radicado na Colômbia, muito conhecido no meio por suas construções com bambu.

Em Bangladesh, na cidade de Rudrapur, destaca-se o projeto de uma escola executada em regime de auto-construção, com a participação dos moradores da região e com a utilização de materiais locais. Este projeto ganhou o Prêmio Aga-Khan de arquitetura que é oferecido pela UNESCO.

No Vietnã, as obras do Arquiteto Vo Trong Nghia são destaque não só pelo conceito estético, baseado na simplicidade e objetividade estrutural, mas principalmente por utilizar espécies de bambus de pequeno diâmetro a partir da formação de peças estruturais compostas.

EUROPA

Mesmo sem possuir bambus nativos ou mesmo áreas de plantio suficientes para fornecer matéria prima, podemos destacar algumas obras neste continente, projetadas por arquitetos locais porém, com bambu importado da Colômbia ou China. Vale destacar o pavilhão construído na cidade de Vergiate na Itália pela organização Emissioni Zero (Fig. 5), além de algumas obras espalhadas pela Alemanha.

No ano de 2000 na cidade de Hanover, durante a EXPO 2000, foi construída umas das maiores estruturas em bambu do mundo na época, o pavilhão ZERI de autoria do arquiteto colombiano Simón Vélez. Para a obteção da licença de construção da obra, foi necessário construir um modelo, executado na Colômbia em escala 1:1, e submete-lo a diversos ensaios e provas-de-carga conforme exigências dos orgãos alemães. Além disso, foram executados ensaios tecnológicos dos materiais (bambus e conexões) no FMPA, um laboratório de ensaio de materiais que fica na cidade de Stuttgart, Alemanha. A estrutura alemã foi desmontada após a feira, devido ao fato que os bambus empregados nesta não receberam tratamento químico, que devido a toxicidade dos produtos utilizados pelo arquiteto Simón Vélez em suas obras, não seria permitida sua construção na Alemanha (Minke 2012, 132).

Fig. 5 – Pavilhão Vergiate – Itália (Emissioni Zero 2004).

Fig. 6 – Pavilhão ZERI – Manizales, Colômbia (Nóia 2012).

AMÉRICA

Seu uso é muito difundido na Costa Rica, Equador, Peru e na nossa vizinha Colômbia, onde há mais de 100 anos se utiliza o bambu com sucesso na arquitetura colombiana (López 2003, 370). No Brasil seu uso é ainda pequeno, porém em ritmo crescente, devido a disponibilidade de material, maior divulgação e pesquisa do meio técnico.

As principais obras em bambu na América estão na Colômbia, onde se utiliza a espécie nativa *Guadua angustifolia*. Destaque para o pavilhão ZERI, obra executada para realização dos ensaios da estrutura da feira de Hanover (Fig. 6), e as diversas pontes e passarelas de autoria do arquiteto colômbiano Simón Vélez e do construtor Jörg Stamm. No Brasil uma das obras de maior destaque, e também a maior em área construída, é a sede do Instituto Jatobás (Fig. 7), localizada na cidade de Pardinho, estado de São Paulo, de autoria da arquiteta Leiko Motomura.

USO DO BAMBU NO BRASIL E NO ESTADO DE SÃO PAULO

4.1. ANTECEDENTES E ATUALIDADE

O Brasil é o país que possui a maior reseva natural de bambu do mundo, fica no estado do Acre e possui em torno de 18.000 km², onde se encontram espécies do genêro *Guadua*, considerada por especialistas uma das mais adequadas para construção. Além dessas, não é dificil encontrar diversas espécies asiáticas espalhadas pelo país, trazidas pelos portugueses que vinham das colônias da Ásia e, mais tarde, pelos imigrantes chineses e japoneses que vieram trabalhar no ciclo do café. A depender da região, o bambu recebe outros nomes, tais como taquara, taboca, taquaruçu, taquari, cana brava, entre outros.

Os índios que habitavam o Brasil, muito antes da chegada de Cabral, já utilizavam espécies nativas para construir suas habitações. D'Angelis e Veiga (2003, 213) citam o povo Kaingang, que habita o sul do Brasil e algumas regiões de São Paulo, que utilizava o taquaruçu (*Guadua chacoensis*) em suas habitações. Os Guaranis utilizavam três espécies nativas de taquara de sua região, a"Takuapi"(*Me-*

Fig. 7 – Instituto Jatobás – Pardinho-SP, Brasil (Amima 2016).

rostachys clausenii), a "Tacuarembo"(*Chusquea ramossina*) e o "Tuaquarusu"(*Guadua chacoensis*), em diversas partes da habitação, tanto na composição da taipa-de-mão – uma técnica construtiva tradicional e largamente utilizada em toda a história da construção no país – como execução de coberturas (Zanin 2006, 70), (Paraná 2011). A espécie *Guadua chacoensis*, nativa do sul do Brasil, considerada por muitos pesquisadores umas da melhores para uso em construções, foi a mesma utilizada na sede do Instituto Jatobás. No momento da colheita dos colmos, os índios consideram a fase lunar, dando preferência a lua minguante e nunca colhendo na lua nova pois, afirmam que colhendo nesta última o bambu sofrerá ataque de insetos pois, com o fluxo de seiva estando no ponto mais baixo da planta, esta ficará com baixa resistência à *pragas*. O mesmo costume também é praticado ainda hoje em dia pelos colômbianos e ratificado pelos princípios da agricultura biodinâmica de Rudolf Steiner.

Os bandeirantes também fizeram uso dessa gramínea. Como a característica das entradas e bandeiras era a conquista territorial, a arquitetura resultante deveria ser basicamente simples, barata e, tanto quanto possível, de rápida execução. Num primeiro momento, quando estabelecidos em um lugar, recorriam à taipa de mão para a execução de abrigo, utilizando barro e fibras vegetais, quando disponível o bambu (D'Elboux 2004, 8).

Nas edificações de "paus a prumo", o bambu foi muito utilizado para compor a trama da taipa de mão, aplicado na sua forma natural com a utilização de varas de pequeno diâmetro ou na forma de ripas e lascas, obtidas a partir da abertura dos colmos com um facão. Ele também foi empregado em forros, sob a forma de esteiras trançadas. Como o bambu neste caso ficava exposto e sujeito ao ataque de insetos, este recebia como proteção uma demão de tinta à base de cal. Para compor mosaicos geométricos coloridos, eles também eram tingidos préviamente com a utilização de pigmentos e corantes naturais. Diversos exemplos de edificações, da época do ciclo da cana-de-açucar e ínicio do ciclo do café, podem ser encontrados, ainda de pé, na região do vale do Paraíba no estado de São Paulo (Benincasa 2010, 102).

Com a vinda dos imigrantes japoneses para São Paulo, mais precisamente para a região do Vale do Ribeira, ele também foi utilizado em elementos de vedação, no caso da taipa japonesa, técnica parecida com o pau-a-pique, na composição de divisórias e também como piso, no lugar de tábuas (Gonçalves 2008, 11), (Hijoka, Joaquim e Ino 2013).

As comunidades quilombolas presentes no vale do Ribeira, no estado de São Paulo, também fizeram uso do bambu em suas edificações, aplicado principalmente na trama da taipa de mão (Costa 2011, 45). Muitos moradores dessas comunidades, ainda fazem uso desse material em suas residências e outros tipos de edificações, inclusive cultivando essa gramínea (Instituto Socioambiental – ISA 2008, 160), (Moreno 2009, 129).

A obra mais antiga, da fase contemporânea do uso do bambu, que se tem registro oficial no estado de São Paulo, fica na cidade de Pindorama e foi construída em 1993 pelo próprio proprietário, que é artista plástico. Sua estrutura é formada basicamente por peças roliças da espécie *Dendrocalamus giganteus* (também conhecido como bambu gigante ou bambu balde). O tratamento do bambu utillizado foi através de pincelamento com o uso de Pentoxin (produto comercial com princípio ativo à base de cipermetrina) diluído em óleo diesel, que apesar da toxicidade destes produtos, não se mostrou tão eficaz (Barbosa 1997, 127).

Há diversas obras no estado que utilizam o bambu como material construtivo, sendo um fato interessante que a maioria delas possue como função o uso comercial e/ou institucional, tais como restaurantes, lojas, galpões, escritórios de ong's, alojamen-

tos, etc. As poucas residências são geralmente de propriedade dos próprios arquitetos, engenheiros e construtores que trabalham e constroem com este material. A maioria das pessoas que tem alguma ligação com o bambu são de alguma maneira simpatizantes ou ativistas de causas ambientais e sociais, o que mostra que esta gramínea, que já teve fama de madeira dos pobres, ocupa no inconciente de seus consumidores uma função muito além do material construtivo não convencional.

4.2. PESQUISA

As pesquisas do uso do bambu como material construtivo, tiveram início no Brasil no ano de 1979 na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC-Rio, pelo Professor Khosrow Ghavami. Seu objetivo era desenvolver materiais de baixo custo e consumo de energia, que não danificassem o meio ambiente (Ghavami 2014).

No estado de São Paulo as pesquisas começaram na Faculdade de Engenharia Agrícola – FEAGRI da Universidade de Campinas – UNICAMP, com o Professor Antonio Ludovico Beraldo, tendo seu primeiro artigo publicado com o tema bambu em 1987.

No ano de 2015 foi realizado, pela Rede Brasileira do Bambu – RBB, o terceiro Seminário Nacional do Bambu com o tema BAMBU, MEIO AMBIENTE E TECNOLOGIA. A RBB é uma rede nacional de pesquisa e desenvolvimento tecnológico integrada por pesquisadores, técnicos e profissionais de universidades, institutos de pesquisa, entre outras organizações que representa uma nova modalidade de trabalho, pois congrega o esforço de diferentes especialistas e, sobretudo, trabalha melhor as suas divergências. Atualmente, diversas instituições de ensino e pesquisa, espalhadas pelo Brasil, pesquisam o bambu como material construtivo, com destaque para as já citadas PUC-Rio, FEAGRI-UNICAMP, e também a Universidade Estadual Paulista – UNESP, *campus* de Bauru, Universidade de Brasília – UnB e a Universidade Federal da Paraíba – UFPB (RBB 2016).

Diante de diversos pontos positivos, costumes e disponibilidade de matéria-prima, fica a questão: por que o bambu ainda é tão pouco utilizado no Brasil? Esta pergunta esta sendo esmiuçada e é objeto da nossa pesquisa de mestrado, que analisa a cadeia produtiva do bambu como material construtivo no estado de São Paulo, Brasil, identificando seus aspectos positivos e o que ainda precisa ser aprimo

CONCLUSÃO

Podemos afirmar que o bambu, como material construtivo, é particularmente promissor. Suas qualidades, características, disponibilidade e a crescente demanda por matéria prima, o tornam uma peça importante em uma era de recursos que ficarão cada vez mais limitados. Estudar a história de seu uso como material construtivo permite-nos melhor compreender suas qualidades, potencialidades e limites, contribuindo para a adequada aplicação na construção contemporânea.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agopyan, Vahan e John, Vanderley M. 2011. O desafio da sustentabilidade na construção civil. São Paulo: Blucher.

Amima. 2016. "Centro de Cultura Max Feffer." Consultado em 20 de maio. http://www.amima-arquitetura.com.br/projetos/institucional/centrodeculturamaxfeffer.

Azambuja, Maximiliano A., Luna G. Alvisi, Marco A. R. Pereira, Tomas Q. F. Barata, Ivaldo de D. Valarelli. 2012. "Execução e montagem de galpão oficina com componentes de bambu". XIII Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira, Vitória, Brasil, 23 a 25 de julho de 2012.

Barbosa, Juliana C. 1997. "Utilização do bambu na produção de habitação de interesse social." Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Carlos.
Benincasa, Vladimir. 2010. "Casas rurais mineiras e do nordeste paulista". RESGATE.18 (20):02-36.
Beraldo, Antonio L., e Lurdes A. Rivero. 2003. "Bambu Laminado Colado (BLC)". Floresta e Ambiente 10 (2):36-46.
Costa, Antonio C. 2011. "Rio de Muitos Frutos: O quilombo compondo identidades em Ivaporunduva (Vale do Ribeira – SP)." Dissertação de Mestrado. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo.
D'Angelis, Wilmar R.,e Juracilda Veiga. 2003. "Habitação e Acampamento Kaingang hoje e no passado". Cadernos do CEOM. (18):213-242.
D'Elboux, Roseli. 2004. "Vale do Paraíba: fusão de saberes e técnicas". VIII Seminário de História da Cidade e do Urbanismo, Niterói, 2004.
Delgado, Eduardo S. 2006. "Actualidad y futuro de la arquitectura de bambu en Colômbia – Simón Vélez: "Simbolo y busqueda de lo primitivo"." Tesis Doctorado, Universidad Politecnica de Cataluña, Barcelona.
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2016. Acesso em: 10 abril. http://www.embrapa.br/.
Ghavami, Khosrow. 2014. "Materiais e Tecnologias não Convencionais para o Século XXI". Congresso Luso-Brasileiro de Materiais de Construção Sustentáveis, Guimarães, Portugal, 5 a 7 de março de 2014.
Gonçalves, Rogério B. 2008. "O sincretismo de culturas sob a ótica da arquitetura vernácula do imigrante japonês na cidade de Registro, São Paulo". Museu Paulista. 16 (1):11-46.
Graça, Vera L. 1988. Bambu: técnicas para o cultivo e suas aplicações. São Paulo: Ícone.
Herrera, Edgar G. e Aureliano S. Ospina. 2007. Una alternativa sostenible: La Guadua – técnicas de cultivo y manejo. Bogotá: C.R.Q.
Hijoka, Akemi, Bianca Joaquim, e Akemi Ino. 2013. "Minka – The houses of japanese imigrants in Ribeira valley, São Paulo." http://www.producao.usp.br/handle/BDPI/43370.
ISA – Instituto Socioambiental. 2008. Agenda Socioambiental de Comunidades Quilombolas do Vale do Ribeira. São Paulo: Ipsis.
INBAR – International Network of Bamboo an Rattan. 2016. Acesso em 20 abril. http://www.inbar.int.
Janssen, Julius J. A. 2000. Design and building with bamboo. Beijing: INBAR. Ebook.
Krause, João Q. 2009. "Desenvolvimento de elementos de bambu para treliças espaciais." Dissertação de Mestrado, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
Liese, Walter. 1998. The anatomy of bamboo culms. Beijing: INBAR. Ebook.
López, Oscar H. 2003. Bamboo: The gift of the gods. Bogotá: D'Vinni.
Machado, Gilmara O., Carlito Calil Jr., Wagner Polito, Agnieszka Pawlick. 2006. "Preservante natural de madeira para uso na construção civil – Óleo de Neem." Revista Minerva – Pesquisa & Tecnologia. 3 (1):1-8.
Manhães, Adriana P. 2008. "Caracterização da cadeia produtiva do bambu no Brasil: abordagem preliminar." Monografia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.
Matsuoka, Jéssica H. 2011. "Avaliação da eficiência do ácido pirolenhoso no tratamento preservativo de taliscas de bambu gigante contra a deterioração por fungos." Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
Minke, Gernot. 2012. Building with Bamboo. Basel: Birkhauser.
Moré, Telmo N. M. 2003. "Estrutura treliçada em bambu para utilização em telhados residenciais." Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
Moreno, Juliana C. 2009. "Temporalidades da Paisagem: uma análise das temporalidades que emer-

gem no espaço de vida da comunidade de Pedro Cubas, Vale do Ribeira, SP." Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
NMBA – National Mission On Bamboo Aplications. 2004. "Technology, Information, Forecasting and Assessment Council – TIFAC", Government of India. Acesso em: 20 abril de 2016, http://www.bambootech.org.
Nóia, Paula R. C. 2012. "Sustentabilidade socioambiental: Desenvolvimento de sistemas construtivos em bambu no Vale do Ribeira, SP." Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
Paraná, Milton M. 2011. "Política de habitação indígena no Paraná." XIV Encontro Nacional da ANPUR, Rio de Janeiro, 23 a 27 de maio de 2011.
Pereira, Marco A. R. 2001. Bambu: Espécies, características & aplicações. Bauru.
Pereira, Marco A. R. 2012. "Projeto Bambu: Introdução de espécies, manejo, características e aplicações." Teses de Livre-docência, Universidade Estadual Paulista, Bauru.
Pereira, Marco A. R. e Antonio L. Beraldo. 2008. Bambu de Corpo e Alma. Bauru, SP: Canal 6.
RBB – Rede Brasileira do Bambu. 2016. Acesso em: 20 abril. http://www.redebrasileiradobambu.com.br.
Slamet, Nelli I. 2012. "Examining the potential of strand woven bamboo as an alternative to Wood construccion material in Japan." Master Dissertation, Ritsumeikan Asia Pacific University.
Stamm, Jörg. 2013. "Construcciones com diferentes espécies de Bambú." In: Festival Internacional del Bambú, 2, Cali, 2013. http://www.vivaguadua.com.
Villalobos, Oscar A. A. 1993. "Fundamentals of the design of bamboo structures." Doctor Thesis, Eindhoven University of Technology, Eindhoven.
Xavier, Leonardo M. 2004. "Caracterização química, física e mecânica do Phyllostachys aurea e sua resistência ao ataque de térmitas, preservado com Ácido Bórico e Tanino Condensável." Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.
Zanin, Nauíra Z. 2006. "Abrigo na natureza: Construção Mbyá-Guarani, sustentabilidade e intervenções externas." Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Formulações de Argamassas de Cal com Adições:
Técnicas Tradicionais de Confecção e Aplicação

Magalhães, Ana Cristian[(1)]*; Muñoz, Rosana[(2)]*
[(1)]anacristian@hotmail.com, [(2)]munoz.rosana@gmail.com
** Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal da Bahia*

RESUMO

O uso das adições em edifícios é conhecido desde a antiguidade, sobretudo, pelos povos romanos, que demonstraram conhecimento bastante aprofundado sobre as propriedades dos materiais construtivos. A diversidade de registros que evidenciam o uso de adições, particularmente, nas argamassas de cal de construções históricas, de notável durabilidade, instiga o estudo e a análise desses materiais para aplicação no restauro de alvenarias de edificações antigas, principalmente aquelas sujeitas à ação da umidade. Dentre as adições mais usadas, destinadas a resistir à ação da água, destaca-se o pó cerâmico, proveniente da moagem de telha ou de tijolo, de uso constatado no Brasil, sobretudo em paredes de algumas fortificações baianas, durante o período colonial. Neste trabalho, apresenta-se uma série de formulações antigas de argamassas de cal com a utilização desse material para revestimento de alvenarias, compilada a partir da leitura e análise de textos de tratadistas que se dedicaram ao estudo ou mesmo à simples observação e relato das práticas da construção, entre os séculos I e XVIII. Verifica-se que, ao longo de todo esse período, o que variou nas receitas foram as proporções de pó cerâmico, a inclusão ou não de outros componentes e o tipo de aglomerante usado na mistura. Abordam-se os principais aspectos relativos à identificação dos materiais constituintes, dosagem e modo de preparo das misturas, além de recomendações para aplicação, sistematizados de forma a obter uma visão geral sobre as técnicas tradicionais de uso do pó cerâmico em argamassas de cal pelos antigos. Ressalta-se a importância deste trabalho no campo da conservação e restauro, já que servirá para ampliar o conhecimento sobre as possíveis alternativas de formulações de argamassas com incorporação de adições, em especial do pó cerâmico, fundamentadas na prática adotada pela tecnologia tradicional. No aspecto cultural, o estudo contribuirá ainda para resgatar a memória da ciência da construção antiga inclusive das raízes europeias que influenciaram a construção no Brasil.

Palavras-chave: argamassas, técnicas, adições, pó cerâmico, restauro.

1. INTRODUÇÃO

O uso das adições em argamassas de edifícios é conhecido desde a antiguidade, sobretudo, pelos povos romanos, que demonstraram conhecimento bastante aprofundado sobre as propriedades dos materiais construtivos.

De maneira criteriosa, os construtores romanos selecionavam os materiais conforme os objetivos pretendidos. Sempre que desejavam melhorar o desempenho das argamassas de cal em contato com água acrescentavam adições minerais à mis-

tura, a exemplo da argila calcinada sob a forma de fragmentos cerâmicos ou de cerâmica moída. As argamassas, assim produzidas, evidenciavam maior capacidade de proteção à ação da água e durabilidade superior às de cal e areia sem adições (Malinowski, 1982; Velosa, 2006).

Alusões ao emprego da cerâmica moída ou pó cerâmico na confecção de argamassas de cal, especialmente no local onde certa hidraulicidade era requerida, são encontradas na bibliografia que permaneceu como referência básica sobre a arte de construir desde a época vitruviana (século I a.C.) até o século XIX. O arquiteto romano Vitrúvio (1998) recomendava a adição de pó cerâmico na mistura no intuito de melhorar a qualidade das argamassas de cal. Os bons resultados de desempenho e durabilidade obtidos com o seu emprego constam ainda nos registros dos tratadistas que contribuíram para o estudo e o conhecimento da história da construção, da composição e das técnicas usadas na sua execução. Ao longo de todo esse período, a variação nas receitas contemplou a proporção de pó cerâmico, a inclusão ou não de outros componentes e o tipo de aglomerante usado na mistura, como verificado a partir das diversas informações da época colhidas na bibliografia consultada sobre o tema.

A ampla difusão do uso do pó cerâmico até o século XVIII deve-se, precisamente, à sua propriedade de conferir características hidráulicas quando misturado com a cal, fato que propiciou sua consideração, por alguns autores, como aditivo pozolânico (Ashurst, 1983).

No Brasil, segundo Oliveira (2008), a técnica da produção de argamassas com o pó cerâmico esteve restrita ao domínio dos engenheiros militares. Constam relatórios, apontamentos e documentos de obras de engenheiros, desde a época colonial, com recomendações e/ou descrições de modos de execução para as edificações militares, como as do engenheiro-mor do Brasil Francisco Frias de Mesquita, levantadas por D. Clemente da Silva-Nigra (1946).

Na descrição do revestimento exterior de uma abóbada do Forte dos Três Reis Magos, em Natal, em 1619, o referido engenheiro mencionava "[...] será guarnecida por dentro de barro sem mistura de cal nem água salgada e guarnecida por fora de boa argamassa e tettim para que melhor se defenda das umidades" (Silva-Nigra, 1946, p. 45). O termo "tettim", segundo Rodrigues e outros, citado por Santiago (2007), significa uma argamassa feita de pó de tijolo, cal e azeite. Acredita-se que esta prática seria adotada para outras construções por engenheiros militares da época.

No texto do padre jesuíta português Fernão Cardim (1980), de 1601, foram encontradas referências ao termo "tintim" na descrição da Capela da Casa da Torre, situada no litoral baiano, com data provável de construção entre 1560 e 1580: "[...] a mais formosa que há no Brasil, feita toda de estuque e tintim [...]". A palavra "tintim" teria sido usada originalmente para denominar uma pozolana da região dos Açores, em Portugal, de cor vermelha, também usada como pigmento em pintura. Posteriormente passou a designar o pó de tijolo usado para fazer betume em lugares úmidos (Bueno, 2001, p 563, nota 337). Possivelmente os dois termos "tettim" e "tintim" teriam o mesmo significado.

Em Salvador, primeira capital do Brasil, foi constatado o uso de material cerâmico pulverizado em paredes de algumas fortificações, entre elas o Forte do Barbalho, o Forte de São Pedro e o Forte de Santo Alberto (Forte da Lagartixa), como refere Oliveira (2008). Neste último, as escavações arqueológicas, efetuadas na década de 90, puseram em evidência os maciços das plataformas das canhoneiras, que foram executados com argamassas de cal, areia e pó cerâmico, de forma a absorver o impacto dos disparos dos canhões (SANTIAGO, 2007). A referida autora destaca

que na época das escavações tais maciços ainda se encontravam íntegros.

A durabilidade das argamassas continua suscitando interesse de investigadores, uma vez que grande parte destas, confeccionadas há séculos, ainda subsiste em bom estado de conservação até os dias de hoje. Objetiva-se neste trabalho sistematizar, de acordo com antigos manuais, tratados, dicionários e publicações, os principais aspectos relacionados às formulações de argamassa com adições de pó cerâmico, tais como: identificação e dosagem dos materiais constituintes, modo de preparo das misturas e recomendações de aplicação.

Segundo Mateus (2002), as argamassas destinadas a revestimentos são classificadas em três grandes grupos: rebocos, estuques e pavimentos. Foram identificados também nos tratados antigos os betumes ou mastiques, que consistiam em massas compactas, impermeáveis e elásticas. Neste trabalho serão tratadas as argamassas destinadas a revestimentos de paredes, em especial, para rebocos e estuques.

Para alcançar o objetivo proposto foram realizados os seguintes procedimentos metodológicos: i) leitura sobre o tema a partir de literatura disponível desde o século I a.C. ao século XVIII[1]; ii) compilação de formulações e modo de preparo referentes ao uso de pó cerâmico em argamassas de revestimento de alvenarias; iii) sistematização dessas informações em quadros por ordem cronológica e iv) reflexão sobre formulações das misturas apresentadas neste trabalho, modos de preparo e suas aplicações no período considerado.

Destaca-se a importância desta pesquisa no campo da Conservação e Restauro pelo resgate de informações sobre tecnologias tradicionais de elaboração de argamassas com incorporação de adições, em especial daquelas com propósito de favorecer as características de impermeabilidade e durabilidade. Este estudo pode fundamentar o desenvolvimento de novas formulações destinadas ao restauro com tais propriedades de desempenho, imprescindíveis atualmente nas intervenções restaurativas do patrimônio.

2. ANTIGAS FORMULAÇÕES DE ARGAMASSAS

Ao longo do tempo, diversos estudiosos da construção interessaram-se em desenvolver formulações de argamassas com características de resistência, durabilidade e reduzida permeabilidade à água. De acordo com os mais antigos tratados que se conhecem, foram utilizados vários tipos de adições visando melhorar as propriedades das argamassas, tais como: óleos, urina, cola animal, sangue de boi, sebo, fibras vegetais e animais, esterco, claras de ovos, açúcar, vinho, entre outros.

As características de desempenho de argamassas constituídas de areia, cal, água e adições dependiam, tal como hoje, tanto da criteriosa seleção das matérias-primas, quanto das técnicas de confecção e de aplicação.

Nos tratados ou manuais de construção consultados, observou-se a preocupação dos autores em explicitar recomendações sobre os materiais adequados à construção, seu modo de preparo e de utilização. Vitrúvio (1998), arquiteto romano do século I a.C., juntamente com Plinio (1629), escritor do século I d.C., são considerados os mais antigos tratadistas a fornecer descrições sobre qualidades e características dos materiais e argamassas. Alguns autores que vieram a seguir (sejam eles franceses, italianos, espanhóis ou portugueses) ou fizeram citações literais das receitas de Vitrúvio e Plinio ou se fundamentaram nelas para propor novas formulações.

Quanto à areia, Vitrúvio (1998), nos Capítulos IV de seus Livros II e VII, respectivamente, estabelecia que esta deveria ser extraída de jazidas e estar seca e isenta de sedimentos de terra. Isto era corroborado e ampliado por autores, tais como: Alberti (2009), tratadista do século XV, D'Aviler

[1] *Ao longo deste texto, o ano da publicação consultada encontra-se referido entre parêntesis ao lado do nome do autor estudado e a data da publicação original em destaque.*

(1738), do século XVII, Belidor (1832), do século XVIII, entre outros; que também mencionavam a necessidade de utilizar areias livres de matérias orgânicas e impurezas. No que diz respeito a este tema, Veiga et al (2004) ressaltam que o excesso de argila pode provocar retrações no processo de secagem das argamassas e aumentar, consequentemente, a fissuração, reduzindo a durabilidade.

Em relação à cal, principal ligante das argamassas, a proporção era ajustada de acordo com a qualidade da areia. Vitrúvio (1998) estabeleceu que a cal, para ser usada na construção, deveria resultar da queima de pedra dura e compacta[2]. Sugeria como proporções ideais desses materiais: no caso de cal extinta e areia de jazida, 1:3; para o mesmo tipo de cal e areia de rio ou mar, 1:2. Em referência a este último caso, para se obter uma mistura de melhor qualidade, deveria se adicionar à areia, uma terceira parte de cerâmica moída e peneirada.

Plinio (1629) foi o primeiro autor a fazer referencia ao uso da cal viva. Recomendava a mistura de óleo e cal viva para vedar dutos cerâmicos utilizados para condução de água, além do emprego de fragmentos cerâmicos para argamassas de assentamento e, no caso das de revestimentos, o uso de uma parte e meia de cal e uma de pó de mármore. Este autor mencionou a utilização de cal, areia e pó cerâmico nas proporções de: i) 1: 3: 1, sendo a areia proveniente de rio ou de mar; ii) 1: 4: 1, se oriunda jazida. Particularmente, para as construções sujeitas à umidade e à salinidade, recomendava a execução de substrato de argamassa com fragmentos de terracota.

A partir destes tratadistas, outros estudiosos desenvolveram ou citaram receitas de argamassas de revestimento, variando as proporções de materiais e o tipo de adições utilizadas nas misturas. O Quadro 1, a seguir, apresenta diversas formulações destinadas a revestimentos com a utilização de pó cerâmico, visando atingir propriedades relacionadas à impermeabilidade e durabilidade, dispostas em ordem cronológica.

[2] *De acordo com Vitrúvio (1998), em função do fim a que se destinava, a cal deveria ser proveniente de pedra espessa e dura, para edificar, e de pedra "esponjosa" e leve, para revestir.*

Quadro 1 – Antigas formulações com utilização de pó cerâmico

Tratadista	**Ano de public. original**	**Formulação**
Cennino Cennini (1859)	1437	Cennini apresentou formulação de argamassas de reboco constituída de cal extinta e areia grossa nas mesmas proporções, além de pó de tijolo esmagado e peneirado, em quantidade não definida.
Martini (1861)	1456-1502	Martini propôs dois tipos de argamassas de reboco: uma de uso comum e outra específica para revestimento de reservatórios. A primeira, constituída por uma parte de cal extinta, mesma quantidade de areia de rio ou mar e uma parte de telhas antigas esmagadas. A outra compreende duas partes de cal e cinco partes de areia grossa. Não mencionou o uso de pó cerâmico neste último caso, como era de se esperar. Este autor apresentou receita específica para estuque, que consistia em duas partes de pó de telha, duas de cal e meia medida de limalha de ferro. A essa mistura deveria ser adicionada água e decocção de casca de olmeiro, devendo ser agitada por 15 dias, período após o qual estaria pronta para aplicação com espátula.
Vasari (1986)	1550	Vasari estabeleceu uma camada preparatória para pintura a óleo, constituída por estuque de mármore (uma parte de pó de mármore e duas de cal) e tijolo esmagado para conferir aspereza à superfície. A proporção do pó de tijolo não foi mencionada pelo autor.
Cataneo (1554)	1554	Cataneo propôs mistura para pavimentação e obras interiores com as mesmas proporções que aquela mencionada por Martini para estuques, que consistia em duas partes de cal, duas de pó de telha e meia de limalha de ferro.
Scamozzi (1838)	1615	Scamozzi, fundamentado em Vitrúvio e Plínio, estabeleceu os traços 1:3 (cal e areia de jazida) para argamassas de assentamento e 1:2 (cal: areia de rio ou mar) para chapisco. Neste último caso, tal como Vitrúvio, recomendou adicionar uma terceira parte de pó cerâmico, caso necessário.
D'Aviler (1738)	1699	D'Aviler recomendou o uso de material cerâmico pulverizado (preferencialmente oriundo de pó de telha), além da cal viva, na proporção 1:2 (cal, pó de telha) quando a intenção fosse conferir hidraulicidade à argamassa. Ressalta-se que este foi o primeiro autor estudado que fez referência explícita à mistura de pó de material cerâmico com a cal viva.
Belidor (1832)	1739	Belidor propôs três formulações com a utilização de pó cerâmico: a primeira, indicada para pontes, aquedutos e cisternas, deveria ser constituída por um pó produzido a partir da moagem de fragmentos de blocos de argila cozida, de vasos cerâmicos e de escoria de ferro (proveniente de carvão queimado em fornalhas), em substituição da areia. A este pó, misturava-se em igual quantidade telha cerâmica (moída em mó de moinho) e cal. A argamassa produzida com este material no traço 1:1:1 seria muito resistente a água. A segunda, constituída por cal e pó de telha na proporção 1:1, ou ainda cal: areia e pó de telha na proporção 1:0,5:0,5 seria destinada para obras sem fins estruturais, mas que não deviam ser negligenciadas. Por fim, especificou uma argamassa para a cisterna da Igreja de Calais constituída de duas partes de cal viva e três partes de pó de telha.

Tratadista	Ano de public. original	Formulação
Loriot (1774)	1774	Loriot, baseado em Vitrúvio e Plínio, mencionou o uso do pó cerâmico para elaborar misturas com maior resistência à ação da água e durabilidade. Propôs metodologia de confecção de argamassas a partir do uso das cais viva e extinta, areia e pó cerâmico. O traço proposto pelo antigo investigador consistia em uma porção de pó de tijolo bem moído, duas de areia de rio e uma de cal extinta há algum tempo, devendo a quantidade de cal viva ser igual à de pó de tijolo (MAGALHÃES et al. 2013).
Bolognini (1778)	1778	Bolognini descreveu uma mistura composta por uma parte de pó cerâmico (proveniente de tijolo esmagado), duas partes de areia fina, uma parte de cal viva em pó e cal extinta (envelhecida). Não informou a proporção desta última, mas afirmou que a esse material deveria ser adicionada água em quantidade suficiente para formar uma pasta comum e para extinguir a cal viva.
Milizia (1785)	1781	Milizia, baseado no método de Loriot, propôs argamassa impermeável constituída de uma parte de tijolo bastante esmagado e peneirado, duas partes de areia fina de rio, uma parte de cal extinta e uma parte de cal viva em pó. Essa argamassa muito resistente poderia ser utilizada para rebocar bacias, canais e construções submersas. Na ausência de tijolo esmagado, podiam ser utilizados terra cozida e pulverizada, ou tufo calcário seco e pedregoso, pulverizado e peneirado. O pó de carvão fóssil, misturado com igual quantidade de cal viva, proporcionava argamassa impermeável à água.
Bails (1796)	1783	Faz menção a Vitrúvio, Loriot e a outros autores. Apresentou argamassa para subterrâneos umidos, constituida de uma parte de telha moída, outra de areia de rio ou jazida e outra de cal extinta.

Assim como Alberti, os seguintes autores mencionaram o uso de pó cerâmico nas pavimentações: Cesariano (1521), Barbaro (1556), Quatremère de Quincy (1842), entre outros. Ressalta-se que os dois primeiros autores citaram esse material nas traduções comentadas de Vitrúvio. Quatremèry de Quincy (1842) refere-se ao uso do pó cerâmico em pavimentações no verbete "composto" de seu *Dictionnaire Historique D'architecture*, publicado entre 1788 e 1825.

Baldinucci (1681) no seu *Vocabolario Toscano Dell'arte del Disegno* cita a utilização de pó de cerâmico em verbete relativo a "arricciato per dipingere sopra le mura a olio" (p.14), uma espécie de base preparatória para pintura a óleo. Esta camada deveria ser composta por estuque de mármore, pó de tijolo esmagado, óleo de linhaça, piche de colofonia e resina, ou de tijolo esmagado, areia, resíduos da fabricação do metal (*schiuma di ferro*), clara de ovo e óleo de linhaça; ambas em proporções não definidas. Estas formulações não foram incluídas no Quadro 1 por se tratarem apenas de verbetes.

Felibién (1690) mencionou o uso de fragmentos de telha na confecção de argamassas "[...] nostre ciment à faire du mortier, qui est de la tuile cassé [...]" (p. 534). Como o termo foi encontrado no dicionário anexo ao seu trabalho e o texto deste autor refere-se à pintura e à escultura, acredita-se que a argamassa mencionada trata-se de camada preparatória para receber a pintura. Este autor não cita modos de preparo por se tratar de explicação do verbete "ciment" no dicionário anexo ao seu trabalho *Des principes de l'architecture, de la sculpture, de la peinture*.

Ressalta-se que os termos "ciment" (francês) e "cemento" (italiano), citados por diversos autores consultados, referem-se a um material (pó cerâmico) com propriedades similares à pozolana. Em seu *Architecture hydraulique*, Belidor, citado por Santiago (2007), descreveu e ilustrou um engenho para facilitar o preparo do "ciment", apresentando na Figura 1.

À vista do exposto, o próximo item aborda o modo de preparo das misturas apresentadas nesta seção e as recomendações de aplicação elencadas pelos diversos autores que foram tratados neste trabalho.

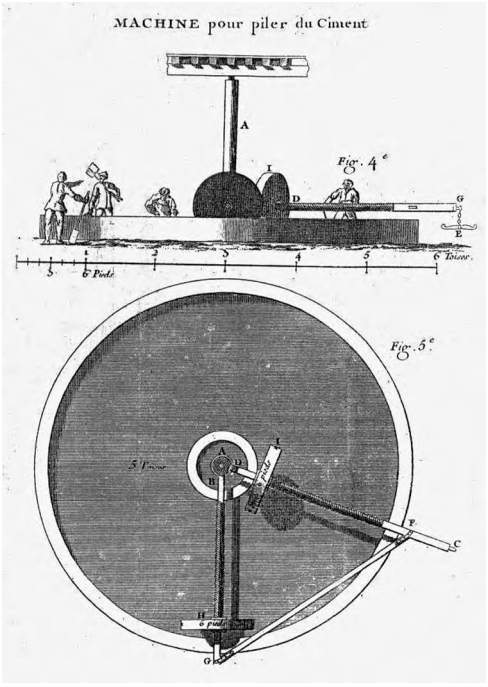


Fig. 1 – Máquina de fabricar "ciment": (a) vista geral; (b) detalhe do moinho (SANTIAGO, 2007, p.197).

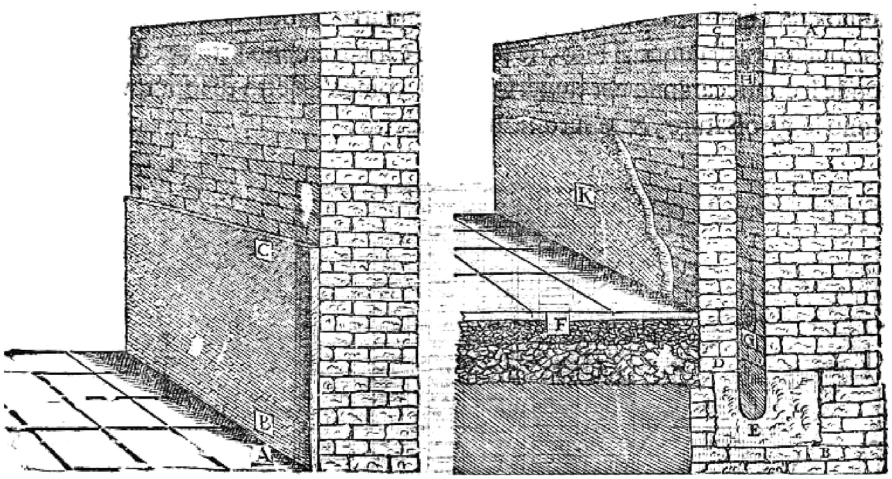
3. TÉCNICAS TRADICIONAIS DE CONFECÇÃO E APLICAÇÃO

Previamente à execução das argamassas, a cal, tanto para rebocos como para estuques, deveria ser extinta meses antes da sua utilização e ser a mais pura e fina possível. Este procedimento, referido por Vitrúvio e repetido por outros tratadistas, fazia parte das operações preliminares de execução da construção, de maneira a dar tempo de extinguir completamente a cal.

Vitrúvio (1998, Livro VII, Cap. IV) destacava que, em alvenarias sujeitas a ambientes úmidos, devia-se aplicar sobre esta uma mistura de cal e pó cerâmico, ao invés de argamassa comum de cal e areia, a uma altura aproximadamente de três pés acima do piso e, em seguida, revestir com diversas camadas de reboco (Figura 2a). Também sugeria este mesmo procedimento em paredes continuamente sujeitas à umidade, onde deveria ser executada uma segunda parede, separada da primeira por um canal na parte inferior, que desaguaria até uma zona descoberta (Figura 2b). Aconselhava ainda o "branqueamento" da alvenaria com um "leitada de cal" para melhorar a aderência da argamassa com pó cerâmico ao substrato.

Plínio (1561-1568, Livro XXXVI) mencionava a necessidade de executar revestimento com fragmentos de terracota para construções expostas à salinidade e não somente à umidade. Outra recomendação diz respeito à consistência ideal para argamassa com pó de mármore e estuque, a primeira não deveria grudar à espátula enquanto a segunda deveria grudar a esta como cola.

Assim como Vitrúvio e Plinio, Alberti (2009) e outros recomendavam a execução de, pelo menos, três camadas de revestimento, devendo a primeira ser áspera; a intermediária diferenciada em função da granulometria e teor de ligante, da camada anterior para o exterior; e a última, realizada com acabamento fino. Para estes autores, o número de



(a) Reboco a três pés acima do piso (b) Reboco na segunda parede seperada por canal
Fig. 2 – Rebocos em paredes situadas em locais umidos (RUSCONI, 1660, p.106).

camadas estaria relacionado com a regularização e durabilidade da superfície.

Em geral, as exigências que influenciavam a escolha de uma determinada composição ou de método de preparo específico de confecção de argamassas estavam relacionadas com a qualidade das matérias primas utilizadas; as condições de endurecimento; a função da argamassa na alvenaria; o grau de exposição à água, o controle da porosidade e da impermeabilidade, a durabilidade e a resistência exigidas.

Ao longo do tempo, cada autor referido expôs distintas técnicas de confecção e recomendações de aplicação de argamassas tradicionais de cal, sistematizadas em ordem cronológica no Quadro 2.

A partir da identificação de formulações, técnicas e usos de argamassas de cal com adição de pó cerâmico, levantados de tratados antigos, na próxima seção faz-se uma abordagem reflexiva por meio de análise comparativa dos diferentes materiais e modos de preparo, de forma a contextualizar o que se fazia na época de estudo considerada neste trabalho.

Quadro 2 – Técnicas tradicionais de confecção de argamassa e recomendações de aplicação

Tratadista	**Modo de preparo**	**Recomendação de aplicação**
Cennino Cennini (1859)	O autor citou procedimento preliminar à utilização de argamassas de reboco. Inicialmente devia-se aplicar camada de óleo de linhaça bem quente, seguida de mistura de pó de tijolo com o mesmo óleo. Após vários meses, quando já bem seca, devia-se aplicar a camada de reboco. Recomendava também a substituição do óleo de linhaça por piche, usado em navios, ou resina líquida.	Paredes sujeitas à umidade e destinadas a afresco
Martini (1861)	O autor apontava que a melhor cal seria aquela extinta embaixo de camada de areia, e maturada por, pelo menos, três anos. No caso das argamassas para estuque, após sua aplicação com espátula, devia-se friccionar a superfície, diariamente, com resíduos de óleo e/ou banha de porco.	Para uso comum, para reservatórios e estuques
Vasari (1986)	Vasari recomendou aplicar o estuque de mármore e tijolo esmagado na parede e raspá-lo com espátula para proporcionar aspereza à superfície sobre a qual devia ser aplicado óleo de linhaça seguido de mistura de resinas bem quentes: colofónia, lentisco ou outra resina vegetal (resina densa).	Para paredes em que se pretendia aplicar pintura à óleo
Cataneo (1554)	No caso de pavimentação ou obras interiores, o modo de preparo é similar ao referido por Martini para estuques, acrescentando que a aplicação da borra de azeite, ou banha, deveria ser feita com misturador ou colher de pedreiro, até que se visualizasse líquido de cor branca, devendo deixá-lo secar completamente.	Para pavimentos de casas, obras interiores ou qualquer outra construção onde o composto seja conveniente.
Scamozzi (1838)	Recomendava a utilização da cal obtida pela calcinação de pedras porosas, similares àquelas da área de Vicenza (Itália), uma vez que esta produz argamassas de boa aplicabilidade e retração reduzida, além de manter as cores das pinturas por maior tempo.	Para rebocos
D'Aviler (1738)	Este autor ressaltava a importância da utilização do pó cerâmico com a cal viva na constituição de argamassas sujeitas à ação da água.	Obras hidráúlicas
Belidor (1832)	Belidor fez recomendações sobre a qualidade dos materiais que constituem as argamassas. No que se refere à extinção da cal, assim como Martini, recomendava que esta fosse feita sob areia durante um longo tempo, antes de combiná-la com areia, para confeccionar argamassa, visando sua qualidade. No que tange ao pó de telha, recomendava a utilização de cacos velhos bem cozidos, moídos e passados por "peneira de padeiro" (*staccio da fornaio*), p.379.	Reboco e obras hidráulicas

Tratadista	Modo de preparo	Recomendação de aplicação
Loriot (1774)	Propôs duas metodologias para o preparo de argamassas: a primeira consistia em misturar a cal extinta e a água, em quantidade suficiente para deixar a massa fluida, a areia, o pó cerâmico, e, em seguida, adicionar a cal viva em pó; a segunda contemplaria a mistura a seco de areia, pó cerâmico e cal viva em pó, e por último seria adicionada a cal extinta com quantidade suficiente de água.	Arcos, canais, aquedutos, pontes e fortificações
Bolognini (1778)	A metodologia sugerida por este autor consistia em misturar o pó de tijolo, a areia fina, a cal extinta, a água e a cal viva. Recomendava o uso imediato da mistura.	Cisternas, canais ou qualquer obra destinada a armazenar água.
Milizia (1785)	A receita descrita por este autor seguia a metodologia de Loriot e informava ainda que deveria ser usada imediatamente.	Obras hidráulicas
Bails (1796)	Em suas recomendações, este autor destacava que, previamente à execução da argamassa de cal, areia e telha moída, deveria ser aplicada camada preparatoria de leitada de cal (cal viva + água) sendo esta, em seguida, apicoada para receber a argamassa.	Subterrâneos úmidos

4. SISTEMATIZAÇÃO E ANÁLISE DAS TÉCNICAS TRADICIONAIS

Com base na compilação de formulações elucidadas na Seção 2 do presente trabalho, apresentam-se, no Quadro 3, essas informações sistematizadas em forma de traço, de maneira a permitir uma análise comparativa mais eficiente do emprego de materiais que entram na composição das argamassas.

Observou-se que a utilização de pó cerâmico foi bastante ressaltada desde o século I a.C., com Vitrúvio, ao século XVIII, principalmente com a finalidade de promover impermeabilidade a obras sujeitas à ação da água e nos casos em que se objetivasse durabilidade.

Apesar da grande diversidade de origens e características dos materiais, os escritores antigos estabeleceram princípios gerais que permitiam aos construtores o conhecimento da qualidade dos constituintes das argamassas. Fizeram também recomendações sobre a adequação desses para obtenção de características de desempenho adequadas.

Grande parte dos textos analisados faz menção aos diferentes tipos de materiais utilizados na confecção de argamassas, assim como aos cuidados que devem ser observados na preparação antes de sua aplicação, principalmente no que se refere à obtenção da cal viva e sua extinção.

Especificamente para as argamassas, de forma geral, eram abordados aspectos relativos à areia, à cal e às adições. Em relação à primeira, três espécies eram utilizadas para a construção: de jazida, de rio ou de mar. Alguns autores divergiam quanto à origem da melhor areia a ser utilizada, mas a maioria concordava que seria a de jazida a mais apropriada. A areia poderia ser substituída pelo pó de mármore, como propunham Vasari (1986) e Cataneo (1554).

No que diz respeito à cal, seu desempenho dependia do modo de preparo e do tempo de maturação antes de sua utilização. De forma geral, os autores mencionavam o uso da cal extinta, porém observou-se que alguns deles faziam alusão à cal viva tais como Plinio (século I d.C.) e D'Aviler (1699). Ressalta-se o expressivo uso da cal viva em meados do século XVIII com Loriot (1774), Bolognini (1778) e Milizia (1785).

Quanto às adições, os autores pesquisados destacavam o uso de pozolanas, pó cerâmico, carvão, escória de ferro, pó de mármore, entre outros, para conferir propriedades específicas às argamassas. Usualmente, observou-se a utilização do pó cerâmico em cisternas, aquedutos, reservatórios, canais, pontes, em que características de resistência à ação da água eram requeridas. Havia consenso que tal material deveria ser finamente moído; no entanto, os estudiosos divergiam quanto à sua proveniência, se de telha ou de tijolo.

Quadro 3 – Quadro resumo das dosagens das formulações antigas com utilização de pó cerâmico

Autor/ano	**Proporções**					**Usos**
	Cal		**Areia**	**Pó cerâmico**	**Outros materiais**	
	Extinta	**Viva**				
Cennino Cennini (1859)	1		1	N.D. [1] (tijolo)	-	Paredes sujeitas à umidade e destinadas a afrescos
Martini (1861)	1		1	1		Reboco para uso comum
	2			2 (telha)	½ (limalha de ferro)	Estuque
Vasari (1986)	2			N.D. (tijolo)	1 (pó de mármore)	Camada preparatória para pintura a óleo
Cataneo (1554)	2			2	1/2 (limalha de ferro)	Obras cobertas
Scamozzi (1838)	1		2	1		Chapisco/assentamento
D'Aviler (1738)		1		2 (telhas)		
Belidor (1832)	1			1 (telhas)	1 (pó de moagem de material cerâmico + escória de ferro)	Obras hidráulicas
	1			1 (telhas)		Obras comuns
	1		1/2	½ (telhas)		Obras comuns
		2		3 (telhas)		Cisterna da Igreja de Calais
Loriot (1774)	1	1	2	1		Obras hidráulicas
Bolognini (1778)	N.D.	1	2	1		Obras hidráulicas
Milizia (1785)	1	1	2	1 (tijolo)		Obras hidráulicas
Bails (1796)	1		1	1 (telha)		Obras subterrâneas úmidas

1 Neste quadro o "N.D." representa a existência do material, porém em quantidade não definida pelo autor.

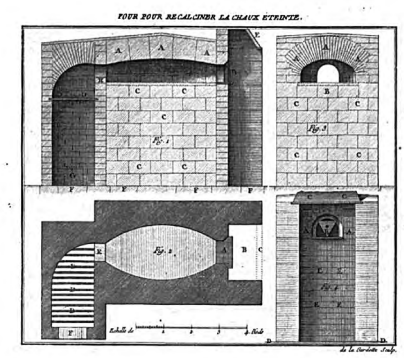


Fig. 3 – Forno para queima da cal proposto por Morveau (ROZIER, 1775, p.315).

Em várias publicações destaca-se o uso de pó cerâmico associado a algum óleo, de modo a promover maior aderência da camada preparatória de acabamento, bem como promover impermeabilidade ao revestimento. Nesse sentido, Benito Bails (1796), ao citar Alberti, mencionou a utilização de azeite para conferir impermeabilidade às argamassas ordinárias. Ressalta-se que isto também seria possível ao misturar cal com telha moída, em especial, nas obras aquáticas.

No que se refere à quantidade de água a usar nas argamassas objetos deste trabalho, nenhum autor fazia menção, apenas referiam que a sua quantidade deveria ser suficiente para tornar a mistura trabalhável.

Em relação às proporções, de acordo com o Quadro 3, infere-se que, a partir de meados do século XVIII, as quantidades de materiais das formulações eram semelhantes (ver Loriot, 1774; Bolognini,1778; Milizia, 1785). Adicionalmente, observa-se que para estuques, Martini (1861), Cataneo (1554) e Vasari (1986) apresentaram composições similares utilizando cal extinta, pó cerâmico e limalha de ferro para os dois primeiros, ou pó mármore no caso do último. Nota-se que os citados autores não mencionavam o uso da areia como componente das misturas, assim como Belidor (1832) naquelas destinadas a obras hidráulicas.

No que concerne ao modo de preparo, observa-se que este ponto foi tratado com preocupação pelos principais escritores consultados no período considerado. Em seus textos ressaltavam que a excelência da pasta dependia, além da qualidade dos materiais, da boa preparação da cal, das experiências locais quanto à definição das proporções das misturas, entre outros fatores.

De acordo com o Quadro 2, destaca-se que, enquanto alguns tratadistas se preocuparam em descrever metodologias de preparo (ver Loriot, 1774; Cennino Cennini,1859; Martini,1861), os demais apenas apresentaram transcrições das receitas e recomendações fundamentadas em outros autores.

Constatou-se que, quando da utilização da cal viva, se deviam adotar certos cuidados por esta oferecer riscos à saúde dos operários. Neste sentido, Morveau, citado por Rozier (1775), melhorou o processo de confecção de argamassa utilizando esse tipo de cal, propondo a recalcinação da cal já extinta e pulverizada. Para esta nova queima, expôs a construção de forno específico (Figura 3) e estabeleceu metodologia de preparo eficiente, evitando o processo de pulverização e peneiramento da cal viva. Segundo Morveau, sua proposta seria menos dispendiosa e de mais fácil execução do que a estabelecida por Loriot.

Na seção seguinte, apresentam-se as principais considerações extraídas sobre os conhecimentos adquiridos referentes às formulações, técnicas tradicionais de confecção de argamassa e recomendações de aplicação.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após consulta a manuais, dicionários e tratados de Arquitetura, traduções dos livros vitru-

vianos e publicações sobre a arte de construir, foram sistematizados dados referentes às antigas formulações e aos modos de preparo de argamassa com cal e pó cerâmico para uso em revestimento de parede.

O emprego de adições em edifícios é conhecido desde a antiguidade, sobretudo, pelos povos romanos, que demonstraram conhecimento bastante aprofundado sobre as propriedades dos materiais construtivos. O uso do pó cerâmico foi identificado, em especial nas construções sujeitas à ação da água, tais como cisternas, reservatórios, canais, entre outras, onde eram requeridas propriedades de estanqueidade. No Brasil, houve registros do emprego deste material em fortificações da época colonial, construídas segundo técnicas dominadas por engenheiros militares que, fundamentados nos antigos tratados de Arquitetura Civil e Militar, colocaram em prática os princípios da boa construção.

Verificou-se que, ao longo de todo período de estudo considerado, o que variou nas receitas foram as proporções de pó cerâmico, a inclusão ou não de outros componentes e o tipo de aglomerante usado na mistura, bem como as técnicas de preparo e finalidades de utilização.

Ressalta-se a importância deste trabalho no campo da Ciência da Conservação e do Restauro, por reunir e expor informações que se encontram dispersas em tratados publicados em diferentes idiomas, edições e traduções. Nesta perspectiva, resgatam-se antigos saberes sobre a arte de elaborar argamassas no período compreendido entre o século I a.C. e o século XVIII e ampliam-se, ainda, os conhecimentos sobre as possíveis alternativas de formulações com adições para uso no restauro. Da mesma forma, vale destacar a relevância desta pesquisa na possibilidade de aliar a tecnologia tradicional com a nova engenharia de produção de argamassas específicas para intervenções no patrimônio edificado.

Por fim, o presente estudo irá subsidiar a elaboração de tese de doutoramento sobre argamassas com adições pozolânicas destinadas ao uso no restauro. Nessa investigação será desenvolvida e apresentada metodologia de preparo de misturas, a partir de antigas formulações e da avaliação do desempenho de experimentos práticos.

O tema aqui tratado não se encerra com este trabalho, devendo ser ampliado a partir de novas pesquisas que contemplem outros tipos de adições e períodos de estudo, visando o aprofundamento de características de desempenho e durabilidade.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alberti, Leon Battista. 2009. *Da Arquitetura*. Organização e tradução de Sergio Romanelli (publicação original 1485). São Paulo: Hedra.

Ashurst, Jonh. 1983. *Mortars, plasters and renders in conservation*. Londres: Ecclesiastical Architects and Surveyours Association (EASA).

Bails, Benito. 1796. *De la arquitectura civil*. (Publicação original 1783). Madrid: Imprenta de la Viuda de D. Joaquin Ibarra.

Baldinucci, Filippo. 1681. *Vocabolario toscano dell' art del disegno*. Firenze: Edisioni Scelte.

Barbaro, Daniele. 1556. *I dieci libri dell'architettura di M. Vitruvio tradutti et commentati da Monsignor Barbaro eletto patriarca d'Aquileggia*. Venezia: Francesco Marcolini.

Belidor, Bernard Forest de. 1832. *La scienza degli ingegneri nella direzione delle opere di fortificazione e d'architettura civile di Belidor.* Tradução de Luigi Masiere (publicação original 1739). Mantova: Presso Fratelli Negretti.

Bolognini Ludovico. 1778. *Il murattore reggiano*. Reggio Emilia: Davolio.

Bueno, Beatriz Picolatto Siqueira. 2001. *Desenho e desígnio: o Brasil dos Engenheiros Militares (1500-1822)*. São Paulo: EDUSP.
Cardim, Fernão.1980. *Tratado da Terra e Gente do Brasil*. São Paulo: EDUSP.
Cataneo, Pietro. 1554. *I quattro primi libri di architettura*. Venesa: Figliuoli di Aldo.
Cennino Cennini, d'Andrea. 1859. *Il Libro Dell'arte*. Transcrição e comentários de F. Brunello (publicação original 1437). Vicenza, Italia: Neri Pozza Editore.
Cesariano, Cesare.1521. *De Architectura Libri Decem traslato e comentato de Cesare Cesariano*. Como, Itália: Gottardo da Ponte.
D'Aviler, Augustin Charles. 1738. *Cours d'architecture: qui comprend les orders de Vignole, avec les commentaires, les figures & descriptions de ses plus beaux bâtimens, & ceux de Michel-Ange*. (Publicação original 1699). Paris: Jean Mariette.
Felibién, André.1690. *Des principes de l'architecture: de la sculpture, de la peinture, et des autres arts qui en dependent. Avec un dictionnaire des termes propes* à *chacun de ces arts*. Paris: la Veuve et Jean Baptiste Coignard Fils.
Loriot, Antoine-Joseph. 1774. *Mémoire sur une découverte importante dans l'art de bâtir faite par le Sr. Loriot, mécanicien dans lequel l'on rend publique, par ordre de as majesté, la méthode de composer un ciment ou mortier propre à une infinité d'ouvrages, tant pour la construction que pour la decoration*. Paris: L'Imprimierie Michel Lambert.
Magalhães, Ana Cristian; Muñoz, Rosana; Oliveira, Mário Mendonça de. 2013. "O uso da mistura de cal viva e cal extinta nas argamassas antigas: o método Loriot." I Congresso Internacional de História da Construção Luso-brasileira, Vitória do Espírito Santo, Brasil, 4 a 6 de Setembro de 2013.
Malinowski, Roman. 1982. "Ancient mortars and concretes: aspects of their durability". History of technology. 7th Annual. London: Mansell.
Martini, Francesco di Giorgio. 1861. *Trattati di architettura civil militare di Francesco di Giorgio Martini architetto senese del secolo XV*. Transcrição de Cavaliere Cesare Saluzzo (publicação original 1456). Torino, Italia: Tipografia Chirio e Mina.
Mateus, João Mascarenhas. 2002. *Técnicas Tradicionais de Construção de Alvenarias – A literatura técnica de 1750 a 1900 para a conservação de edifícios históricos*. Lisboa: Livros Novos Horizontes.
Milizia, Francesco. 1785. *Principj di architettura civile*.Tomo I e III. (Publicação original 1781). Bassano: Remondini di Venezia.
Oliveira, Mário Mendonça de. 2008. "From Vitruviu´s ceramic powder additives to modern restoration". First Historical Mortars Conference. Lisboa, 24 a 26 de Setembro de 2008.
Plinio. 1629. *Historia naturale de Cayo Plinio Secondo*, tradução de Geronimo de Huerta. (publicação original séc. I d.C.) Madrid: Juan de Gonçalez.
Quatrèmere de Quincy, Antoine Chrysostome.1842. *Dizionario storico di architettura*. Mantova: F.lli Negretti.
Rozier, François. 1775. *Observations et* mémoires sur la physique, sur l›histoire naturelle et sur les arts et métiers, avec des planches em taille-douce, dédiées. Paris: Rualt Libraire.
Rusconi, Giovan Antonio. 1660. *I Dieci Libri D'Architettvra Di Gio: Antonio Rvsconi: Secondo i precetti di Vitruuio, nouamente ristampati, & accresciuti della Prattica degl'Horologi Solari*. Venezia: Appresso il Nicolini.
Santiago, Cybèle Celestino. 2007. *Argamassas históricas de cal*. Salvador: Editora da Universidade Federal da Bahia (EDUFBA).
Scamozzi, Vincenzo. 1838. *L'idea della architettura universal*. Tradução de Stefano Tisozzi e Luigi Masieri (publicação original 1615). Milano: Borroni e Scotti.
Silva-Nigra, Dom Clemente da. 1946. "Francisco de Frias da Mesquita, engenheiro-mor do Brasil". *Revista do Serviço do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (SPHAN)* v.9, p. 45.

Vasari, Giorgio. 1986. *Le vite de'piu eccelenti pittori et scultori italiani, da Cimabue insino a'tempi nostril*. Tradução de Luciano Bellosi e Aldo Rossi (publicação original 1550). Torino, Italia: Einaudi.
Veiga, Maria do Rosário; Aguiar, José; Santos Silva, António; Carvalho, Fernanda. 2004. *Conservação e renovação de revestimentos de paredes de edifícios antigos*. Coleção Edifícios CED 9. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC).
Velosa, Ana Luíza. 2006. *Argamassas de cal com pozolanas para revestimentos de paredes antigas*. Tese de Doutoramento apresentada na Universidade de Aveiro. Aveiro: Universidade de Aveiro.
Vitrúvio. Marco Lucio. 1998. *Os dez livros de arquitetura*. Tradução de Helena Rua. Lisboa: Instituto Superior Técnico.

Aspectos Construtivos e Formais da Torre de Belém

Quinta, Ana Luísa[1]*
[1]aquinta@dgpc.pt
** Direção-Geral do Património Cultural, Ministério da Cultura*

RESUMO

Descrever a fortificação de Belém e as suas metamorfoses ao longo da história, com base nos documentos escritos ou iconográficos que se conhecem, torna-se uma tarefa difícil, quase impossível, dada a escassez de registos. É, assim, o próprio edifício que melhor nos revela as suas transformações.
A leitura da gramática militar aplicada na Torre de Belém articulada com a dos sistemas construtivos permite afirmar que se sucederam alterações na obra em época bastante precoce, mantendo-se latente, durante todo o século XVI, a preocupação em modernizar o sistema defensivo. Subjaz a ideia de que a tipologia adoptada no início da construção se tornou ineficaz em curto espaço de tempo.
No apogeu do reinado de D. Manuel surgiu o desejo de distinguir esta fortaleza das demais que na boca do Tejo defendiam o porto de Lisboa. Um processo de enobrecimento arquitectónico que se julga ter transcendido a vida do próprio monarca.
Este estudo sugere o recuo da data de início de construção, tendo por referência a datação atribuída por Reynaldo dos Santos (1514) e dilata no tempo a execução das campanhas de cariz manuelino; com ele se justifica a participação de vários mestres de obras do século XVI, que foram alterando o propósito e o carácter da fortificação.
O desvendar da evolução morfológica da Torre de Belém, cadenciando a introdução de diversas soluções arquitectónico-militares, ajuda a enquadrar, com maior rigor, a fortificação no seu tempo e contribui para melhor se compreender a arquitectura militar do período de transição em Portugal.
Com este estudo pretende-se vincar a importância da preservação dos materiais e sistemas construtivos antigos, por serem documentos históricos primários e fontes de conhecimento que fornecem informações únicas sobre os monumentos que pretendemos perpetuar. Um método de análise fiável, tão importante como a investigação de arquivo ou as análises laboratoriais, que se baseia na interpretação dos testemunhos materiais dos edifícios. Um estudo que facilita a compreensão das patologias construtivas de que os imóveis antigos padecem, muitas vezes resultantes de alterações aos sistemas construtivos originais, e um instrumento de trabalho precioso para a formulação de soluções.

Palavras-chave: defesa de Lisboa; sistema abaluartado; arquitectura manuelina; Torre de Belém.

INTRODUÇÃO

A Torre de Belém integra-se no conjunto de fortificações que, construídas entre o início do século XV e o primeiro quartel do século XVI, caracterizam o estilo de transição que medeia entre o período medieval, em que se constroem os castelos e muralhas resistentes à neurobalística, e o renascentista, em que surgem as fortificações de traçado abaluartado preparadas para resistir à artilharia.

A relutância em abandonar os modelos tidos como seguros da arquitectura militar medieval, face às incertezas de um universo de soluções novas ainda não suficientemente testadas, fez com que se prolongasse por mais de um século o período experimental, em que se combinaram, simultaneamente, modelos antigos que garantiam a defesa em altura, próxima do inimigo, com outros inovadores que procuravam tirar vantagem ofensiva à distância. Torna-se, por isso, por vezes, difícil perceber a lógica destas construções, havendo uma tendência generalizada para as considerar mais ostensivas do que propriamente ofensivas.

1. O PLANO DE DEFESA DA BARRA DO TEJO

A fortificação de Belém integrava o plano estratégico de defesa de Lisboa concebido por D. João II, no final do século XV, que para a barra do Tejo previa a fortificação dos três principais embarcadouros - Cascais, Porto Brandão (Caparica) e Restelo. A disposição fronteira das duas últimas estruturas permitiria o cruzamento de fogos a partir das duas margens do rio ficando desta forma disposta "uma linha de defesa passiva porque concebida em tempo de paz, mas constituindo uma máquina militar de poder simbólico e dissuasor ímpar no seu tempo" (Moreira: 1989, p. 100). Um conceito moderno de defesa, a esboçar já os princípios do sistema abaluartado.

No reinado de D. João II foram construídas as fortificações de Porto Brandão (início da obra 1481-1482) e de Cascais (início da obra 1488). Por razões até hoje desconhecidas, a fortificação do Restelo só viria a ser edificada no reinado de D. Manuel.

No intervalo de tempo que mediou a construção das duas fortificações fronteiras ficou ancorada uma nau grande, no meio do rio, que segundo Garcia de Resende "foy a mayor, mais forte e mais armada que se nunca vio"[1] (Resende: 1752, p. 78).

O adiamento na construção da torre da margem norte tornar-se-ia irrelevante no tempo de paz duradoura que Portugal continental viveu durante o reinado de D. João II e do seu sucessor, em que os confrontos bélicos ocorriam além mares.

Todavia, na estrutura de Belém adoptou-se algum léxico arquitectónico-militar mais moderno, próprio já do sistema abaluartado, mas em articulação com outro de cariz arcaico, acentuadamente medieval. Pode mesmo afirmar-se que a fortificação do Restelo agrega um misto de tipologias arquitectónico-militares de certa forma desconexas entre si que é aceite como sendo próprio do período de transição, filiando alguns historiadores o seu traçado nas fortificações italianas daquele tempo e, em particular, na tratadística e obra de Francesco di Giorgio Martini.

[1] *"E assi mandou fazer entam a torre de Cascaes com sua caua, com tanta e tam grossa artelharia, que defendia o porto; e assi outra torre, e baluarte de Caparica defronte de Belem, em que estaua muyta e grande artelharia, e tinha ordenado de fazer h~ua forte fortaleza, onde ora está a fermosa torre de Belem, que el Rey dom Manoel que santa gloria aja, mandou fazer, pera que a fortaleza de h~ua parte, e a torre da outra tolhessem a entrada do rio. A qual fortaleza eu per seu mandado debuxey, e com elle ordeney a sua vontade, e elle tinha já dada a capitania della a Aluaro da Cunha seu estribeiro mor, e pessoa de que muyto confiaua, e porque el Rey logo faleceo, não ouue tempopera se fazer: e a sua nao grande, que foy a mayor, mais forte e mais armada que se nunca vio, mais a fez pera guarda do rio, que pera nauegar. Que posta sobre ancora no meyo do rio, ella so o defendera, quanto mais a fortaleza e torre, porque era a mayor, e mais forte, e armada nao que se nunca vio" (Resende: 1752, f. 78). A crónica foi originalmente redigida em 1530.*

2. O PROJECTO E OBRA DA FORTIFICAÇÃO DE BELÉM

O grande avanço tecnológico da Torre de Belém, em relação às fortificações de Porto Brandão e de Cascais, restringe-se ao baluarte pois, em termos conceptuais, as tipologias são idênticas – a articulação de uma torre, de vigia, com uma plataforma baixa para o tiro rasante (Figs.1).

Excluindo todas as adições que com o decorrer dos séculos se foram apondo à estrutura inicial, alterando-lhe o propósito e o carácter, o baluarte do Restelo dispunha de duas plataformas de tiro sobrepostas e de um engenhoso e integral sistema defensivo de fogo cruzado, conseguido a partir das guaritas, tão inovador quanto eficaz, que revela uma utilização mais ampla dos recursos pirobalísticos. Um entendimento mais global desta tecnologia que se demarca do espírito que projecta ainda, com fins bélicos, uma alta torre, maciça e estática, no leito de um rio[2]. É certo que no período de transição, durante a primeira fase do reinado de D. Manuel, ainda se combinava o volume elevado da torre de menagem com o de torreões mais baixos para disposição da artilharia, contudo, os danos provocados pela destruição desses corpos verticais não eram, regra geral, tão avassaladores quanto as consequências de tal ocorrência na fortificação de Belém, atendendo às reduzidas dimensões desta fortificação e à sua implantação em meio aquático.

De facto, a estrutura militar do Restelo parece apresentar não um discurso confuso de quem começa a aprender um novo idioma e que utiliza ainda uma linguagem simples mas por vezes desadequada, mas a sobreposição de léxicos eruditos usados em discursos desfasados, porque proferidos por indivíduos distintos em tempos diferentes.

Não será, talvez, por acaso, que a autoria desta obra é disputada por três figuras de vulto do início do século XVI, cujos nomes se associam a este processo em documentos da época – Garcia de Resende, Diogo Boytaca e Francisco de Arruda.

Garcia de Resende escreve em 1530, na Crónica da Vida Del-Rei D. João II, que este monarca "tinha ordenado de fazer h~ua forte fortaleza, onde ora está a fermosa torre de Belem, que el Rey dom Manoel que santa gloria aja, mandou fazer (...). A qual fortaleza eu per seu mandado debuxey".

No Estudo Histórico e Arqueológico sobre a Torre de Belém (1514-1520), Reynaldo dos Santos faz referência, a uma carta encontrada na "colecção das Cartas Missivas do Arquivo Nacional", assinada por Lourenço Fernandes, que menciona ter o rei ordenado a Boytaca a construção de uma "torre em rrestelo velho"[3] – muito necessária – para a qual o signatário punha à disposição alguns silhares que tinha em seu poder[4]. A data deste documento não é certa podendo ler-se nele apenas o mês de Dezembro. Reynaldo dos Santos atribui-lhe o ano de 1513, pela combinação de outros dados sobre a actividade profissional do seu autor, e atesta a presença de Boytaca na obra do Mosteiro de Belém – empreitada da qual dependia a construção da fortificação – desde Março desse ano. Paulo Pereira, defende que a direcção da obra do mosteiro se inicia com mestre Boytaca em

[2] *Sobre esta questão é interessante comparar a tipologia da Torre de Belém com a do Castelo do Mar, da Fortaleza de Diu, construída entre 1535 e 1536 também em meio aquático. No modelo indiano, mais tardio, a torre é mais baixa e mais robusta para resistir melhor à artilharia.*

[3] *"... e digo, senhor, que hunns amygos de mestre boytaca disseron agora aqui que el reej mandaua por elle, pera que lhe vyesse fazer hu~ua torre em rrestelo velho, que çerto, senhor he muy neçesarea; e a quem lho contrayro pareçer, se pasara as hafrontas que, depois aqui estou, pasej vira a neçesydade dela, que dejxo de dezer por lomgura e por, em algu~ua parte, ser meu louuor, senhor, halem d estar aqui como frontejro, porque crea que em nom menos me vejo muytas vezes em afronta, que por mym, com ajuda dos meus, e regestida, por servyço de su alteza, que se a torre y ouvesse, non pasaria ..." (Torre do Tombo. – Cartas missivas, maço 4, n.º 340) (Santos:1900, p. 54).*

[4] *"[Sua alt]eza avera huum ano que me mandou aqui que lhe mandasse la[vrar] huuns seiscentos sylhares;e, porque eu tinha lavrados aqui [huun]s oytoçentos, lembre lh o vossa merçee, porque podera ser que os quejra [para] esta torre. (...) De belem, [oit]o de dezembro. Lourenço Fernandes" (Santos: 1900, p. 55).*

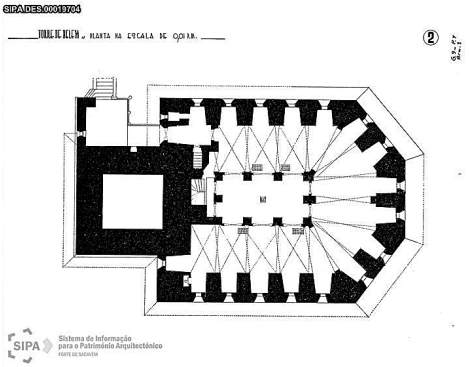


Fig. 1 – Planta da Torre de Belém (SIPA/DGEMN)

1501-1502 e que "nesta empreitada podem ainda distinguir-se dois momentos: antes de 1513 e de 1514 em diante" (Pereira: 2002, p. 21).

Reynaldo dos Santos não hesita, porém, em atribuir o projecto e a obra a Francisco de Arruda, justificando-o pela referência explícita que lhe é feita, enquanto mestre do baluarte do Restelo, num auto de entrega de materiais que lhe é dirigido a 2 de Outubro de 1516[5]. E sobre esta proposição assentam quase todas as referências posteriores à autoria da Torre de Belém, menosprezando as referências documentais ao envolvimento de Boytaca ou de Garcia de Resende neste processo.

A reduzida dimensão da fortificação e a aparente simplicidade das suas formas induz-nos a considerar um único projecto e apenas uma campanha de obra para a sua edificação, com excepção para os denominados "quartéis filipinos", construídos sobre a bateria alta, cuja designação parece querer datar do período de dominação espanhola. A documentação escrita sobre esta obra é, porém, muito escassa.

Segundo Reinaldo dos Santos, a obra terá sido iniciada em 1514 - uma interpretação que resulta da análise biográfica do autor da carta que refere o nome de Boytaca. O ano de conclusão da obra – 1519 – é também conjectural e fundamentado pelo mesmo autor num registo de fornecimento de materiais, alegadamente de acabamento. Certo é o facto de, em 1521, ter sido nomeado o primeiro capitão-mor - Gaspar de Paiva.

Em 1571, Francisco de Holanda dá notícia de que devia ser "fortalecida, reparada e acabada a fortaleza de Belém (...) que tem tanto custado sem estar bem acabada" (D'Holanda:1984, p. 19).

Em 1580, com Filipe I de Portugal, a torre foi adaptada a prisão. Em 1589, Filipe II ordenou a Frei Vicenzo Casale que procedesse ao estudo das condições da defesa da barra do Tejo e que inspeccionasse a Torre de Belém, com o objectivo de a prolongar em direcção ao mar e de a separar de terra. Foram então propostos três projectos de ampliação da fortificação que nunca vieram, porém, a ser realizados. Os "quartéis filipinos" terão sido construídos num dos dois primeiros reinados da dinastia Filipina, até ao ano de 1589[6].

Em 1808, Junot ordenou a construção de uma bateria coberta para ligar a Torre de Belém ao Forte do Bom Sucesso que tinha sido erigido em 1780.

As campanhas de restauro de meados do século XIX e a da década de 40 do século XX alteraram significativamente o imóvel. Na primeira, foi demolido todo o volume que ocupava os 4 pisos do espaço central do baluarte e a bateria coberta que ligava ao Forte do Bom Sucesso. Não se encontrou até hoje qualquer documentação sobre estas obras.

[5] *"Aos dous dias doutubro de b.c xbj emtegrou d.º Royz allmoxarife e Recebedor perampte m~y joham lleytam spriuãm a fr.co darruda mestre do bulluarte de Restello sseteceemtos e ssass~eta e tres quãtos llavrados em que sob~e quynhentas e quatro varras de quatarrya, que vallem v~yte dous mill e sseiscentos e oyt~eta rrs. A razam de Rb [45] rrs. Varra, os quaees ditos v~yte e dous mill e sseisceemtos e oyt~eta rrs. Pagarrá ho dito fr.co darruda quãdo el Rey nosso Sõr ma n dar e per verdade que recebeo b.c e quatro varras de quatarrya llavrada assynamos aquy he foi per ma n dado do d.º amo do pry n cype nosso Sõr perveador das ditas obras. – Fr.co da Ruda." (Corp. Chron., parte 3.ª, maço 6, doc. 35) (Santos: 1900, p. 38).*

[6] *Esta é a data da planta mais antiga que se conhece desta fortificação, da autoria de frei Vicenzo Casale, onde o perímetro dos quartéis surge já representado no terraço do baluarte, bem como, o do oratório.*

Antecedendo o restauro do século XIX, foi realizado um levantamento detalhado de toda a fortificação que nos permite perceber a funcionalidade dos espaços interiores e as alterações introduzidas posteriormente.

No âmbito da história das fortificações, a Torre de Belém tem sido considerada uma obra ímpar no seu tempo, sendo preciso esperar algumas décadas para ver as mesmas soluções aplicadas noutras fortificações; o aparecimento precoce desses sistemas defensivos gera, porém, alguma perplexidade.

A análise dos sistemas construtivos veio mostrar, porém, que se sobrepuseram várias campanhas de obra durante todo o século XVI, numa constante procura de modernização do sistema defensivo. Esta análise sugere o seguinte faseamento:

1) A campanha de obras inicial poderá ter sido executada logo nos primeiros anos do reinado de D. Manuel, assim se reduzindo o hiato de tempo que a separa da construção da torre de Cascais. Atribuímos a sua direcção a mestre Boytaca.

2) A primeira campanha de modernização terá sido realizada em data posterior a 1513. A acção propagandística que D. Manuel dirigiu ao Papa Leão X nesse ano marcou o início de um novo período de confiança política e económica que se reflectiu na renovação arquitectónica e urbanística da própria cidade de Lisboa[7]. Nesta campanha enquadramos a intervenção de Francisco de Arruda com a possível colaboração de João de Castilho.

3) Um conjunto de outras alterações leva-nos a admitir uma nova empreitada, esta de aparato, começada, provavelmente, no derradeiro ano do reinado de D. Manuel - 1521. Ou, em alternativa, a introdução de alterações na que tinha sido iniciada em 1513-14, eventualmente ainda em curso. Provavelmente, estas obras terão sido também dirigidas por Francisco de Arruda que, alegadamente, lhes terá dado continuidade mesmo após a inesperada morte do rei, no final desse ano[8].

4) Na década de 30 do século XVI, configura-se uma nova intervenção com o objectivo de dotar a fortificação do sistema de tiro flanqueado. Estas obras poderão ainda ter sido dirigidas por Francisco de Arruda.

5) A campanha de modernização que se segue terá já sido encetada em meados do século XVI, senão promovida por D. Sebastião, sob a tutela do Cardeal D. Henrique. Estas obras poderão ter sido dirigidas por Miguel de Arruda, filho de Francisco de Arruda, e Mestre das obras dos muros e das fortificações do Reino, Lugares d'Além e Índia, desde 1549. Terá sido, provavelmente, nesta época que se construiu a plataforma de tiro elevada no terraço do baluarte, certamente acompanhando a evolução da artilharia.

É do faseamento destas intervenções, tradicionalmente datadas do período 1514-1519, que versa o presente estudo, apontando-se os vestígios que fundamentam o nosso raciocínio. Por fim, apresenta-se uma breve reflexão sobre o sistema construtivo das fachadas.

2.1. CONSTRUÇÃO INICIAL DA FORTIFICAÇÃO (C. 1495)

À entrada da fortificação encontramos o testemunho da sobreposição de duas fases de construção realizadas no reinado de D. Manuel, correspondendo estas às duas primeiras campanhas de obras da Torre de Belém.

Por baixo do portal de entrada conservam-se os apoios de uma ponte levadiça mais antiga do que a actual, que se posicionava a uma cota inferior. É perceptível, no local, o nível em que rodava o eixo em ferro da primeira ponte levadiça. A elevação da soleira do portal de entrada e a colocação dos

[7] *Para mais informação sobre este assunto consultar Carita: 1999, pp.95-101.*

[8] *A drástica intervenção de restauro realizada no final do século XIX, que incidiu significativamente nestas zonas, veio introduzir alguma perturbação na interpretação destes vestígios, o que impõe um cuidado suplementar.*

apoios da nova ponte levadiça a uma cota superior obrigou à alteração do remate do cordão da torre junto à parede do baluarte, inviabilizando a utilização de um anel decorativo, com labaredas, como existe no lado diametralmente oposto da torre.

Analisando a estereotomia da cantaria da escarpa do cais, percebe-se que este já estava previsto no projecto inicial pois existe continuidade nas fiadas deste com as da torre. Uma junta de construção prova que o muro ameado que se lhe sobrepõe e protege a entrada pertence a uma fase de obra mais tardia.

O portal de entrada inicial não seria muito diferente, por exemplo, do do Forte de São Miguel Arcanjo, da Nazaré, construído na segunda metade do século XVI, e de acordo com este estudo, poderá ter estado em funcionamento quase duas décadas.

A introdução do novo portal, que se articula com a elevação da cota do pavimento no interior do baluarte, não parece justificar-se pela necessidade de alargamento do vão original, já que a largura de ambos é semelhante, mas pelo desejo de dar maior nobreza à entrada pela introdução de uma moldura decorativa a rematar o vão, composta por motivos plateresços, característica de uma gramática decorativa manuelina mais tardia.

2.2. PRIMEIRA CAMPANHA DE MODERNIZAÇÃO – 1514

Numa segunda fase de obra, em nosso entender com o propósito de modernizar a fortificação, ter-se-á procedido à elevação da cota do pavimento e ao alargamento dos muros exteriores do baluarte. Nela se integra também o segundo, e actual, portal de entrada.

O facto do muro nascente ser menos espesso do que os restantes parece resultar da maior largura do novo portal, que ocupa a totalidade do paramento interior, ainda que impondo prejuízo na robustez do muro perpendicular porque condicionado, certamente, pelo limite da escarpa já existente. Uma situação, apesar de tudo, pouco gravosa por se tratar de uma fachada situada no lado oposto à foz do rio, de onde provinha o inimigo. Curiosamente, na última canhoneira desta parede, situada a sul, ainda se procedeu ao engrossamento do parapeito o que leva a pensar que já estava em curso esta obra quando se decidiu a alteração do portal. O espaço interior do baluarte foi, ainda assim, dividido de forma simétrica a partir da face interior dos muros periféricos, sendo conferido, em ambos os lados, igual profundidade às esplanadas destinadas ao movimento das peças de artilharia.

No exterior do baluarte, a existência de aparelhos de pedra distintos acima e abaixo do nível do parapeito das canhoneiras indicia que, originalmente, a parte superior poderá ter estado rebocada como o parecem confirmar algumas representações antigas. De acordo com o Regimento de fortificação do Funchal, de 1572, "Todas as ditas paredes que se fizerem ao lomguo do mar se farão de silharia à face dellas, na alltura que pareçer neçessarea E bastar para guardar dos guollpes E impíto do mar, e o mais da pedraria para çima se rebocaraa muyto bem" (Cid: 1998, p. 327).

O aparelho inferior tem uma configuração sólida e compacta, com juntas regulares e fiadas alternadas de blocos baixos e altos. Acima do nível do parapeito, o aparelho é irregular, revelando menos rigor no assentamento da cantaria. Dir-se-ia que os blocos foram colados à parede, como se se tratasse de um revestimento, e não justapostos de baixo para cima. Esta evidência coloca também a hipótese de, inicialmente, as canhoneiras poderem não ter sido cobertas, à semelhança das da fortificação de Porto Brandão que assim se mantiveram quase até ao final do século XVIII. As fachadas do baluarte poderão ter sido engrossadas e elevadas apenas nesta fase, alegadamente iniciada em 1514.

2.3. CAMPANHA DE VALORIZAÇÃO (1521)

A elevação do pavimento do cais, a construção da abóbada de cruzaria a cobrir espaço de entrada e a transformação do balcão corrido, com fins militares, em balcão de aparato, são intervenções provavelmente realizadas, em nosso entender, no âmbito dos preparativos para o casamento da infanta D. Beatriz com o duque de Sabóia, iniciados em Abril de 1521 e em que D. Manuel tanto se empenhou. Não é de mais relembrar que o rei regressara à capital no início desse ano, com grandes festejos, após uma ausência de dois anos e meio por causa da peste.

Tendo intenção de conferir a máxima solenidade ao casamento de sua filha e pretendendo fazer-se acompanhar da família real no momento da despedida, D. Manuel terá decidido, assim o entendemos, transformar a torre num espaço de ostentação, ordenando a construção de uma sala para uso exclusivo da família real - cuja presença se perpetuaria na designada Sala dos Reis - com acesso a uma belíssima varanda frente ao rio. Salienta-se também a preocupação estética na repavimentação do cais – uma larga junta de argamassa separada a base do lajedo mais recente – onde troncos de cone invertidos serviam de apoio para os prumos do gradeamento original.

O rei D. Manuel, a rainha D. Leonor e a infanta D. Isabel deslocaram-se, efectivamente, à Torre de Belém no dia 8 de Agosto de 1521, de onde assistiram à partida da nau que levou a infanta D. Beatriz para Sabóia - "foraõ ver partir de hum baluarte grande, que està metido no mar, e estiveraõ todos os três sós com muito grande saudade, muitos sospiros, e lagrimas com os olhos sempre na nao[9]".

Aparentemente, algumas das obras então realizadas, com provável recurso a soluções construtivas de execução rápida porque o prazo era curto, poderão ter sido posteriormente renovadas com sistemas de construção mais duradouros. Não excluímos a possibilidade da varanda da fachada sul ter sido transformada em loggia apenas no reinado de D. João III, bem como, a construção dos restantes varandins da torre, com uma clara inspiração italianizante.

2.4. SEGUNDA CAMPANHA DE MODERNIZAÇÃO (DÉCADA DE 30 DO SÉCULO XVI)

O sistema de defesa para tiro flanqueado, conseguido a partir das guaritas, não será, provavelmente, anterior a 1535. Trata-se, aliás, da grande inovação do sistema abaluartado que, segundo Rafael Moreira, começa a ser utilizado em Portugal na década de 30 do século XVI[10].

Em fase anterior, poderiam já existir balcões descobertos nos ângulos do baluarte, à semelhança dos construídos no Castelo de Chaves, de tradição medieval; ou no Baluarte da Ribeira e na torre da fortificação de Cascais, da mesma época da Torre de Belém; ou como os da torre do Castelo de Terra de Safim, em Marrocos, construído pelos irmãos Arrudas também no mesmo período. Estes balcões articular-se-iam com o adarve que, se julga, existiria, então, sobre os muros exteriores do baluarte.

As cúpulas de gomos que cobrem as guaritas assemelham-se às tradicionalmente usadas na Tunísia e poderão ser uma alusão à conquista de Tunes em 1535, por Carlos V - acção militar em que o Infante D. Luís, filho de D. Manuel, participou activamente e que teve grande repercussão

[9] *"Hida da Infanta Dona Beatriz pêra Saboya" (Resende: 1752, f. 102).*

[10] *"Faltava a este experimentalismo quinhentista o elemento essencial do princípio do flanqueamento: o da defesa mútua ou cruzamento de fogos, em que cada ponto de um baluarte é sempre batido pelo tiro de um dos baluartes vizinhos. Só isto constitui o sistema da "frente abaluartada", a ser aperfeiçoado em Itália Central desde os finais do século anterior. Tal descoberta – porque de uma verdadeira descoberta se trata – terá ocorrido em Portugal na década de 30" (Moreira: 1989, p. 149).*

em toda a Europa[11]. A utilização do cordame como elemento decorativo na base das cúpulas sugere que esta obra poderá ainda ter sido realizada por Francisco de Arruda.

Algumas juntas na estereotomia das fachadas da torre fazem-nos acreditar que as guaritas aqui existentes poderão ter sido construídas apenas nesta década.

Após a queda de Rodes, Itália emergia como grande foco de inovação ao nível da arte militar, fazendo-se sentir por toda a Europa uma intensa influência italianizante, a que não escapa a arquitetura civil nem, aparentemente, a Torre de Belém.

2.5. TERCEIRA CAMPANHA DE MODERNIZAÇÃO (MEADOS DO SÉCULO XVI)

Nas abóbadas da praça baixa encontramos os indícios de que o baluarte só foi totalmente coberto na segunda metade do século XVI.

Existem abóbadas de cruzaria e abóbadas de berço - as segundas, as mais resistentes à artilharia e, por isso, as preferidas para a cobertura de espaços à prova de bomba. Encontram-se também arcos formeiros com arestas chanfradas - uns do período manuelino, outros do século XIX (neo-manuelinos) - e arcos de arestas vivas.

As abóbadas de berço situam-se na frente do baluarte e à retaguarda, junto à torre. Posicionadas entre estas, dispõem-se de forma simétrica, a cada lado do baluarte 3 tramos cobertos com abóbadas de cruzaria. Uma pequena diferença se regista no tramo central do lado poente, onde as nervuras descarregam sobre os arcos formeiros e não sobre a parede. Essa alteração devia-se à existência, neste local, de uma escada que conduzia ao piso superior do baluarte, que se desenvolvia entre a abóbada e a parede dos quartéis.

A opção pelas abóbadas de cruzaria parece decorrer da existência de 3 janelas no piso superior dos quartéis que com a construção de abóbadas de berço ficariam entaipadas, deixando de haver ventilação dos espaços interiores contíguos, onde se situavam os "calaboiços"[12].

Assim, parecem ser os quartéis e a escada, que impõem condicionantes à cobertura do baluarte, o que dá força à teoria de que quando se construíram as abóbadas já o centro do baluarte era ocupado com construção.

O perfil das nervuras que suportam estas abóbadas não é característico do reinado de D. Manuel, nem de D. João III, em que as nervuras são ainda bastante salientes; trata-se de uma tipologia pouco comum. É no paço abacial de Alcobaça, iniciado cerca de 1548 por Miguel de Arruda sob iniciativa do Cardeal D. Henrique, que encontramos nervuras com as mesmas características. As abóbadas de Belém serão, provavelmente, da mesma época e, possivelmente, projectadas pelo mesmo arquitecto.

Porque razão teriam sido construídos apenas os arcos torais no período manuelino? Havendo intenção de tornar os quartéis à prova de bomba, seria necessário cobri-los com abóbadas de volta perfeita e para esse efeito criar muros de suporte com uma espessura considerável. O facto das paredes limítrofes dos antigos quartéis serem relativamente estreitas, como se pode verificar nos levantamentos antigos da fortificação, exigia, em alternativa, que fossem reforçadas com contrafortes, no entanto, estes tornavam-se bastante inconvenientes num espaço já de si exíguo para as manobras da artilharia e da própria guarnição.

[11] *"Outra segurança nos suscita o episódio da ida do infante D. Luís à conquista de Tunes (na qual também participou, como engenheiro do imperador Carlos V, o italiano Benedetto da Ravenna), em 1535, acompanhado por D. João de Castro e uma plêiade de fidalgos que viriam a ser os mais entusiastas defensores do novo sistema de fortificação. Esse sucesso com larga repercussão no País (…), dá testemunha da efervescência de ideias que as guerras desenroladas no cenário italiano e do Mediterrâneo Central pareciam suscitar na geração mais jovem. Caída Rodes em 1532, e com ela todo um conjunto de concepções, os olhos voltam-se para a Itália" (Moreira: 1989, pp. 150-151).*

[12] *Designação que é atribuída a estes compartimentos no levantamento de 1825.*

Com estes arcos transversais, os impulsos das abóbadas eram transmitidos para os grossos muros exteriores do baluarte, bastante mais resistentes. Simultaneamente, toda a estrutura reagia de forma solidária a uma solicitação exterior. Esta solução estrutural também foi utilizada no Forte do Bugio, algumas décadas mais tarde. A esta inteligente solução estrutural da Torre de Belém parece referir-se Damião de Góis quando, em 1566, ao mencionar o edifício salienta que "ha instructura delle he magnifica" (Goes: 1566, fol. 50).

Acredita-se, assim, que até à segunda metade do século XVI não terá existido a plataforma superior do baluarte. O espaço entre os muros exteriores e os quartéis terá estado a descoberto durante várias décadas. Era, aliás, esta a forma mais eficaz para evacuar os fumos da artilharia e assegurar boas condições de salubridade a este espaço.

Em 1589, já se encontrando coberto o baluarte, Vicenzo Casale relatava a deficiente evacuação de fumos da praça baixa: "Nem deixarej de advertir ~q no termo em ~q esta oje a Artelharia no ~q se/ deue guardar o canál esta em sitio cuberto, por onde E pello fumo se confundiraõ os Artilheiros, E pello tremor da Artelharia tirando á meude corera / ventura á ábobada a qual he baxa" (Guedes: 1989, p. 50). Ainda em documentação do século XIX se encontram registos de queixas sobre a deficiente ventilação da praça baixa que, provavelmente, terão justificado a demolição dos quartéis (certamente entendidos como acrescentos à estrutura original).

Fig. 2 – Fachada norte da torre.

3. O SISTEMA CONSTRUTIVO DAS FACHADAS

O aparelho de cantaria das fachadas apresenta grandes irregularidades, com algumas fiadas inclinadas e com blocos de alturas diversas que causariam grande dificuldade na sua montagem por justaposição na vertical. Separam-se destas irregularidades as juntas de construção que delimitam reparações pontuais realizadas em épocas distintas.

Na base da torre, até ao nível onde se situam os elementos decorativos inferiores das guaritas, o aparelho é compacto, com fiadas regulares, alternadamente altas e baixas, e com juntas finas como no embasamento do baluarte. A escarpa é rematada por um cordão simples de secção semicircular. Acima deste nível consegue-se delimitar uma outra faixa de cantaria homogénea, com 10 fiadas, que enquadra o cordame e o nó e que corresponde à abóbada da cisterna. O cordame envolve a torre e o baluarte com o claro propósito de conferir unidade arquitectónica a toda a fortificação (Fig. 2). Na torre, desse nível para cima, as fiadas encontram-se desencontradas à esquerda e à direita dos vãos, mantendo-se niveladas dos dois lados de cada cunhal.

A esquadria dos cunhais contrasta com a irregularidade do aparelho das fiadas, sugerindo que o material pétreo foi "colado" ao muro existente como um revestimento que não aparenta ser contemporâneo da obra inicial. Não se encontram, por exemplo, vestígios da janela da fachada sul da torre que é representada no levantamento de Casale de 1589 (Fig. 3). O mesmo vão é, ainda, assinalado no levantamento de 1825, embora entaipado tal como o da fachada norte que só foi desobstruído com as obras de restauro do século XIX.

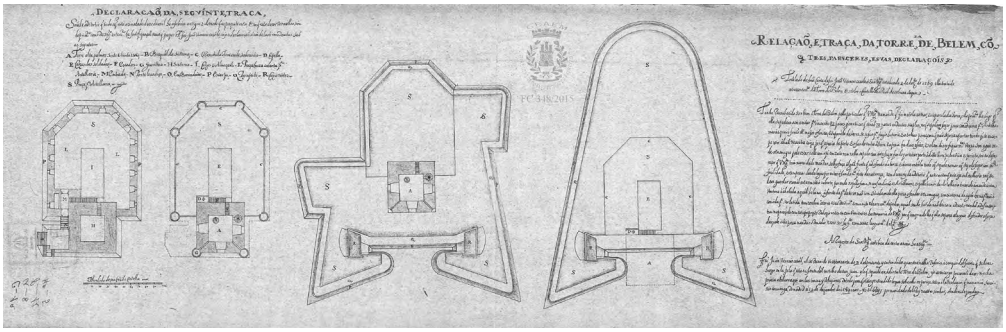


Fig. 3 – Planta de Frei João Vicencio Casale - 1589 (8846-I-5-67-84 – PT/GEAEM/DIE).

Nos paramentos interiores da torre é também evidente esta dicotomia. Nos enxalços dos vãos da sala do primeiro andar existem juntas de construção que provam que o material pétreo que aqui reveste as paredes é também um revestimento. No segundo piso, juntas no aparelho de cantaria distinguem assentamentos distintos de material pétreo. Inicialmente estas paredes deveriam estar rebocadas à semelhança do que ainda hoje encontramos, por exemplo, no interior da Torre de Menagem de Arzila e de Portel, em construção na mesma época. Um sistema construtivo igualmente utilizado no Forte de S. Miguel Arcanjo no início do século XVII.

No interior do baluarte encontramos ainda diversos paramentos rebocados. De facto, as alvenarias de pedra irregular rebocadas eram o sistema vulgarmente utilizado na construção dos muros das obras militares desde o final do século XV – porque amortecia melhor o impacto dos tiros de artilharia, reduzindo o dano provocado nas estruturas defensivas, e, simultaneamente, porque evitava os estilhaços de pedra que podiam ser mortais para a guarnição.

A torre de menagem do Alvito (1494-1504) foi uma das últimas torres de cariz medieval a ser construída em território continental e nela se adoptou este sistema construtivo. No Castelo de Portel, outra obra realizada por Francisco de Arruda em 1510, não foi dispensada a mesma técnica construtiva, nem no Castelo de Aguz, em Marrocos, também edificado pelos irmãos Arruda na mesma época. A já mencionada Torre de Menagem de Arzila foi erigida por mestre Boytaca também com paramentos de alvenaria de pedra irregular rebocada. A difícil manutenção deste tipo de paramentos, quer pela grande susceptibilidade das argamassas de cal em ambiente marinho, quer pela dificuldade em montar andaimes no local, poderá ter justificado a substituição do revestimento inicial. Na Torre do Outão e no Forte do Bugio, construídos algumas décadas mais tarde também junto ao mar, o aparelho de cantaria dos paramentos exteriores é bem diferente. A regularidade das fiadas, montadas à maneira tradicional, põe em evidência a função estrutural que lhes está subjacente.

Pelas razões apresentadas, questiona-se se o revestimento dos paramentos exteriores com cantaria terá sido aplicado na fase inicial de construção da Torre de Belém. Diversas são as imagens antigas da fortificação que parecem provar o contrário.

CONCLUSÃO

A análise apresentada dá a conhecer uma série de intervenções realizadas na Torre de Belém em diferentes épocas. Conjectura-se que o primeiro projecto se poderia assemelhar ao das fortificações

da Caparica e de Cascais, com o mesmo tipo de protobaluarte descoberto.

Reynaldo dos Santos realça o facto de esta fortificação ter merecido diferentes denominações ao longo do tempo, o que de certa forma dificultou o relacionamento de dados importantes com a obra - "Torre, baluarte, fortaleza ou castelo do Restelo – e só por fim, quando estava acabada – tôrre de S. Vicente" (Santos: 1900, p. 33). Esta reflexão chamou-nos, porém, a atenção para aspectos da própria nomenclatura que poderão também ser relevantes sobre a evolução da obra; talvez não seja por mera coincidência que no documento mais antigo que faz referência a esta obra se use a designação torre e que apenas em 1516 surja a denominação baluarte, associada ao nome de Francisco de Arruda. No alegado primeiro projecto, a torre poderia ser entendida como determinante na composição da fortificação.

Nos primeiros anos de governação, D. Manuel promoveu a realização de obras em castelos e palácios sobre a sua tutela; na segunda década do século XVI, muitos edifícios foram modernizados com a introdução de novos conceitos arquitectónicos, estéticos e também militares. Como defende Mário Barroca, foi na primeira fase que se ergueram os últimos balcões com matacães e as últimas torres de menagem; as fortificações da segunda fase já prescindiram destes elementos de tradição medieval[13].

Com base no que se expôs, pode mesmo questionar-se a data de 1514 como sendo a do início da construção da Torre de Belém. Será errado pensar-se que esta obra começou em data mais aproximada à das torres de Cascais e da Caparica (e mesmo da do Mosteiro dos Jerónimos)? Poderá a sua construção ter sido ordenada logo nos primeiros anos do reinado de D. Manuel, quase dez anos antes do convencionado? Acreditamos que sim.

O nome do autor do traçado do hipotético primeiro projecto não se consegue nomear por via deste estudo, contudo, a interpretação que se faz dos factos, aliada à expressão "mandou fazer" que vem associada ao nome de Boytaca pode, muito bem, pressupor a participação deste mestre na elaboração do primeiro projecto e na coordenação da obra. Diogo Boytaca veio exercer a sua profissão em Portugal no reinado de D. João II[14]. Usufruindo de um estatuto elevado também junto do rei D. Manuel, Boytaca foi convidado para construir a grande obra do Mosteiro dos Jerónimos que acompanhou até 1516. Entre 1509 e 1510, o mesmo mestre de obras acompanhou a reconstrução do palácio do governador e da torre de menagem de Arzila[15].

Sobre aquele que considera ser o principal arquitecto do reino no início do século XVI, Rafael Moreira escreve, que "do ponto de vista estratégico (...) as ideias de Boytac pecaram por conservadoras (…) – e talvez a esse insucesso, e concretamente ao trágico fiasco de Mamora, se tenha ficado a dever o seu afastamento do favor régio logo em 1516"[16]; e argumenta que, "mesmo

[13] *"O Livro das Fortalezas do Reino revela que, até 1509-10, se tinha realizado um número considerável de obras dentro do âmbito do que definimos como a "primeira fase" da adaptação à pirobalística: programas pequenos, relativamente circunscritos, que se traduziram essencialmente na difusão das troneiras pelas nossas fortificações. (…) Sublinhemos que é nesta primeira fase do reinado de D. Manuel I que se criam entre nós os últimos balcões com matacães (…) e que se erguem as últimas Torres de Menagem à maneira medieval (…). As fortificações erguidas na segunda fase do reinado do Venturoso já prescindiram destes elementos de tradição medieval" (Barroca: 2003, p.100)*

[14] *Cerca de 1490, Boytaca encontrava-se a dirigir a obra do Convento de Jesus, em Setúbal. Foram-lhe atribuídas empreitadas em obras de grande prestígio nacional, como o Mosteiro da Batalha, o Hospital Real de Todos-os-Santos, o Mosteiro de Santa Cruz de Coimbra.*

[15] *Em 1514, voltou ao Norte de África onde esteve também em 1515 acompanhando a construção de outras fortificações, de entre as quais o Castelo de São João de Mamora. Na opinião de Reynaldo dos Santos "os monumentos que Boytac averiguadamente construiu, distinguem-se por uma robustez construtiva em geral destituída de elegância, gótico pesado cuja decoração naturalista ou emblemática é por vezes um pouco rude" (Santos: 1900, p. 60).*

[16] *Refere Reynaldo dos Santos que deixam de se encontrar referências ao nome de Boytaca na documentação da obra do Mosteiro de*

possuindo bombardeiras para tiro flanqueante, os baluartes ainda não o são verdadeiramente, tendo uma função sobretudo passiva. (...) De um modo geral, eram pré-modernos, essencialmente destinados ao impacte do fogo frontal, e equipados por um pequeno número de especialistas. (…) O valor simbólico conferido à torre de menagem confirma, de resto, o arcaísmo das suas ideias" (Moreira: 1989, pp. 124-125).

Este comentário reflecte aquilo que se pensa ter caracterizado o que se julga ter sido o primeiro projecto da fortificação do Restelo e reune as razões que, provavelmente, terão levado D. Manuel, primeiro, a ordenar a Boytaca a construção de uma torre em "rrestelo velho" e depois, em 1516, a procurar outro arquitecto para modernizar a obra.

É interessante observar como a composição da torre de menagem de Arzila se assemelha ao que se defende ter sido a forma da torre de Lisboa na sua fase inicial: tenha-se presente o jorramento do embasamento; a composição dos paramentos exteriores com alvenaria de pedra irregular reforçada nos cunhais por cantaria bem aparelhada; a reduzida dimensão, simplicidade e escassez de aberturas; e imagine-se o desaparecido caminho de ronda saliente a coroar a torre.

Na sequência do já referido, consideramos, pois, que o alegado modelo inicial poderá ter sido alterado (na nossa opinião, ao fim de quase duas décadas) por falta de actualidade, face às novas técnicas de ataque e defesa, vendo-se o monarca atraído por um arquitecto mais actualizado em sistemas de fortificação, a quem terá ordenado a remodelação do primeiro projecto. Acredita-se ser neste contexto e com este objectivo que Francisco de Arruda dirige a obra em 1516.

Em 1517, o rei substituía também Diogo Boytaca por João de Castilho na direcção da obra Mosteiro dos Jerónimos, referindo Paulo Pereira, a propósito, que "em termos contemporâneos, o rei «mudou de arquitecto» e alterou o projecto de execução de forma a engrandecer o edifício e garantir uma execução mais de acordo com o seu gosto – provavelmente um novo gosto que a pouco e pouco se formava" (Pereira: 1900, p. 24). Em Abril desse mesmo ano D. Manuel determinou que o Mosteiro dos Jerónimos fosse o panteão régio do novo ramo dinástico Avis-Beja que com ele se iniciara, tornando-se pouco depois a sede da Ordem Hyeronimita em Portugal. Poderá ser neste contexto político que o rei terá determinado a execução da primeira obra de enobrecimento na fortificação, onde se enquadra a substituição do portal de entrada original por outro mais elaborado. Um desejo de enriquecimento que se irá estender também à torre que vai ganhar um carácter distinto do do baluarte onde está instalada a máquina de guerra.

O desvendar da evolução morfológica desta obra, cadenciando a introdução das diferentes soluções arquitectónico-militares, ajudará a enquadrar melhor a fortificação no seu tempo e contribuirá para uma compreensão mais exacta da arquitectura militar do período de transição em Portugal.

Santa Maria de Belém a partir de 1517 e que em 1516 partilhava já as funções directivas com João de Castilho. É também em 1516 que surge a referência explícita a Francisco de Arruda como mestre da obra de "rrestelo velho", apesar do seu nome ser já mencionado no livro das ferias do mosteiro de Belém desde 6 e Novembro de 1514, à testa de alguns oficiais e em condições especiais (cf. Santos: 1900, p. 78).

BIBLIOGRAFIA

Barroca, Mário Jorge. 2003. Tempos de resistência e inovação: a arquitectura militar portuguesa no reinado de D. Manuel I (1495-1521). Portvgalia, Nova Série, Vol. XXIV.

Carita, Helder. 1999. Lisboa Manuelina e a formação de modelos urbanísticos da época moderna (1495-1521). Lisboa: Livros Horizonte.

Cid, Pedro de Aboim Inglez. 1998. A Torre de S. Sebastião da Caparica e a arquitectura militar do tempo de D. João II, Dissertação de Mestrado em História de Arte da Idade Moderna, Volume I. Universidade Nova de Lisboa - Faculdade de Ciências Sociais e Humanas.

D'Holanda, Francisco, introdução, notas e comentários de José da Felicidade Alves. 1984. Da Fábrica que falece à cidade de Lisboa. Lisboa: Livros Horizonte.

Goes, Damião de. 1566-1567. Chronica do Felicissimo Rei Dom Emanuel per Damiam de Goes, Diuvidida em quatro partes, das quaes esta he ha primeira. 4v em 1 tomo; 2.ºLisboa: em casa de Françisco Correa.

Guedes, Lívio da Costa, 1989. Aspectos do reino de Portugal nos séculos XVI e XVII. A "Descripção" de Alexandre Massaii (1621) – II Tratado, Separata do 58.º volume do Boletim do Arquivo Histórico Militar. Viseu: Arquivo Histórico Militar.

Moreira, Rafael (dir.). 1989. Portugal no Mundo, História das Fortificações Portuguesas no Mundo. Lisboa: Publicações Alfa.

Pereira, Paulo. 2002. Mosteiro dos Jerónimos. IPPAR e Scala Publishers

Resende, Garcia de, 1752. Chronica dos valerosos e insignes feytos del Rey Dom Ioam II de gloriosa memoria, em que se refere sua vida, suas virtudes, seu magnanimo esforço, excelentes costumes, & seu christianissimo zelo. Lisboa: na Officina de Manoel da Sylva.

Santos, Reynaldo dos. 1900 (?). A Torre de Belem 1514 - 1520. Estudo Historico e Arqueologico de Reynaldo dos Santos.

O surgimento da Tipologia dos Edifícios "De Placa" em Lisboa

Marques, A. I.[(1)]*; Veiga, Maria do Rosário[(2)]*; Candeias, P. X.[(3)]*; Ferreira, J. P.[(4)]**
[(1)]aimarques@lnec.pt, [(2)]rveiga@lnec.pt, [(3)]pcandeias@lnec.pt, [(4)]joao.gomes.ferreira@tecnico.ulisboa.pt
** Laboratório Nacional de Engenharia Civil*
*** Instituto Superior Técnico-CERIS, Universidade de Lisboa*

RESUMO

Os edifícios com estrutura de alvenaria constituem uma percentagem significativa do parque edificado dos países do sul da Europa, nos quais se inclui Portugal. Atendendo à evolução das práticas construtivas dos edifícios de alvenaria ao longo do tempo, é possível detetar variações não só em termos da arquitetura e tipologias construtivas mas também ao nível da conceção estrutural.

As guerras e desastres naturais foram, no passado, as causas que mais contribuíram para a destruição do património urbano, tendo o parque habitacional português, em particular o de Lisboa, sofrido grandes transformações desde os seus primórdios até aos dias de hoje. Para além disso, e com base na evolução observada na ciência e técnica, o edificado português sofreu grandes modificações desde os edifícios com estrutura de alvenaria e de madeira até à generalização do uso do betão armado, como solução corrente, a partir de meados do século XX.

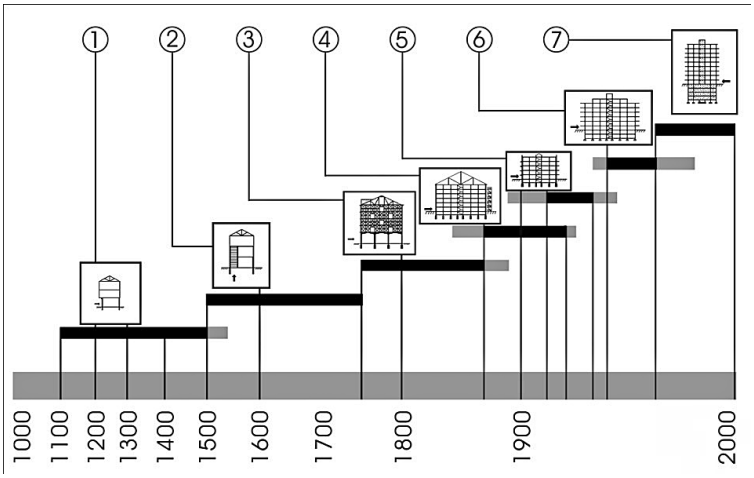
Neste trabalho apresenta-se a evolução das várias tipologias construtivas dos edifícios de alvenaria existentes na cidade de Lisboa, com particular enfoque na tipologia edifícios "de placa". Analisa-se também o impacto do aparecimento do betão armado e da regulamentação no surgimento dessa tipologia de edifícios. Apresenta-se ainda uma caracterização detalhada dos edifícios "de placa" a nível estrutural, relacionando-a com os principais estilos arquitetónicos e as várias técnicas e materiais utilizados. Refere-se ainda o impacto que o surgimento deste tipo de edifícios teve na sociedade Lisboeta.

O estudo pretende também evidenciar o valor cultural dos edifícios deste tipo, por serem identificadores de uma época, de um gosto, de um estilo e ainda de um avanço técnico específico, evidenciando assim a necessidade de preservar este património.

Palavras-chave: edifícios "de placa"; caracterização estrutural; caracterização arquitetónica.

1. INTRODUÇÃO

Entre os tipos de edifícios de alvenaria construídos após 1755 distinguem-se três fases: edifícios "Pombalinos", edifícios "Gaioleiros" e edifícios mistos de alvenaria e de betão armado, vulgarmente designados por edifícios "de placa". A diferenciação entre os tipos de edifícios baseia-se, não só na época de construção, mas essencialmente na presença decrescente de elementos estruturais de madeira e respetiva substituição por elementos de betão armado. Os edifícios "de placa", construídos entre 1920 a 1940, surgem com o declínio das



Legenda:
1 e 2 – Anteriores a 1755
3 – "Pombalino"
4 – "Gaioleiro"
5 – Paredes de alvenaria e "placa"
6 e 7 – Betão armado

Fig. 1 - Evolução das tipologias construtivas do edificado de Lisboa segundo Coias e Silva [2001].

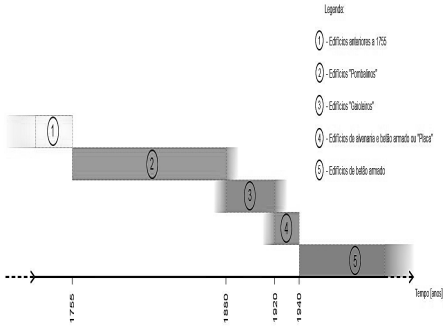


Fig. 2 - Evolução das tipologias construtivas do edificado de Lisboa segundo Heitor [1999].

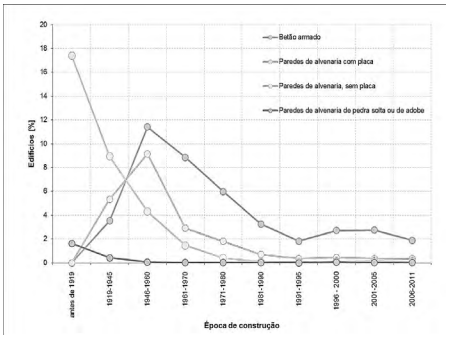


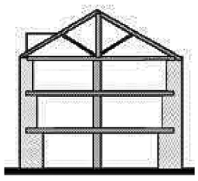
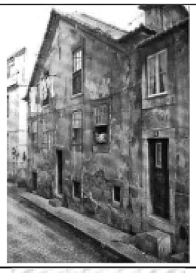
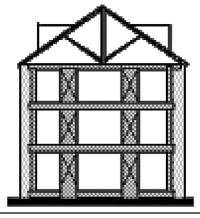
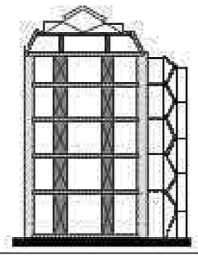
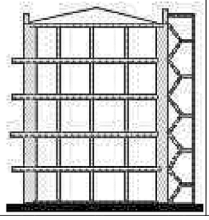
Fig. 3 - Comparação das percentagens de edifícios (em relação ao total de edifícios existentes) com diferentes tipos de estrutura existentes em Lisboa, à data dos Censos 2011 [INE, 2012 e INE, 2013] e construídos em diferentes épocas.

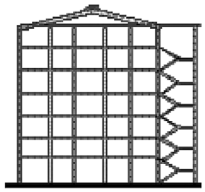
construções do tipo "Gaioleiro" com o advento de um novo material: o betão armado.

O conhecimento aprofundado das tipologias dos edifícios, da sua sequência cronológica e do contexto histórico e social do seu surgimento e evolução contribui para a compreensão das soluções construtivas adotadas e permite tipificar e caracterizar os vários tipos de edifícios, quer do ponto de vista arquitetónico e material, quer estrutural.

Esta caracterização constitui um primeiro passo para a avaliação das necessidades de intervenção nos edifícios e para a escolha adequada de soluções. Em particular, o conhecimento das tipologias e soluções construtivas usadas permite uma previsão da segurança em relação à ação

Tabela 1 – Principais características da evolução das tipologias construtivas do edificado de Lisboa

Tipologia	Breve descrição	Secção construtiva	Exemplo
Edifícios anteriores a 1755 (Até 1755)	– Edifícios baixos de alvenaria de pedra (máximo 3 pisos); – Plantas pequenas com configurações irregulares; – Edifícios localizados na parte frontal do arruamento. – Existência de um pequeno pátio nas traseiras.		
Edifícios "Pombalinos" (1755-1880)	– Edifícios de alvenaria de pedra com esqueleto de madeira; – Distribuição regular dos edifícios no quarteirão; – Edifícios localizados na parte frontal do arruamento. – Existência de pátios nas traseiras.		
Edifícios "Gaioleiros" (1880-1920)	– Edifícios altos e estreitos de alvenaria de tijolo e pedra; – Pavimentos e paredes de madeira; – Existência de elementos metálicos no tardoz; – Existência de marquises e escadas exteriores; – Áreas de implantação diferentes em termos de dimensão e geometria; – Edifícios localizados na parte frontal do arruamento. – Existência de pequenos pátios nas traseiras.		
Edifícios de alvenaria e betão armado ou "placa" (1920-1940)	– Estruturas compostas por paredes de alvenaria resistente e pavimentos de betão armado; – Plantas adaptáveis a diferentes áreas e geometrias; – Edifícios localizados na parte frontal do arruamento; – Edifícios muito profundos; – Existência de pequenos pátios nas traseiras.		

Edifícios de betão armado (A partir de 1940)	– Edifícios compostos por elementos de betão armado e paredes de alvenaria de enchimento; – Pavimentos de betão armado; – Plantas adaptáveis a diferentes áreas e geometrias; – Edifícios localizados na parte frontal do arruamento ou dispostos em bloco; – Edifícios com alguma profundidade; – Existência de pequenos pátios nas traseiras.		

sísmica e fornece bases para a definição de soluções de reforço, que sejam eficazes, mas também compatíveis e sustentáveis. Ou seja, capazes de garantir a segurança respeitando o edifício, a sua organização e materiais originais.

A definição das soluções de reforço e das respetivas metodologias de aplicação integrar-se-á numa estratégia geral de conservação e reabilitação desses edifícios, tendo em conta aspetos como a compatibilidade de materiais, a viabilidade e sustentabilidade de aplicação, o grau de intrusividade e o impacto em elementos com valor cultural potencialmente elevado.

2. TIPOLOGIAS CONSTRUTIVAS DO EDIFICADO DE LISBOA

As principais causas da destruição do património urbano foram, no passado, as guerras e os desastres naturais, tendo o parque habitacional português, em particular o de Lisboa, sofrido inúmeras transformações desde os seus primórdios até aos dias de hoje. Com base na evolução observada na ciência e na técnica, o edificado português sofreu grandes modificações até meados do século XX, quando o uso do betão armado se generalizou como solução estrutural corrente, conforme se ilustra na figura 1.

O sismo de 1 de novembro de 1755 é um grande marco na classificação da construção de edifícios: é razoável considerar uma separação entre edifícios pós e pré-Pombalinos, conforme tenham ou não sido marcados pelo espírito da reconstrução que se seguiu em muitas zonas do País no período posterior ao terrível fenómeno natural. Segundo Sousa e Silva (2011) os desastres são uma de entre múltiplas formas pelas quais a natureza (recombinada ou não) opera seletivamente sobre os sistemas sociais, introduzindo constrangimentos e, paradoxalmente, conferindo oportunidades de ação, mas que se vão desvanecendo ao longo dos tempos. É por isso razoável considerar-se que a perda contínua de memória do grande sismo leva à deturpação do modelo "Pombalino" e ao predomínio da construção dos "Gaioleiros". O aparecimento do cimento, do aço e do betão é também marcante, determinando, em passos sucessivos, o fim da construção tradicional e a passagem definitiva para o que se entende como

Tabela 2 – Principais características da evolução das tipologias construtivas do edificado de Lisboa

Tipologia construtiva	Quantidade	%
Anteriores a 1755 + Edifícios "Pombalinos" + Edifícios "Gaioleiros"	10 280	20
Mistos de alvenaria e betão armado ou "placa"	9 750	18
Betão armado	32 470	62

modernidade da construção, associada ao recurso quase exclusivo às estruturas de aço e de betão [Appleton, 2007].

A demarcação das tipologias num contexto temporal não está bem definida. Existem alguns autores, como é o caso de Heitor (1999), que dividem as tipologias conforme se ilustra na figura 2.

À medida que a altura dos edifícios aumenta, os materiais utilizados na sua construção evoluem da madeira para a alvenaria (de pedra ou tijolo) e finalmente, nas primeiras décadas do século XX, para o betão armado. Atualmente ainda se pode verificar este aspeto quando se recolhe informação sobre os edifícios existentes no parque habitacional de Lisboa em 2011, conforme se ilustra no gráfico da figura 3. Nos edifícios mais antigos existe uma maior utilização de elementos de alvenaria e madeira, sendo clara a predominância do betão nos edifícios mais recentes, conforme se verifica nas principais características apresentadas na tabela 1 recolhidas de bibliografia sobre o tema ([Heitor, 1999], [Oliveira & Cabrita 1985]). Sublinha-se que a demarcação das tipologias num contexto temporal é meramente indicativa.

De acordo com a informação recolhida pelo INE nos Censos 2011 [INE, 2012 e INE, 2013], os cerca de 52 500 edifícios existentes em Lisboa podem ser distribuídos pelas principais tipologias que se apresentam na tabela 2.

Grande parte do edificado da cidade de Lisboa (uma das zonas de maior intensidade sísmica do país) encontra-se em condições de segurança muito precárias, face à eventualidade dum abalo sísmico intenso. Os edifícios de alvenaria em particular, que constituem cerca de 40% do edificado de Lisboa, apresentam condições de falta de segurança decorrentes, por exemplo, das seguintes situações:

- Degradação das propriedades dos materiais estruturais;
- Acrescento de pisos nomeadamente ao nível da cobertura, vulgarmente designados por "pisos recuados";
- Alterações globais do comportamento estrutural do edifício, nomeadamente no que diz respeito à abertura de grandes vãos nos painéis de alvenaria ou por vezes à eliminação desses mesmos painéis;
- Utilização inadequada dos edifícios, com sobrecargas excessivas, sem colocação de nenhum tipo de reforço.

Os edifícios de alvenaria construídos na cidade de Lisboa (construídos após 1755, nomeadamente edifícios "Pombalinos", edifícios "Gaioleiros" e

Fig. 4 - Danos observados num edifício de alvenaria após o sismo de L'Aquila.

Fig. 5 - Danos observados num edifício de alvenaria após o sismo de Christchurch.

edifícios "de placa") apresentam uma vulnerabilidade às ações sísmicas superior à dos edifícios construídos atualmente, tendo em conta os danos observados em edifícios semelhantes, na sequência da ocorrência de sismos anteriores como é o caso dos sismos de L'Aquila (Itália) que ocorreu em abril de 2009 e de Christchurch (Nova Zelândia) que ocorreu em fevereiro de 2011 e que se ilustram como exemplo nas figuras 4 e 5.

Apesar dos avanços científicos realizados, o estudo deste tipo de construção tem sido limitado. A necessidade de continuar a desenvolver trabalho neste domínio justifica-se plenamente no contexto do crescente interesse na preservação do património construído que se observa nos últimos anos e na expectativa de encontrar novas metodologias e soluções de reabilitação que permitam a menor adulteração das técnicas construtivas originais desses edifícios.

3. OS EDIFÍCIOS "DE PLACA" EM LISBOA

3.1 surgimento da tipologia

Em Portugal a indústria do cimento inicia-se em 1894 com a fábrica de cimento Tejo em Alhandra. Em 1918 foi aprovado o primeiro Regulamento Português no domínio do betão armado: Instruções Regulamentares para o Emprego do Beton Armado (Dec. 4036 de 3 de abril de 1918) realizadas com base nas normas francesas de 1906.

As utilizações do betão armado ganham então nova dinâmica, marcando o início de um curto período de transição, em que a construção de edifícios vai abandonando as técnicas e materiais tradicionais fixando-se cada vez mais no novo paradigma das soluções estruturais. Neste contexto, a importância do cimento Portland está bem representada também em elementos não-estruturais como as paredes de blocos vazados de betão e os revestimentos de marmorites e de ladrilhos de pasta de cimento. Começa também a ocorrer, de forma sistemática, a construção de todas as lajes e escadas com estruturas finas de betão armado apoiadas ainda em paredes de alvenaria resistentes. Estas lajes são executadas com betão pouco compacto e os recobrimentos são escassos devido à falta de regulamentação, o que favorece a oxidação do aço das armaduras e o destacamento do betão, degradando-se muito a capacidade resistente destes elementos.

Nesta altura, assiste-se a uma crescente expansão de indústrias de produtos de betão, nem sempre regidas por normas de fabrico regulado ou por exigência de características (físicas e mecânicas) satisfatórias para uma boa construção. Só nos anos 60 começam a surgir as primeiras normas nacionais para avaliação de características de unidades de alvenaria, mas essencialmente destinadas a tijolos cerâmicos. No entanto, nunca foram desenvolvidos documentos de dimensionamento para estruturas de alvenaria, contrariamente ao aparecimento de regulamentos para estruturas de betão armado, como é o caso do Regulamento de Betão Armado - RBA (Decreto n.º 25948 de 16 de outubro de 1935), do Regulamento de Estruturas de Betão Armado - REBA (Decreto n.º 47723 de 20 de maio de 1967), do Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes - RSA (Decreto-Lei n.º 235/83 de 31 de maio) e do Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado - REBAP (Decreto-Lei n.º 349-C/83 de 30 de julho). O período de estagnação da aplicação de estruturas de alvenaria verificado a nível internacional após a Primeira Guerra Mundial encontrou semelhante período em Portugal após 1950, onde se verificou um domínio claro das construções reticuladas de betão armado (Gouveia, 2007).

No início do século XX ocorreu um aumento demográfico acentuado na cidade de Lisboa, tendo sido registados cerca de 350 000 habitantes em 1900 e 590 000 habitantes em 1930 (Teixeira, 1992). Além dessa situação se dever ao aumento da natalidade, a razão maior deveu-se à migração

Fig. 6 - Edifício "de placa" estilo Art Déco, sito na Avenida Barbosa do Bocage, n.º 34.

Fig. 7 - Edifício "de placa" estilo Moderno Puro, sito na Avenida Alvares Cabral, n.º 2.

da população do campo para as cidades, motivada pela necessidade de melhoria das condições de vida, indo à procura de emprego, observando-se dessa forma um aumento da população operária, mas também da classe detentora dos meios de produção, a pequena e média burguesia, uma classe em ascensão.

Em Lisboa, com o aumento da população, também a cidade cresce, desenvolvendo-se fisicamente num movimento de ocupação dos planaltos e suscitando um novo interesse económico, o mercado imobiliário, "florescente ramo de negócio, recém-descoberto: produzir, vender e alugar cidade" (Portas, 1978).

3.2 Caracterização arquitetónica

Diretamente relacionados com o processo evolutivo da forma de construir e o seu contexto histórico, os edifícios desta época são também significativos por constituírem exemplos da arquitetura modernista portuguesa, reunindo exemplos do estilo *Art Déco*, e exemplos do Moderno Puro, conforme se ilustra nas figuras 6 e 7. Muitos destes edifícios apresentam valor arquitetónico e valor cultural significativos, por serem identificadores de uma época, de um gosto, de um estilo. Assim, as soluções de reparação e de reforço a utilizar na sua reabilitação devem ter em conta a importância da preservação dos elementos que os distinguem e caracterizam, sempre que possível e sem prejuízo da segurança estrutural.

Com tendências do estilo Art Déco, nos edifícios que foram construídos para a "alta sociedade", verifica-se um trabalho ao nível da decoração com utilização de estuques decorativos, elementos cerâmicos ou serralharias, apresentando motivos florais ou clássicos, estilizados ou simplificados, mas não totalmente abstratizados. A expressão dos alçados é predominantemente simétrica e ritmada por elementos verticalizantes, os coroamentos superiores das fachadas apresentam com frequência platibandas com as típicas formas "em pirâmide" (Ribeiro, 2007), conforme se ilustra na figura 10.

Com tendências do estilo Moderno Puro, nos edifícios que foram construídos para a classe social média e baixa da época, encontra-se menos decoração, acentuando-se as tendências abstratas e utilizando preferencialmente o reboco pintado como acabamento construtivo de fachadas, rarefazendo quaisquer tendências figurativas e centrando-se sobre temas geométricos. Círculos, quadrados e triângulos são agora os únicos temas de desenho de portas, baixos-relevos, azulejos, exprimindo também uma tendência para o abandono de regras tradicionais de composição, tais como a simetria, e traduz-se preferencialmente em alçados com marcação horizontalizante, conforme se ilustra na figura 13. As cimalhas são retilíneas, rematadas com "faixas" de reboco saliente. Estas características baseiam-se de uma forma geral na expressão purista e abstrata dos volumes e formas com elementos geométricos e angulosos que exprimem a utilização (ou a vontade de utilização) do betão armado como material estrutural (Fernandes, 1991).

3.3 Caracterização Estrutural

A característica fundamental que define um edifício como sendo "de placa" é o facto de este possuir lajes em betão que descarregam diretamente em paredes. Da análise do conjunto de projetos consultados por Lamego (2012) pertencentes à tipologia de edifícios "de placa", verificou-se que os mesmos apresentam, de uma forma geral, áreas em planta com dimensões não excessivas e relativa homogeneidade em planta, e que o número de pisos raramente ultrapassa os cinco pisos elevados. As lajes são em betão armado, possuindo habitualmente uma espessura total de cerca de 0,10 m, com uma rede de varões metálicos, colocada a meio da espessura da laje, podendo também, em alternativa, ser de vigotas e abobadilhas. Segundo (Lamego, 2012) o betão utilizado pode ser considerado como C16/20 ou C20/25, dependendo das condições em que se encontre o edifício, e o aço em varão liso da classe A235.

Nas paredes existentes neste tipo de edifícios encontram-se os materiais mais diversos, tais como: alvenaria ordinária de pedra argamassada, tijolo cerâmico maciço, tijolo cerâmico perfurado e blocos de betão. É vulgar encontrar dois ou três tipos de materiais distintos para a construção das paredes de um mesmo edifício.

Segundo a análise de um conjunto de projetos consultados por Lamego (2012), do ponto de vista de soluções construtivas globais, as mais encontradas são compostas e estruturadas da seguinte forma:

Edifícios com paredes exteriores em alvenaria ordinária de pedra argamassada, caixa de escada e paredes divisórias dos fogos em tijolo cerâmico maciço e paredes interiores em tijolo cerâmico perfurado;

Edifícios com paredes exteriores (fachadas principal e de tardoz) em alvenaria ordinária de pedra calcária, paredes de empena em betão armado, caixa de escada e paredes divisórias dos fogos em tijolo cerâmico maciço e paredes interiores em tijolo cerâmico perfurado;

Edifícios com paredes exteriores, caixa de escada e divisórias de fogos em tijolo cerâmico maciço e paredes interiores em tijolo cerâmico perfurado ou blocos de betão;

Edifícios com paredes (exteriores, interiores e caixa de escada) em tijolo cerâmico perfurado.

Fig. 8 - Edifício "de placa" estilo Art Déco, sito na Rua de Angola, n.º 1.

Fig. 9 - Edifício "de placa" estilo Art Déco, sito na Rua de Moçambique, n.º 12.

Fig. 10 - Pormenores Art Déco

Os tipos de materiais utilizados podem também variar em termos de altura. Por exemplo, num edifício com cinco pisos elevados, as paredes interiores podem ser em tijolo cerâmico maciço nos dois primeiros pisos e nos três últimos pisos ser em tijolo cerâmico perfurado. Situação idêntica pode ser encontrada nos materiais utilizados para a construção da caixa de escada. De uma forma geral, os materiais existentes nos pisos mais baixos possuem maior capacidade resistente que os restantes.

Do ponto de vista da resistência sísmica, segundo os estudos realizados por Proença [2012], este tipo de edifícios evidencia os seguintes riscos:

- Insuficiência de resistência ou de capacidade de deformação das paredes de alvenaria, para ações no seu plano e para ações perpendiculares ao seu plano;
- Inexistência do efeito de diafragma ao nível da esteira, em certos casos pela inexistência de lajes de esteira de betão armado e, em outros, pelo facto das lajes não cobrirem a totalidade da planta do edifício;
- Queda dos elementos ornamentais na fachada e cobertura (frontão, pináculos, etc.).

A partir de meados do século XX, a utilização da alvenaria estrutural perdeu atratividade e foram esquecidas as vantagens económicas e de impacto ambiental. Um novo sistema construtivo baseado no betão armado começava gradualmente a ser assumido pelos arquitetos e engenheiros que passaram a reconhecê-lo como feito cultural significativo.

4. CONCLUSÕES

Pela análise feita ao parque habitacional de Lisboa recolhida pelo INE nos Censos 2011 [INE, 2012 e INE, 2013] e, tendo em conta a informação bibliográfica, existem em Lisboa cerca de 9 750 edifícios mistos de alvenaria e betão armado ou "de placa", construídos entre 1919 e 1945, representando assim quase 18% do total dos edifícios existentes, dos quais cerca de 5 550 reclamam obras de reabilitação. Tendo em conta que existe uma quantidade significativa de edifícios "de placa" habitados no centro histórico da cidade de Lisboa, os quais apresentam fragilidades do ponto de vista sísmico face às exigências atuais, (reconhecidas por não terem sido objeto de dimensionamento sísmico), apresentam também um valor arqui-

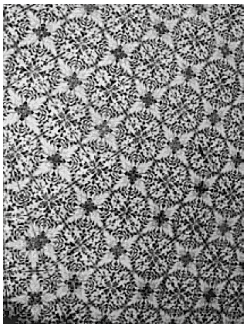


Fig. 11 - Pormenores de azulejaria Art Déco

Fig. 12 - Exemplo de pormenores decorativos em estuque, em sanca e teto.

tetónico e histórico indiscutível, e os materiais constituintes destes edifícios já atingiram o fim da sua vida útil (nomeadamente do betão armado usado nos pavimentos). Torna-se então urgente conhecer profundamente este tipo de edifícios e as suas soluções construtivas, para poder tomar medidas preventivas de reforço.

Pela análise da evolução das tipologias construtivas existentes no parque habitacional de Lisboa e pela interpretação de alguns momentos históricos da época podemos compreender melhor a constituição dos edifícios "de placa", quais as soluções construtivas adotadas, assim como as suas fragilidades estruturais. Esta informação é essencial não só para sabermos quais os elementos a reforçar, mas também para escolhermos a técnica de reforço mais eficaz e compatível com os materiais existentes.

O conhecimento das influências arquitetónicas que marcam a tipologia dos edifícios "de placa" ajudam a reforçar o valor arquitetónico deste tipo de edifícios. É inegável que este tipo de edifícios marca uma época e é identificador de um gosto e um estilo muito próprios. A perda deste tipo de património significa não apenas perda de qualidade de vida, mas de cidadania e de sentimento de pertença aos locais. O património é responsável pela continuidade histórica de um povo e da sua identidade cultural. Além disso, cria personalidades únicas para cada cidade e favorece a orientação e a apreensão do espaço urbano. Pelo exposto torna-se imperativo tomar medidas que preservem este património.

A decisão e a escolha das técnicas de reforço devem ser o resultado do estudo aprofundado do comportamento de todos os elementos intervenientes, quer a um nível mais local (comportamento do elemento a reforçar), quer a um nível mais global (participação do elemento no comportamento global de conjunto).

Está em curso um estudo de investigação sobre reforço sísmico de paredes de alvenaria resistente pertencente aos edifícios "de placa" à base de rebocos armados cujo objetivo principal é avaliar a eficácia na redução da vulnerabilidade sísmica desses edifícios, enquadrado numa estratégia de conservação, reabilitação e sustentabilidade.

5. AGRADECIMENTOS

Este trabalho insere-se no Projeto de Investigação e Inovação 2013-2020 do LNEC "REuSE - Revestimentos para Reabilitação: Segurança e Sustentabilidade".

Os autores agradecem ao Professor João Appleton pelas frutuosas discussões sobre a localização e caracterização estrutural dos edifícios "de placa" da cidade de Lisboa.

Edifício "de placa" estilo Moderno Puro,
sito na Rua Marquês da Fronteira, nº.125

Edifício "de placa" estilo Moderno Puro,
sito na Rua de Moçambique, nº.12

Pormenor do pórtico de entrada de um
edifício "de placa" estilo Moderno Puro

Pormenores da entrada de um edifício
"de placa" estilo Moderno Puro

Fig. 13 - Pormenores construtivos do estilo Moderno Puro ertencentes a edifícios "de placa".

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Appleton, João. 2007. "A construção de edifícios em Portugal no século XVIII: de Mafra à reconstrução de Lisboa". Colóquio comemorativo dos 25 anos do Memorial do Convento, Mafra, 17 de Novembro de 2007.

Coias e Silva, Vítor. 2001. "Viabilidade Técnica de Execução do "Programa Nacional de Redução da Vulnerabilidade Sísmica do Edificado"", artigo publicado em *Redução da Vulnerabilidade Sísmica do Edificado*, SPES – Sociedade Portuguesa de Engenharia Sísmica e GECoRPA – Grémio das Empresas de Conservação e Restauro do Património Arquitectónico, A. Ravarra, C. S. Oliveira, E. C. Carvalho, M. S. Lopes, P. T. Costa, R. Delgado, R. Bairrão, V. C. Silva, Lisboa, Abril de 2001.

Fernandes, J. M.; Janeiro, M. L.1991. Arquitectura modernista em Lisboa, 1925-1940: levantamento e classificação de arquitectura modernista na cidade de Lisboa (1925-1949). Lisboa. Câmara Municipal de Lisboa.

Gouveia, J. P.; Lourenço, P. B.; Vasconcelos, G.. 2007. "Soluções Construtivas em Alvenaria". 3º Congresso Nacional Construção. Universidade de Coimbra. Coimbra.

Heitor, Teresa Valsassina; Caldas, J. V.; Araújo, V. 1999. "Learning From Lisbon". Sixth International Seminar on Urban Form (ISUF). Florence.

INE, I. P. 2013. "O Parque habitacional e a sua reabilitação - análise e evolução 2001-2011". Edição de 2013. Editores: INE e LNEC. Lisboa – Portugal. ISBN 978-989-25-0246-5.

Instituto Nacional de Estatística – Censos 2011.2012 censos.ine.pt.

Lamego, Paula Raquel Cunha. 2012. "Reforço sísmico de edifícios de habitação. Viabilidade da mitigação do risco". Dissertação de Doutoramento em Engenharia Civil. Universidade do Minho, Escola de Engenharia. Minho.

Oliveira, Carlos Sousa; Cabrita, A. M. Reis. 1985. "Tipificação do Parque Habitacional" Relatório Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa – Portugal.

Proença, J. M.; Gago, A. S.; Heitor, T. V.; 2012 "Avaliação e reforço sísmico de edifícios escolares em Portugal". *Revista técnico-científica de engenharia civil Construção Magazine* nº 50 (Julho/Agosto), páginas 16 a 22. Edição Engenho e Média.

Portas, N. 1978 "A evolução da arquitectura moderna em Portugal", in Zevi, B. História da Arquitectura Moderna, Vol. II. Lisboa. Arcádia. (2.ª edição, in Nuno Portas, A Arquitectura para hoje, Livros Horizonte, 151-210, Lisboa, 2008)

Ribeiro, J. P. 2007. "Reabilitação Bioclimática de Edifícios de Habitação de Construção Mista, um Caso de Estudo em Lisboa". Dissertação de Metrado. Universidade Técnica de Lisboa, Faculdade de Arquitetura. Lisboa.

Sousa e Silva, Delta. 2011 "Desastre, Recuperação e Mudança. O caso do sismo do Faial de 1998". Dissertação de Doutoramento em Sociologia. ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa. Lisboa.

Teixeira, M. C. 1992. "As estratégias de habitação em Portugal, 1880-1940". *Análise Social*. Vol. XXVII (115), 65-89, (1º).

Coberturas Tradicionais a Quatro Águas e a Questão dos Telhados Múltiplos

Sarrazola Martins, João[(1)]; Sousa Gago, António[(2)*]
[(1)]joao.sarrazola@tecnico.ulisboa.pt, [(2)]antonio.gago@ tecnico.ulisboa.pt
**CERIS, Departamento de Engenharia Civil, Arquitetura e Georrecursos, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa*

RESUMO

O aparecimento em Portugal dos telhados múltiplos a quatro águas, em que cada divisão do edifício tem uma cobertura autónoma, tem sido alvo de diversos estudos e são várias as teorias sobre a sua origem. Alguns autores referem influências orientais, em virtude da sua inclinação que, aparentemente, se encontra desenquadrada da construção tradicional portuguesa. Esta controversa teoria teve origem no estudo dos telhados do tesouro Algarvios, com inclinações iguais ou superiores a 45º, e na suposição duma possível ascendência indiana.

No entanto, estes telhados múltiplos foram executados noutras zonas de Portugal para além do Algarve, sobretudo em cidades costeiras. Mas, também há registos da sua presença noutros locais, como por exemplo, em Sintra, onde tais telhados são visíveis nas ilustrações de Duarte de Armas, do início do século XVI. Não obstante se possa argumentar que não é elevado o rigor gráfico desse tipo de representações, nestas ilustrações de Duarte de Armas, e noutras do mesmo autor, surgem telhados com inclinações elevadas. Esta disseminação regional e o facto da construção tradicional portuguesa de estruturas de cobertura se ter baseado, ao longo de séculos, nos telhados de asnaria a duas e a quatro águas, isto é, coberturas constituídas por uma sucessão de asnas, espaçadas por espaços curtos, pode fundamentar a hipótese de que este tipo de coberturas terá tido origem europeia e não oriental.

É, pois possível, na opinião dos autores, que limitações técnicas e construtivas tenham obrigado à utilização de coberturas de duas e quatro águas, com pequenos vãos, em que cada divisão seria coberta por um sistema autónomo. A opção por este tipo de coberturas poderá ter dado origem aos telhados múltiplos, os quais serão, nesse caso, uma consequência natural do sistema construtivo e não uma importação de origem oriental.É de referir que em Portugal a construção de coberturas através de telhados de asnaria a duas e a quatro águas só se alterou, e, mesmo assim, de forma gradual, após o surgimento de estruturas de grande vão de origem italiana. É de salientar, em particular, a influência da cobertura da Igreja de São Roque, em Lisboa, atribuída por vários autores a Filipe Terzi, no final do séc. XVI, e que apresenta asnas do tipo Palladianas, com mais de 17 metros de vão.Neste artigo pretende-se, para além de fundamentar uma nova hipótese quanto à origem europeia dos telhados múltiplos, identificar e descrever os métodos construtivos das estruturas de cobertura tradicionais (portuguesas) a quatro águas, comparando-as com aquelas que foram utilizadas na construção de telhados múltiplos.

Palavras-chave: coberturas; telhados múltiplos; construção.

1. INTRODUÇÃO

O uso de estruturas formadas por asnas triangulares fechadas, a apoiar madres, usadas com alguma frequência durante o Império Romano, entrou em desuso após a sua queda, na zona europeia por ele abrangido, excepto em Itália (Merino de Cáceres and Álvarez 2007),tendo sido substituídas por telhados de asnaria. Estes telhados, caracterizam-se por serem constituídos por uma sucessão de asnas a curta distância umas das outras, não utilizando um segundo nível estrutural, as madres. Estas estruturas tornaram-se as mais populares na Península Ibérica tendo sido construídos com duas, quatro e oito águas. No caso Ibérico, passaram no geral a ser construídas com uma sucessão de asnas formadas, cada uma, por duas pernas unidas a cerca de 2/3 da altura da asna por um olivel. Embora mais raras, e só aplicadas em vãos pequenos, existem algumas que prescindem do olivel, conhecidas em Espanha por armaduras de *parhilera*.

Foram estas estruturas com olivel, que se tornaram as comuns, com e sem decoração de laço, sendo ainda visíveis muitos exemplos com laço, como por exemplo: a duas águas, as coberturas da Sé de Caminha, do Funchal e a Igreja Matriz de Águas Santas; a quatro águas, a Capela lateral da Igreja de Santa Maria de Castelo Mendo, das capelas-mores de Escarigo e Sortelha, da sacristia da Igreja Matriz de Azurara, etc.; e a oito as da Igreja Matriz de Vilar Formoso, Igreja de São Bento em Bragança, etc.

Pretende-se, assim, neste artigo abordar a evolução, em Portugal, dos telhados de asnaria ao longo dos tempos, identificar as suas características construtivas, especialmente no que diz respeito aos telhados a quatro águas, e identificar as suas limitações construtivas e as razões que poderão ter levado à difusão dos telhados múltiplos em território Nacional.

Acreditam os autores que, contrariamente ao tradicionalmente aceite, este tipo de construção, corrente em Portugal, terá sido levado para a Índia, onde não existia, conforme se constata pelo trabalho de Hélder Carita, posteriormente referido. Esta "exportação" das nossas típicas asnas com olivel irá ser aplicada na Índia, com o nome de tesouras, que se referem a um mesmo tipo construtivo. Também será de Portugal que esta tecnologia irá para os restantes territórios. Assim, uma vez que era praticamente o único método construtivo utilizado, não se justificam, aparentemente, as teses que atribuem uma origem oriental para os *telhados de tesouro* do Algarve, que se integram perfeitamente dentro da construção tradicional Ibérica.

Um dos argumentos principais para a origem oriental destes telhados, é a noção incorrecta de que a construção em Portugal, no séc. XVI, era a de estruturas de cobertura com asnas de pendural, que na realidade só terão sido divulgadas após a construção da cobertura da Igreja de São Roque em Lisboa.

2. EVOLUÇÃO DAS COBERTURAS NA PENÍNSULA IBÉRICA

Durante o Império Romano e na sua área de influência, foram utilizadas estruturas de cobertura constituídas por asnas trianguladas autoportantes, formadas, na sua versão mais simples, por duas pernas unidas entre si na cumeeira e unidas por uma linha ou tirante de madeira [1] na sua base. Essas asnas eram, em geral, espaçadas de alguns metros e sustentavam as madres, paralelas às paredes, que suportavam, elas próprias, as varas ou apenas um forro.

[1] *Actualmente, em engenharia e arquitectura, a designação tirante refere-se a elementos metálicos que funcionam sujeitos a tensões de tração. Contudo, em estruturas de cobertura tradicionais, esses elementos tracionados são normalmente em madeira, pelo que no presente documento a designação tirante refere-se a elementos em madeira que estão sujeitos a tensões de tração. Esta peça surge em documentos também com outras designações, como linha, linha de esteyro ou trave.*

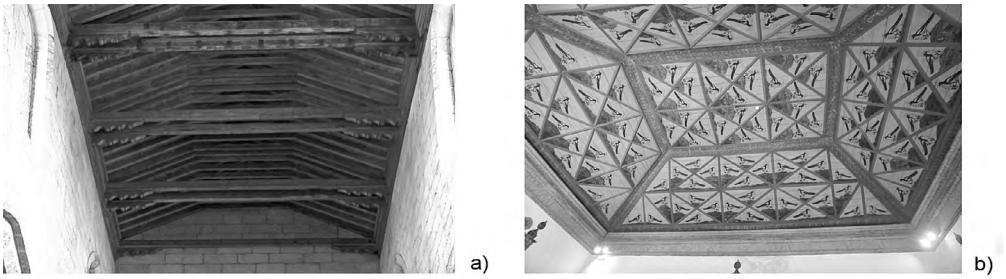


Fig. 1 – a) Cobertura da Igreja de Nossa Senhora da Oliveira (adaptado de Josep Renalias, Wikimedia Commons); b) tecto da Sala das Pegas.

Com a queda deste Império, outro tipo de estrutura passou a ser utilizado, tendo, provavelmente, entrado na Península Ibérica durante o período visigodo (Cabo 1991). Estas estruturas caracterizam-se por ser constituídas apenas pelas pernas, não possuindo a segunda ordem de elementos (madres), sendo a estabilidade longitudinal, frequentemente assegurada apenas pelo guarda pó. Este tipo de telhado é montado sobre uma estrutura de apoio, que na sua forma mais simples é composta apenas pelos frechais encastrados no topo das paredes. Devido aos fortes impulsos horizontais, exercidos sobre as paredes, esta solução só era viável em pequenos vãos. Para vãos maiores era necessário recorrer ao uso de tirantes que absorviam os impulsos exercidos nos frechais, o que evitava a necessidade de aumentar a espessura das paredes. As coberturas onde se utilizam este tipo de estruturas designam-se por telhados de asnaria, isto é, constituídos unicamente por asnas, e só se podem utilizar em vãos pequenos, devido aos fortes impulsos horizontais que exercem sobre as paredes. Para vãos maiores, é necessário recorrer a tirantes, unindo frechais opostos.

Em virtude duma menor pluviosidade na Península Ibérica, a inclinação das coberturas de asnaria diminuiu relativamente ao que se utilizava nas zonas de origem, surgindo a necessidade de um apoio suplementar, o olivel, viga que une as duas pernas que formam cada asna. Com o passar dos tempos, os mestres carpinteiros perceberam que o olivel apresentava melhor desempenho estrutural se se situasse a, aproximadamente, 2/3 da altura da asna. Por outro lado, tal localização facilitava o processo construtivo, visto que dividia a cobertura em três espaços iguais, proporção óptima para a incorporação de laço na estrutura (Gutiérrez 2003).

Na Península Ibérica, o exemplar mais antigo (e conservado) de coberturas de asnaria com olivel, é a estrutura a quatro águas do Palácio de Pinohermoso, em Espanha (Merino de Cáceres and Álvarez 2007). Já em Portugal, os exemplares mais antigos de coberturas de asnaria com olivel e que ainda conservam o aspecto original, são o da nave da igreja de Nossa Senhora da Oliveira, em Guimarães (Fig. 1a), a duas águas, e o tecto da Sala das Pegas, no Palácio Nacional de Sintra (Fig. 1b), a quatro águas. Ambos datáveis do início do séc. XV.

Tudo indica que este tipo de telhados de asnaria (Fig. 2a), também conhecidos na Índia como telhados de tesouras, foi o principal e eventualmente o único tipo de telhado utilizado em Portugal até 1584, para coberturas a duas ou mais águas[2], data da construção da cobertura da igreja de S. Roque (Fig. 2b), em Lisboa. Esta cobertura e a sua estrutura foram, à data, uma grande novidade, quer pelo enorme espaço da cobertura, quer

[2] *Para além destes telhados, na construção a duas águas, foram também utilizadas as coberturas sobre arcos diafragma, com as pernas apoiadas em madres.*

pelo sistema de junção dos vários elementos ao invés dos grandes travejamentos unitários com enormes vigas[3] (Caetano 2002). De facto, segundo Balthasar Telles até então nunca havia sido feito nenhuma construção deste arrojo: "veio um famoso arquitecto, mandado por el Rey Católico Dom Philippe o prudente, o qual traçou a obra com um novo invento, nunca visto em Portugal, dispondo o tecto com tal traça, (...) que está seguríssimo, e parece que se sustenta no ar" e "como esta obra foi nova, & sua architectura nunca uíada neste Reyno". (Telles 1644). É possível que este autor não tenha conhecido com pormenor a arquitectura da igreja de S. Roque, devido aos erros que comete na sua descrição, mas este documento permite-nos identificar a novidade que eram, à época, as asnas com pendural. Dentro da terminologia que Balthasar Telles emprega, identificam-se as linhas ou traves, os olivéis, a trave de fileira, e os frechais, mas, também, umas novas peças que sustentam a linha, os pendurais. Balthasar Telles usa a terminologia dos telhados de asnaria, linha, olivel, frechal e fileira, referindo, também, às novas peças, os guieiros (as pernas deste novo tipo de asna) e os pendurais. A possível origem italiana da cobertura de São Roque, parece poder comprovar-se devido a vários detalhes estruturais, nomeadamente: a sobreposição de pernas, em que a perna é interrompida na união com o pendural, isto é, há uma secção da perna que vai do frechal ao pendural e outra que vai do pendural à cumeeira, estas pernas são reforçadas com a sobreposição de uma contraperna contínua característica das asnas Palladianas quinhentistas; a utilização de estribos metálico a unir os pendurais às linhas, sem que haja contacto directo entre estas peças aponta para o tipo de estruturas construídas em Roma, contrariamente às Venezianas em que o pendural se apoiava na linha (Valeriani 2006). Este tipo de estrutura e de características, será progressivamente disseminado pela europa, sendo uma a Inglaterra um dos primeiros países a utilizar extensivamente estas soluções construtivas no Séc. XVII, após o incêndio de Londres com os trabalhos de Inigo Jones e Christopher Wren.

Aparentemente, esta foi a primeira utilização de asnas com pendural em Portugal, (Sarrazola Martins, Sousa Gago, and Lopes 2014). Os telhados de pendural, divulgados pelo sucesso da obra da Igreja de S. Roque e, também, pelo tratado de Paládio, foram sendo introduzidos em Portugal de forma lenta, vindo, provavelmente, a ser utilizados na reconstrução da cidade Lisboa que se seguiu ao terramoto de 1755. De acordo com Joaquim Caetano, "os cronistas dos sécs. XVI e XVII não se cansaram de cantar as excelências da obra, detendo-se detalhadamente sobre a perícia da construção que então espantava a tecnologia nacional"[4]. Ainda de acordo com o mesmo autor um cronista do dos finais do séc. XVIII que compilou o manuscrito da Biblioteca nacional "História da Fundação de S. Roque", considerava à época esta tecnologia já banal, afirmando que "neste anno de 1793, não só se fazem excelentemente por qualquer carpinteiro, que não seja totalmente ignorante, mas ainda se praticam outras mais seguras"[5]. Também em Espanha as estruturas tradicionais de asnaria, sem e com olivel, denominadas respectivamente de parhilera e de par y nudillo, se irão manter como o principal modo de construção, só vindo a ser substituídas por asnas de pendural no séc. XVIII. De acordo com Miguel Cabo, a quase totalidade das coberturas existentes em Espanha são de asnaria (de pares), pois as asnas trianguladas (cerchas), apesar de conhecidas, não foram utilizadas até bem entrado o séc. XVIII, e mesmo assim só como estruturas ocultas (Cabo 1991)[6].

[3] *Joaquim Caetano, op.cit., 2002, p.14.*

[4] *Ibid.*

[5] *Ibid.*

[6] *Miguel Cabo, op.cit.,1991, p.118.*

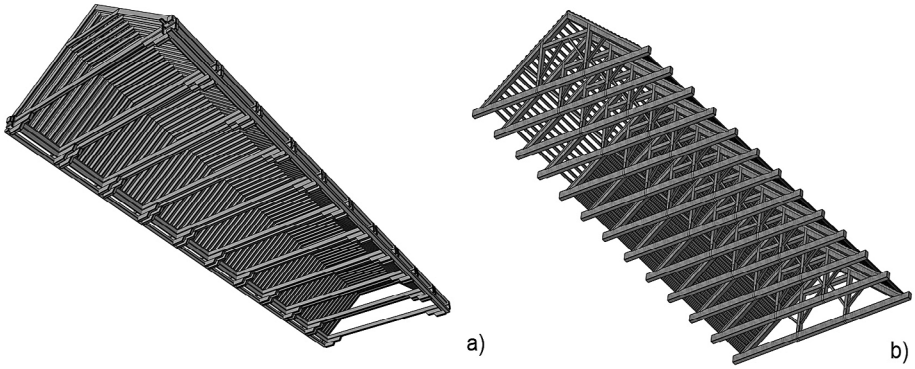


Fig. 2 – a) Cobertura da Igreja de S. Francisco de Coimbra (1525); b) Cobertura da igreja de S. Roque, Lisboa (1585).

No entanto, os telhados de asnaria continuaram a ser utilizados até ao séc. XIX, especialmente em coberturas de pequenas igrejas (Sarrazola Martins et al. 2013).

Os telhados e tectos de asnaria a duas, quatro, e, em alguns casos, a oito águas, estes normalmente apenas com função decorativa, foram construídos por todo o território nacional, e encontram-se amplamente documentados, quer por exemplares ainda existentes, quer por testemunhos escritos, tendo sido construídos com viga à vista, com e sem laço, ou forrados com os típicos tectos a três panos, de masseira ou oitavados. Quanto aos tectos ou coberturas de laço, que usam o mesmo tipo de estrutura, sabe-se que, embora mais frequentes a norte do Rio Tejo, também eram do conhecimento dos construtores do Sul de Portugal (Algarve) na primeira metade do séc. XVI, como comprova o exemplo da Ermida de N. S. de Entre Ambas as Águas, em Faro, forrada com asnas de madeirado de castanho, oitavada e com um tecto de laço com cubos e rezymos (pingentes e abóbadas de mucarnas), referenciado nas visitações da Ordem de Santiago de 1534 (Cunha 2012).

No séc. XVI existia, em todo o território de Portugal, um conhecimento profundo e enraizado dos processos construtivos ibéricos. Este conhecimento, partilhado entre artesãos de Portugal e de Espanha, pode ser constatado nas tabuadas do arquitecto português Tinoco (Tinoco 1660), que descreve o traçado de um telhado com asna e olivel de cinco, usando, exactamente, a mesma denominação que se encontra em Espanha para os telhados a 36º (os telhados em Espanha eram de quatro, a 45º; de cinco, a 36º; de seis, a 30º, de sete, a 25,7º; de oito, a 22,5º; de nove, a 20º e de dez, a 18º), sendo os mais comuns de cinco e de seis. Estas denominações surgem da divisão de um semicírculo que era utilizado para a construção de esquadros à escala que eram posteriormente usados para medir e cortar as peças da estrutura. Assim, a divisão do semicírculo em quatro partes originava a inclinação de 45º (180º/4), por cinco daria 36º e assim sucessivamente. O número pelo qual se dividia originava o nome da asna, de quatro, cinco, etc.

De acordo com algumas ilustrações, como é o caso da ilustração quinhentista de Lisboa representada na Fig. 3, uma parte significativa das coberturas era a quatro águas. O conhecimento das técnicas para a sua construção era generalizado e sabe-se que no exame para carpinteiro em 1572 (Correia 1926), a exigência relativamente à

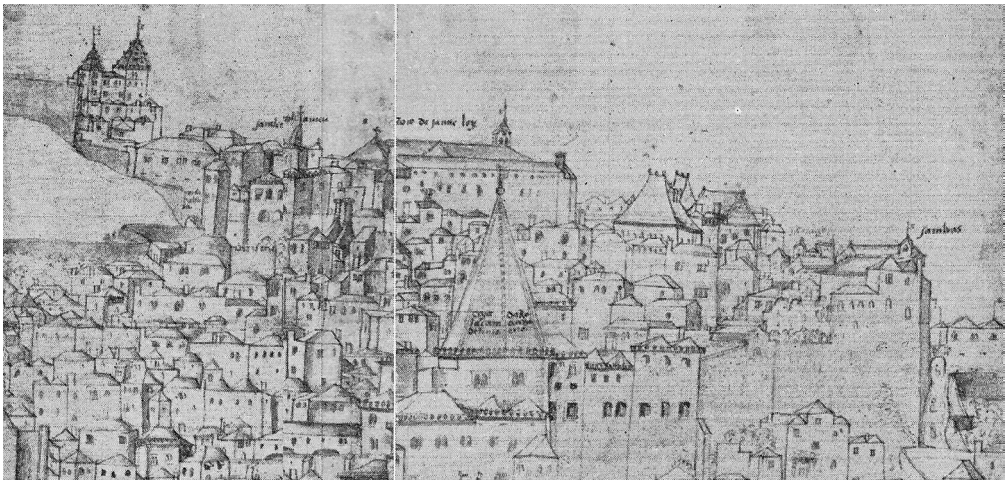


Fig. 3 – Lisboa cerca de 1540-1550 (detalhe), autor anónimo, Biblioteca de Leiden, Holanda.

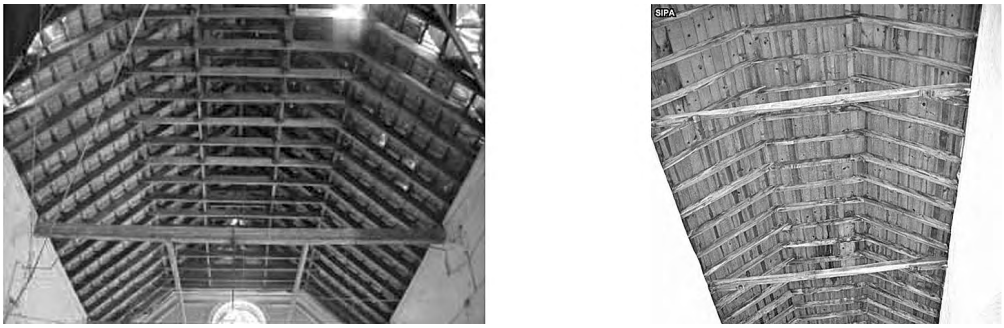


Fig. 4 – Telhado de tesoura indiano Igreja de Santo André de Arthunkal (foto Hélder Carita) e telhado de asnaria português da Ermida de Nossa Senhora de Entre-Águas, em Avis (foto DGEMN).

construção de coberturas era a obrigatoriedade de saber madeirar uma casa a quatro águas.

Segundo Hélder Carita (Carita Silvestre 2006), a estrutura dos telhados de tesoura indo-portugueses é muito diferente da encontrada nas tradições construtivas da arquitectura hindu, tendo estes telhados na sua concepção uma preocupação de cobrir grandes vãos sem utilização de apoios verticais, desenvolvendo-se num sistema de grandes asnas assentes em espessas paredes de alvenaria, apresentando assim não só uma lógica construtiva afecta a uma tradição europeia e portuguesa, inexistente nas construções indianas. Também no que se refere à terminologia, são utilizados os termos portugueses, confirmando que este sistema se desenvolve numa tradição de carpintaria portuguesa. Depreende-se assim que esta tecnologia foi levada de Portugal para a Índia.

Constata ainda, que o nome destes telhados provém do sistema construtivo, as tesouras (asnas)

e não da morfologia de telhados a quatro águas com pendente inclinada

Através dos contratos de empreitada, analisados por Hélder Carita, verifica-se que os telhados construídos na Índia são extremamente semelhantes aos que se usavam em Portugal (Fig. 4), constituídos por uma sucessão de tesouras (asnas), em que as pernas se encontravam unidas por olivéis, tendo também tirantes a unir os frechais de paredes opostas, de forma a não transmitir impulsos horizontais às paredes, frequentemente apoiados por cachorros, sendo a única diferença o termo utilizado, asna em Portugal e tesoura na India.

No entanto, é de referir que se constata, também, um aumento da pendente dos telhados relativamente ao caso Português, provavelmente para adaptar a estrutura às condições de pluviosidade locais.

Pelo exposto, parece ser pouco verosímil associar uma origem oriental aos telhados múltiplos construídos na península ibérica. Havendo, pelo contrário, uma exportação desta tecnologia construtiva de Portugal para os seus territórios ultramarinos.

Os telhados de asnaria ainda seriam a forma mais comum de construir em Portugal no início do século XVIII, como se constata pelas indicações do dicionário de Raphael Bluteau (Bluteau 1712). Nesta obra define-se, pela primeira vez em Portugal, o conceito de asna " (termo de carpinteiro) na madeira do telhado he, a que da mais alta parte do madeiramento, vai acabar na parede da empena até o lugar dos canos", associando-a à definição de Vitrúvio[7], em que as asnas correspondem às pernas, isto é denomina por asna a perna e não o conjunto de duas pernas. Define-se ainda a Asna Francesa[8], que é uma asna composta por uma linha, duas pernas e uma peça vertical a unir o centro da linha ao topo das pernas (não se trata dum verdadeiro pendural, uma vez que apoia na linha). Importa referir que para este autor, madeiramento não inclui os tirantes ou linhas: "Própriamente fallando hé a madeira que vai dos frechaes para cima"[9] (Bluteau 1716).

No dicionário de Bluteau descrevem-se os quatro tipos de telhados que se usavam em Portugal no início do século XVIII: o telhado de trouxa, só a uma água, com madres[10]; os telhados a duas águas ou telhados de empena[11], com dois prolongos (águas mestras), formados pelas pernas (asnas); telhados de três águas, com duas águas mestras e uma tacaniça, possuindo dois espigões que formam os rincões e um laroz, o frechal sobre o qual se apoia a tacaniça; e, finalmente, os telhados a quatro águas[12]. Nestes, verifica-se que este autor está a referir-se a telhados de asnaria, descrevendo que têm duas águas mestras, duas tacaniças, quatro espigões, dois larozes e o resto são asnas, isto é, pernas[13] (Bluteau 1721). A ilustração deste tipo de telhados é a representada na figura seguinte, com a sua terminologia, sendo as tacaniças as águas triangulares mais pequenas e as águas-mestras ou prolongos as águas maiores (Fig. 5).

Em 1789, Antonio Moraes da Silva (A. de M. Silva 1789) retoma as definições de Bluteau. Em 1813 no seu dicionário (A. de M. Silva 1813) define Asna como "... Termo de Carpint. alias tesouras; é

[7] *Raphael Bluteau, op. Cit., 1712, p.589,"As asnas chamalhe Vitruvio Canteriy, porque canterins em Latim, quer dizer besta de carga, & no madeiramento levão as asnas a peso dos telhados".*

[8] *Ibid. "Asna Franceza, chamão os carpinteiros a hum pau direito asima, com outro atravessado no meio da ponta, & no pau que vai debaixo do meio delle, vai de cada parte tambem hum pau até acima a pregar nas pontas do que fica atravessado na parte superior".*

[9] *Raphael Bluteau, op. Cit., 1716, p.240*

[10] *Raphael Bluteau, op. Cit., 1721, p.69, "Telhado de uma água, chamão-lhe trouxa ou madeirado de trouxa. Leva uma madre ou trave pelo meyo, para a madeyra não dar de si."*

[11] *Ibid. "Telhado de duas aguas, ou telhado de empena, tem dois prolongos ou madeyrados de asnas, as quais vão morrer nas paredes da empena, id est, acabar direyto pelas paredes abayxo".*

[12] *Ibid. "Telhado de tres aguas tem dous prolongos, & hua tacaniça, que leva dous espigões, & um laroz que tem mao na tacaniça."*

[13] *Ibid. "Telhado de quatro aguas tem dous prolongos, & duas tacaniças, leva quatro espigões, & dous larozes, & o mais são asnas."*

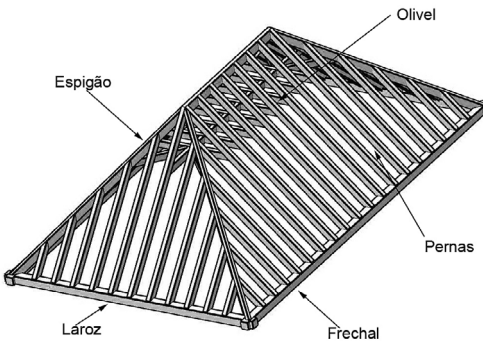


Fig. 5 – Modelo de telhado de asnaria a 45º com a terminologia de Bluteau, acrescentada dos olivéis.

um angulo de madeira, sobre a ponta da qual assenta a cumieira; as pernas abertas como a largura da casa assentão sobre os frechães; de uma perna à outra atravessa a certa altura o olivel, uma trave que se prega nas ditas pernas, para não abrirem nem fecharem mais; os telhados sobre asnas se dizem de asnaria"[14]. Nesta definição, a asna surge como o conjunto das duas pernas, unidas por um olivel, a descarregarem sobre os frechais. Do ponto de vista de nomenclatura vem esclarecer que asnas e tesouras são sinónimos, aplicando-se ao mesmo tipo de estrutura. Mantém ainda uma descrição para a asna Francesa[15], semelhante à de Bluteau. Sendo Antonio Moraes da Silva de origem brasileira, poderá colocar-se a questão se o termo tesoura era, também, utilizado na carpintaria portuguesa. No entanto, Francisco Solano Constancio (Solano Constancio 1836) quando se refere a asnas diz que os carpinteiros chamavam tesouras às asnas[16]. Este facto parece indiciar a coexistência de um termo mais erudito, a "asna" e de outro mais popular, usado na gíria de carpinteiro, a "tesoura".

[14] *Antonio Moraes da Silva, op. cit., 1813, p.69.*

[15] *Ibid.*

[16] *Francisco Solano Constancio, op.cit, 1836, p.123.*

Na segunda metade do séc. XIX parece haver uma variação na terminologia, facto que já se nota no trabalho de Francisco de Assis Rodrigues (Assis Rodrigues 1875). De facto, em desacordo com os autores anteriores, começa a chamar-se asna àquela que é constituída por pernas, pendural, linha e escoras e asna francesa[17] à tradicional asna ibérica. No entanto, ainda se mantém a definição de tecto de asnaria.[18]

Esta alteração na terminologia levou a que em investigações recentes, se tenha classificado os telhados de tesouro do Sul de Portugal (Algarve) como sendo construídos com asnas francesas[19] (Nascimento 2015) e não com as tipicamente utilizadas na península Ibérica.

3. CARACTERISTICAS CONSTRUTIVAS DAS COBERTURAS A QUATRO ÁGUAS IBÉRICAS.

Como referido, as estruturas tradicionais das coberturas Ibéricas eram designadas por coberturas de asnaria ou tesouras, sendo estes termos sinónimos. Estas estruturas são constituídas por uma sucessão de pares de pernas de asna, cada par apoia-se no topo, numa trave longitudinal, a fileira, ou noutros casos as pernas unem-se no topo através de uma união à meia-madeira, situação em que não é necessária a fileira, sendo a estabilidade longitudinal assegurada pelo forro. As asnas são colocadas a curta distância umas das outras, sendo que nas estruturas que incorporavam laço este espaçamento seria idealmente o dobro da

[17] *Francisco de Assis Rodrigues, op.cit., 1875, p.61. "Dá-se o nome de asna franceza á que tem uma linha, ou viga horisontal a meio, ou a dois terços, medidos do vértice, que prende nas duas pernas da asna, sem ter viga que feche o triangulo, descansando as pernas sobre os frechaes, que estão seguros nas paredes".*

[18] *Ibid."ASNARIA, s.f. tecto de asnaria, isto é, sustentado por asnas ou tesouras de madeira".*

[19]. *Ana Isabel Nascimento, op.cit., 2015, p.41."Os telhados algarvios têm geralmente os níveis ou linhas (traves horizontais que ligam as pernas da asna ou tesoura) implantados a cerca de dois terços da altura interna dos telhados (asna francesa) ".*

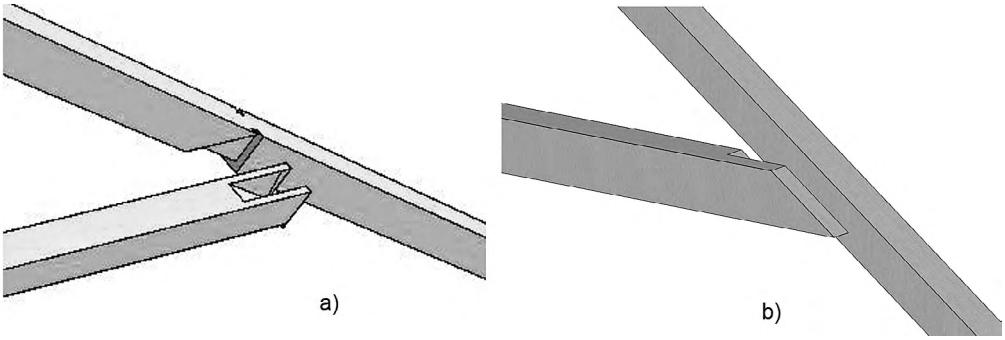


Fig. 6 – Uniões entre olivel e perna, a) de garganta e cornezuello ; b) Olivel de orelha.

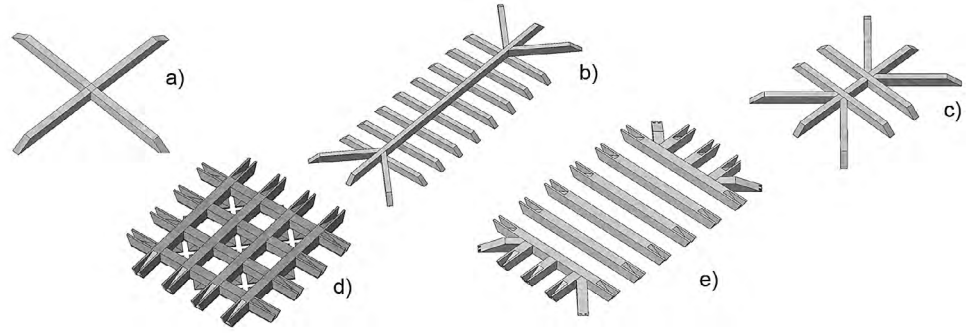


Fig. 7 – Exemplos de almizates portugueses: a) Aspa; b) de telhado de tesouro; c) do Mosteiro de Vilar de Frades; d) com laço, de Santa Maria de Castelo Mendo; d) da sacristia da igreja Matriz de Azurara.

secção das pernas, isto é, se por exemplo a secção fosse de 10 cm, o espaçamento entre asnas seria de 20 cm, esta relação de 1 para 2 é chamada na carpintaria espanhola como a calle e cuerda, no entanto nas estruturas sem laço, esta proporção é bastante mais flexível, podendo chegar pelo menos até a 1 para 6. Na maior parte das estruturas existe o olivel, uma viga horizontal a cerca de 2/3 da altura da asna para contrariar as forças assimétricas causadas pelo vento, pela neve e outras ações desequilibradas. Esta peça, que é tão mais necessária quanto menor for a inclinação da cobertura, trabalha em compressão no caso de ações assimétricas (atuando apenas numa das águas da cobertura) e em tração para as solicitações verticais, nomeadamente gravíticas. Para tal elemento foi concebido pelos carpinteiros Ibéricos um tipo específico de união, já documentado na decoração da cobertura da catedral de Teruel, do séc. XIV, denominada de garganta e cornezuello (Fig. 6a).

Esse tipo de união, usado em Espanha e Portugal, permitia a prefabricação dos panos, os vários planos constituintes da cobertura, e a sua posterior montagem, facto com muito interesse nas complexas estruturas de laço. Para além deste tipo de união utilizou-se, também, a união com olivéis de orelha (Fig. 6b) e a topo. As uniões com cauda de andorinha, um tipo de união destinado a trabalhar

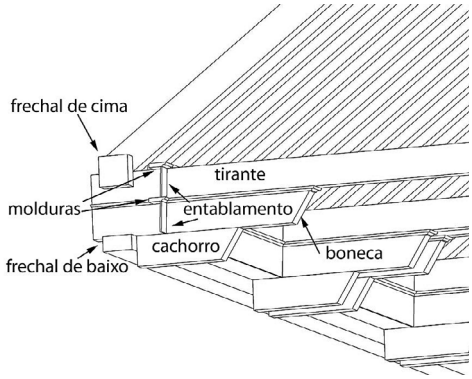


Fig. 8 – Terminologia da estrutura de apoio de um telhado de asnaria, Igreja de São Francisco em Coimbra, 1525.

à tração, vulgares no Brasil, caso tenham existido em Portugal ainda não foram referenciadas.

O plano horizontal formado pela sucessão de olivéis é denominado na literatura espanhola por almizate, podendo ter tarugos entre os níveis, para reforçar a estabilidade longitudinal, Estes almizates foram correntes nas coberturas com decoração de laço e podem apresentar vários tipos, desde a simples aspa, frequentemente utilizada nos telhados de tesouro algarvios, e outros bastante mais complexos (Fig. 7).

Em virtude dos impulsos horizontais exercidos pelas asnas sobre as paredes, cedo se começou a verificar a necessidade de introduzir tirantes a travar os frechais, anulando os efeitos dos impulsos laterais sobre as paredes. Os frechais sobre as paredes passam a ter, desta forma, uma relevante função estrutural, sendo importante garantir a durabilidade desses elementos e das ligações entre eles e os tirantes. Assim, para proteger essas estruturas de apoio das asnas sobre as paredes, isolando-as, em particular da água e da humidade, foram-se adoptando soluções cada vez mais complexas em que o madeiramento do telhado e o frechal não se apoiam directamente sobre a alvenaria. Exemplo dessa complexidade é o caso da ilustração representada na fig. 8 que resultou da reconstituição da descrição detalhada encontrada em documentos da reparação da igreja de São Francisco, em Coimbra, datados de 1524/28 (AN/TT 1524)[20].

Nas estruturas a quatro águas, os dois frechais em que se apoiam as tacaniças[21], as águas triangulares num telhado a quatro águas, que Bluteau denomina larozes assumem a função de tirantes. Esta estrutura é, frequentemente, reforçada por tirantes nos cantos (designados por quadrais), que são elementos a 45º unindo o laroz ao frechal adjacente (fig. 9a). Em estruturas maiores utilizavam-se, por vezes tirantes (muitas vezes duplos) atravessando o vão da cobertura.

O estudo das técnicas construtivas e de desenho das coberturas de asnaria pode ajudar a esclarecer a questão da origem dos telhados de tesouro, típicos de algumas zonas do Sul de Portugal (Algarve). Levanta-se a questão se estes telhados são uma importação oriental, como defendido por Orlando Ribeiro (Ribeiro 1961), ou se, pelo contrário, estavam perfeitamente enquadrados na tecnologia de construção ibérica corrente desde o séc. XIII?

Importa, assim, identificar as características construtivas que aproximam ou afastam os telhados de tesouro (Fig. 10) dos restantes telhados construídos na Península Ibérica. Temos, como primeira característica, a sua inclinação, próxima de 45º (Afonso 2006) (Pacheco 2009) (Nascimento 2015), aparentemente desfasada das restantes estruturas. No entanto, uma das mais antigas estruturas deste tipo, ainda conservada, do Palácio de Pinohermoso, em Espanha apresenta uma cobertura com uma inclinação de 45º (Torres Balbás 1958), conforme se pode verificar na Fig.9a). Por outro lado, 45º é uma das inclinações previstas nos tratados seiscentistas espanhóis, sendo obtida

[20] *ANTT, Certidão dos mestres pedreiros e carpinteiros que fizeram o conserto da igreja de S. Francisco de Coimbra, 1524-1528, op.cit.*

[21] *Às águas maiores, actualmente denominadas águas mestras, este autor chama prolongos.*

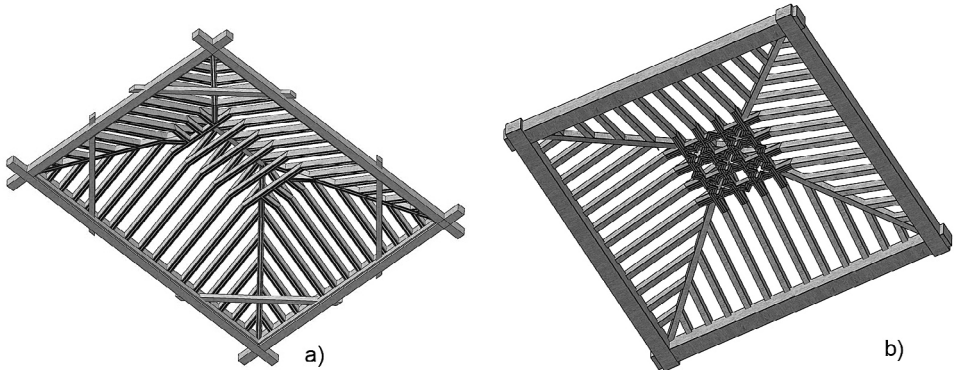


Fig. 9 – Modelos de coberturas a quatro águas: a) com quadrais da sacristia da igreja matriz de Azurara; b) capela lateral da igreja de S. Maria de Castelo Mendo, ambas do início do Séc. XVI.

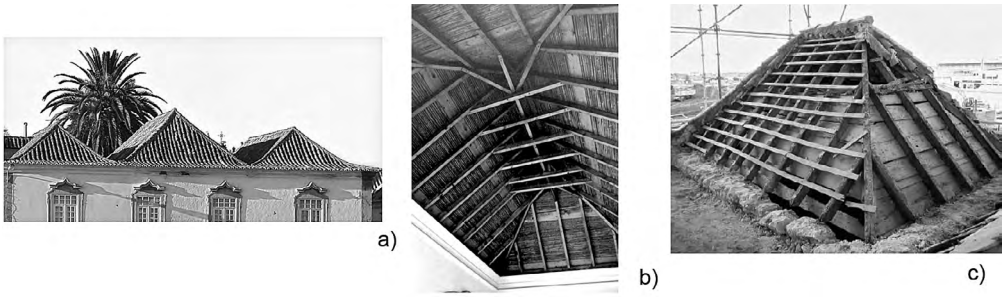


Fig. 10 – Telhados de tesouro: a) vista exterior (foto de autor desconhecido); b) estrutura interior (Nascimento 2015); d) estrutura pelo exterior (Afonso 2006).

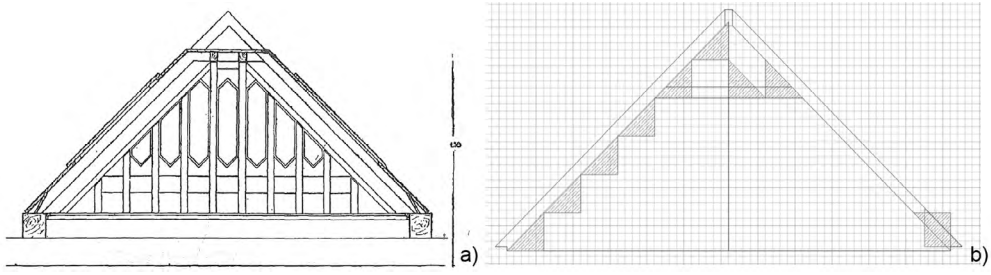


Fig. 11 – a) Corte da cobertura do Palácio de Pinohermoso (Torres Balbás 1958); b) Corte das peças das asnas a partir do esquadro de quatro (45º).

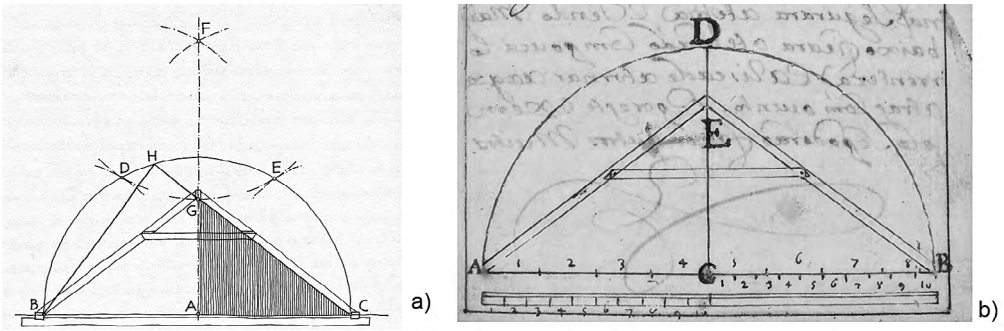


Fig. 12 – Esquema de traçado de asnas de cinco; a) Diego Lopez de Arenas (Nuere Matauco 2001); b) João Nunes Tinoco.

através do esquadro (cartabón) de quatro (Fig. 9b). Esta figura encontra-se traçada com a divisão do vão da sala em 12 partes, a favorita da construção com laço, uma vez que permitia a colocação do olivel a exactamente 2/3 da altura da asna, no entanto, também eram usados métodos com a divisão em 14 partes, já Tinoco, em Portugal, divide o vão em 8 partes. Em Espanha, coberturas com esta inclinação eram normalmente usadas nas torres de igrejas, embora existam alguns casos de telhados múltiplos da Alhambra com inclinação próxima dos 45º (Nuere Matauco 2008).

No âmbito da comparação da carpintaria portuguesa com a espanhola no que se refere ao seu parentesco na construção de asnas e nos seus métodos de traçado importa referir sucintamente os métodos utilizados por Diego Lopez de Arenas e João Nunes Tinoco.

De acordo com o tratado de 1613 de Arenas (Fig. 12a), interpretado por Nuere Matauco (Nuere Matauco 2001),ele começa por dividir o vão a cobrir em 12 partes, tomando uma dessas partes, traça o semicírculo com centro em A, seguidamente, com o compasso com o mesmo raio e com centros em B e C, intersecta o semicírculo obtendo os pontos D e E, com centro nestes dois pontos e mantendo o raio obtém o ponto F e finalmente com centro neste ponto e mantendo sempre o raio, obtém o ponto G, que é o ponto mais alto da asna. A zona sombreada da figura é o esquadro que se obtinha e que representava meia asna, à escala de 1/12, permitindo fazer as medições e os cortes das pernas. A altura do nível era obtida, medindo 4 vezes o comprimento da hipotenusa do esquadro na face inferior da perna. Como Nuere Matauco refere, esta asna de cinco não teria perfeitamente 36º.

Já Tinoco (Fig. 12b), opta por usar outro método, divide o vão em 8 partes, traçando o semicírculo com raio igual a metade, isto é, 4 partes. Seguidamente com centro em B e usando de raio no compasso seis partes, vai intersectar o segmento de recta CD no ponto E, sendo este o ponto mais alto da asna. Para traçar a asna une os pontos E, a A e a B. Para obter a altura do olivel, mede 3 partes a partir dos pontos A e B, marcando sobres as pernas os pontos em que se prega o olivel. Do mesmo modo que na construção de Arenas, a inclinação não é exactamente de 36º (está mais perto de 37º) e o olivel é colocado um pouco abaixo dos 2/3 da asna, uma vez que utiliza 3 partes e não 3,33, no entanto em termos de método expedito para utilização em obra em que não seja necessário o rigor das obras de laço apresenta uma aproximação muito satisfatória. Ambas as asnas são de cinco ou dos cincos como lhes chama Tinoco.

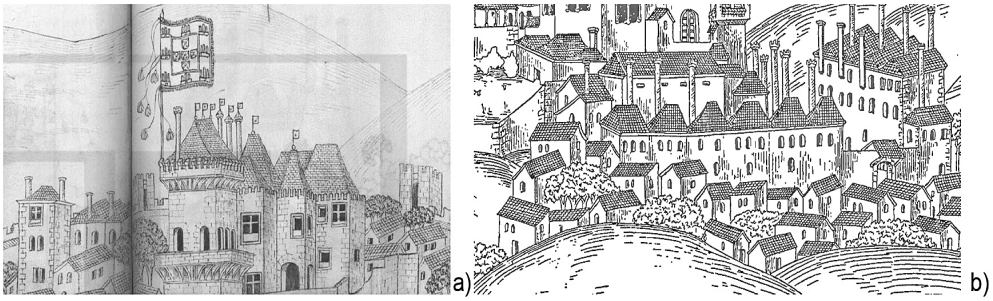


Fig. 13 – Telhados múltiplos a quatro águas, alguns com inclinação superior a 45º, Castelo de Barcelos e Palácio Nacional da Vila de Sintra (Armas 1510).

Temos assim, no séc. XVII dois documentos que aparentam as asnas, ou tesouras, portuguesas com as espanholas, e mais uma referência a que neste século ainda seriam os telhados de asnaria os mais correntes em Portugal uma vez que Tinoco não refere outros tipos.

O Paço Ducal de Guimarães, na primeira metade do séc. XV, apresenta semelhanças construtivas e formais com o Paço dos Reis de Maiorca, em Perpignan (Silva 1995), apresentando ainda semelhanças com o Paço Ducal de Barcelos, sendo uma delas a elevada inclinação das coberturas originais de grande inclinação visíveis no desenho de Duarte de Armas (Basto 2013). Esta possível influência francesa, com o início da construção nesse país, a partir do séc. XIII, das suas estruturas góticas com elevadas inclinações de Chevrons formant fermes que Nuere Matauco (Nuere Matauco 2008) considera as antecessoras das coberturas Espanholas de par y nudilho, equivalentes às estruturas portuguesas constituídas por pernas e olivel, encontram-se ilustradas em Portugal por Duarte de Armas, no seu levantamento feito a mando de D. Manuel I, datadas do princípio do séc. XVI, (fig. 13). Nos seus desenhos encontramos este tipo de coberturas não só em Barcelos, mas também no Palácio Nacional de Sintra. Para além destes dois desenhos também na gravura existente na Biblioteca de Leiden (Fig. 3) surge pelo menos um destes telhados de elevada pendente, a quatro águas.

Do exposto, chega-se à conclusão que a inclinação dos telhados de tesouro é enquadrável dentro do panorama existente em Portugal e Espanha Também o facto de apresentarem como característica uma sucessão de olivéis a 2/3 de altura da asna, enquadra estas coberturas na construção portuguesa – aliás, essa é a altura canónica (nem sempre seguida) praticada na construção de telhados de asnaria.

Como se pode verificar nos modelos apresentados na Fig. 14, os telhados de tesouro, a 45º, são, em termos estruturais, perfeitamente idênticos aos que se construíram em toda a Península Ibérica, não sendo necessário, aparentemente, procurar-lhes outra origem.

Pode, então, considerar-se as técnicas construtivas dos telhados de asnas (de asnaria) ou de tesouras, construtivamente idênticos, e que à data da descoberta do caminho marítimo para a Índia eram a forma corrente de construir em Portugal, deverão ter sido levadas de Portugal para a Índia, bem como para os territórios africanos e para o Brasil, exactamente como ocorreu com Espanha, de onde esta técnica passou para a América Central e do Sul, inclusivamente com a decoração de laço. É de salientar que alguns autores sustentam a hipótese dos telhados de tesoura terem surgido

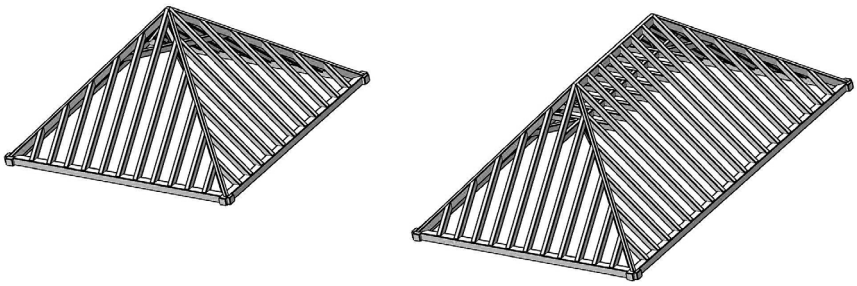


Fig. 14 – Modelos de telhados de tesouro (a 45º), de planta quadrada e rectangular.

na Índia em virtude de na metrópole se usarem asnas de pendural coisa que se nos afigura como sem fundamento.

4. A QUESTÃO DOS TELHADOS MULTIPLOS

Como referido, os telhados de asnaria necessitam duma estrutura de apoio constituída, por frechais ou, no caso de serem a quatro águas, por frechais e larozes. Estes telhados eram, normalmente, apoiados sobre paredes mestras adjacentes, resultando numa cobertura em que cada divisão fica coberta por um telhado autónomo (designada no presente artigo por cobertura em telhados múltiplos). Tal limitação, ainda é mais evidente quando as estruturas das coberturas não possuem tirantes ou quadrais.

Em geral, o vão máximo a cobrir com este tipo de estruturas limita-se a, cerca, de quatro metros, podendo chegar aos oito metros, se forem utilizados tirantes. Este limite de dimensões tem como consequência o facto de que uma cobertura apenas pode cobrir mais do que uma divisão, quando estas são pequenas. Divisões maiores têm que ter, obrigatoriamente, o seu próprio telhado.

Se por um lado, como certos autores afirmam, alguns destes telhados individuais (um por cada divisão da casa) poderão ter sido originados por uma construção ao longo do tempo em que a casa ia sendo aumentada, muitos outros deverão ter sido construídos de raiz, uma vez que, à data, era o que a tecnologia possibilitava.

Embora as coberturas múltiplas só sejam actualmente associado a algumas construções no Sul de Portugal (Algarve), na realidade, essa técnica construtiva ocorreu por todo o país e também em Espanha. Já foram referenciados diversos exemplares em outras regiões portuguesas, nomeadamente em Setúbal, Lisboa, Viana do Castelo (Vieira Caldas 2016), existindo, também, na Misericórdia da Ericeira, onde ainda se conserva parte do sistema de drenagem que assegurava o escoamento entre os vários telhados (Fig. 12a).

Também, por exemplo, no edifício dos Paços do Concelho de Gois surge aquilo que aparenta ser um sistema de telhados múltiplos (Fig. 12b). Refira-se que estes casos são de difícil detecção, uma vez que na maioria dos casos se encontram ocultos por coberturas contínuas de construção mais recente. Por outro lado, nos referidos desenhos de Duarte de Armas, são visíveis em alguns dos edifícios aquilo que se pensa ser telhados múltiplos.

Conclui-se, portanto, que a construção de telhados múltiplos é uma consequência das limitações

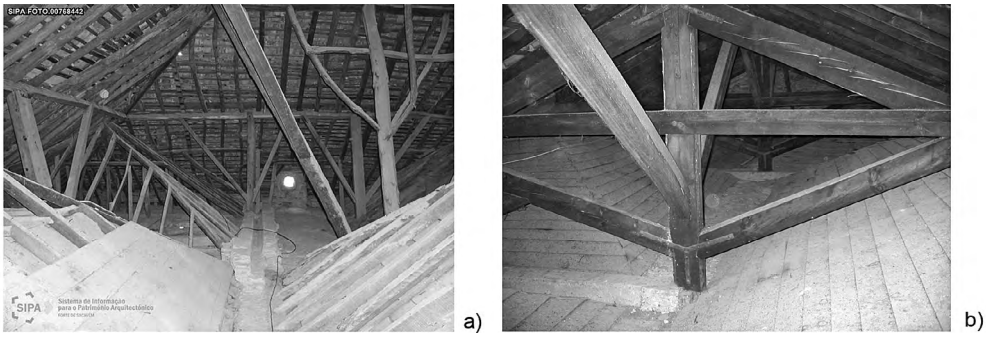


Fig. 12 – a) Telhados múltiplos da igreja da Misericórdia da Ericeira (foto DGEMN); b) Telhados múltiplos dos Paços do Concelho de Góis.

do processo construtivo, visto que com coberturas de asnaria, não se conseguem cobrir grandes vãos.

Este modo de construir só se irá alterar com a progressiva introdução de estruturas mais complexas, de origem italiana, que possibilitam cobrir vãos grandes, como é o caso da cobertura de São Roque, com um vão de mais de 17 metros.

5. CONCLUSÕES

As estruturas com asnas trianguladas autoportantes e madres, conhecidas em todo o Império Romano, caíram em desuso após a sua queda, excepto na Itália. Na Península Ibérica foram substituídos por telhados de asnaria, isto é, telhados constituídos por pernas de asna colocadas a curta distância, sem madres, durante o período Visigodo. Por volta do séc. XIII, inicia-se a utilização do olivel, escorando as pernas, que se vai fixando a 2/3 da altura da asna. Surgem, assim, as coberturas góticas de chevrons formant fermes, em França, com uma elevada inclinação e em Espanha as de par y nudillo, que frequentemente incorporaram laço na estrutura. Em Portugal sabemos que o mesmo tipo de estruturas foi utilizado, ainda existindo exemplares a duas e quatro águas do início do séc. XV. Em Portugal utilizaram-se em simultâneo durante a primeira metade do séc. XV as inclinações baixas, típicas da carpintaria Ibérica e as bastante elevadas de influência Francesa de que estão documentados por exemplo nos casos do Paço Ducal de Guimarães, castelo de Barcelos e Palácio Nacional da Vila. Esta forma de construir manter-se-á por vários séculos. Só no final do séc. XVI, com a construção da igreja de São Roque, é que surge a primeira estrutura com estrutura de asnas de pendural Palladianas, que irão lentamente substituir os telhados de asnaria.

De acordo com a documentação consultada, os termos asna e tesoura são sinónimos até meados do séc. XIX e referem-se a estruturas formadas por duas pernas unidas entre si por uma peça horizontal a cerca de 2/3 da altura da asna, pelo que é lícito incluir nesta tipologia os telhados de tesouro algarvios. Os telhados de asnaria podiam ser a duas, quatro ou oito águas (os tectos oitavados ou de oitavo), embora estes últimos não tenham função estrutural de segurar o telhado. Conforme se pode aferir, quer por exemplares preservados, quer por gravuras antigas nomeadamente os desenhos de Duarte de Armas os telhados a quatro águas foram construídos por todo o país. De Portugal essa tecnologia terá sido exportada para a Índia, onde não existia, descrevendo os contratos analisados, estruturas com tesouras absolutamente idênticas às tradicionais portu-

guesas, sendo também levada para o Brasil onde hoje se denominam estruturas de caibro armado.

A necessidade de construir uma estrutura de apoio sobre as paredes, aliada ao curto vão que as estruturas de asnaria podiam cobrir, especialmente quando não eram utilizados tirantes, leva a que surjam os telhados múltiplos, um por divisão, apoiados em paredes adjacentes. A este facto não será também estranho o factor de ordem estética de as coberturas serem de viga à vista, com ou sem laço e posteriormente ao gosto pelos tectos de masseira.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AN/TT, Certidão dos mestres pedreiros e carpinteiros que fizeram o conserto da igreja de s. Francisco de Coimbra, 1524-1528, corpo cronológico, parte ii, maço 138, doc. 165.

Afonso, Isabel Maria Vieira. 2006. "Telhados de Tesouro Em Faro." Monumentos (24): 50–55.

Armas, Duarte de. 1510. Livro das Fortalezas situadas no extremo de Portugal e Castela por Duarte de Armas, Escudeiro da Casa do Rei D. Manuel I.

Assis Rodrigues, Francisco de. 1875. Diccionario Technico e Historico de Pintura, Esculptura, Architectura e Gravura.Lisboa: Imprensa Nacional.

Basto, Sónia. 2013. "Paço dos Duques de Bragança." Monumentos (33): 132–141.

Bluteau, Raphael. 1712. Vocabulario Portuguez e Latino - A-Azurracha. Coimbra: Collegio das Artes da Companhia de JESU.

———. 1716. Vocabulario Portuguez e Latino - K-Nyza. Lisboa: Pascoal da Sylva.

———. 1721. Vocabulario Portuguez e Latino - T-Zytho. Lisboa: Officina de Pascoal da Sylva.

Cabo, Miguel Fernández. 1991. "Armaduras de cubierta em la region Leonesa." (Tese de doutoramento em arquitectura). Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

Caetano, Joaquim Oliveira. 2002. "O Tecto de São Roque." In O Tecto da Igreja de São Roque - História, Conservação e Restauro, 13–40. Lisboa: Museu de São Roque.

Carita Silvestre, Helder Alexandre. 2006. "Arquitectura Indo-Portuguesa na região de Cochim e Kerala." (Tese de doutoramento em História da Arte Moderna especialidade de História de Arquitectura e do Urbanismo). Faro: Universidade do Algarve.

Correia, Vírgilio. 1926. Livro dos regimentos dos officiais mecanicos da mui nobre e sempre leal cidade de Lixboa (1572). Coimbra: Imprensa da Universidade.

Cunha, Mário Raul de Sousa. 2012. "(…)Visitamdo nós ora pesoalmente o dito meestrado de Samtiaguo (…) As Igrejas da Ordem Militar de Santiago. Arquitectura e materiais. (Volume I)." (Tese de doutoramento em História da Arte Portuguesa). Porto: Universidade do Porto.

Gutiérrez, Angel L Candelas. 2003. "On the origin of some «whiteness» carpentry rules." In First International Congress on Construction History, 505–512. Madrid.

Merino de Cáceres, José Miguel, and Maria Reynolds Álvarez. 2007. "Sobre la introducción en Castilla de la carpintería de armar centroeuropea." In Actas Del Quinto Congreso Nacional de Historia de La Construcción, Burgos, 7-9 Junio 2007, edited by S. Huerta M. Arenillas, C. Segura, F. Bueno, 675–684. Madrid: I. Juan de Herrera, SEdHC, CICCP, CEHOPU.

Nascimento, Ana Isabel Santos. 2015. "Tavira, patrimonios do mar - da Ribeira à casa nobre de quinhentos - O caso dos telhados de tesouro." Évora: Universidade de Évora.

Nuere Matauco, Enrique. 2001. Nuevo tratado de la carpinteria de lo blanco. 1st ed. Madrid: Munilla-leria.

———. 2008. La carpintería de armar Española. 3rd ed. Madrid: Editorial Munilla-Lería.

Pacheco, Mafalda Batista Pinheiro. 2009. "A evolução urbana e arquitectónica da Fuseta." Lisboa: IST.

Ribeiro, Orlando. 1961. Geografia e Civilização. Temas Portugueses. Lisboa: Centro de Estudos Geográficos.

Sarrazola Martins, João, António Sousa Gago, and Pedro Lopes. 2014. "Portuguese ' Palladiana ' truss roofs : constructive and structural charateristics ." In 40th IAHS World Congress, "Sustainable Housing Construction." Funchal.
Sarrazola Martins, João, António Sousa Gago, João Vieira Caldas, and Lina Marrafa de Oliveira. 2013. "Telhados e tectos de asnaria, uma constante na construção Portuguesa do gótico ao barroco." In Anais I Congresso Internacional de História Da Construção Luso-Brasileira / Proceedings of the I International Congress on Luso-Brazilian Construction. Rio de Janeiro: PoD Editora.
Silva, José Custódio Vieira da. 1995. Paços Medievais Portugueses. Lisboa: IPPAR.
Silva, Antonio de Moraes. 1789. Diccionario da lingua Portugueza composto pelo padre D. Rafael Bluteau, reformado, e accrescentado por Antonio de Moraes Silva natural do Rio de Janeiro (Volume 1: A - K).. Vol. 1. Lisboa: Simão Thaddeo Ferreira.
———. 1813. Diccionario Da Lingua Portugueza: Recopilado dos vocabularios impressos até agora Volume : A-E). Lisboa: Typographia Lacerdina.
Solano Constancio, Francisco. 1836. Novo diccionario critico e etymologico da lingua Portugueza. Edited by Angelo Francisco Carneiro. Paris: Officina Typografica de Casimir.
Telles, Baltasar. 1644. Chronica da Companhia de Iesu na prouincia de Portugal. Vol. 1. Lisboa: Paulo Craesbeeck.
Tinoco, João Nunes. 1660. Taboadas gerais para com facilidade se medir qualquer obra do officio de pedreiro, assim de cantaria como de aluenaria, com outras varias curiozidades da geometria pratica... / Feitas pello architecto de Sua Mag.de João Nunes Tinoco em o anno de 1660.
Torres Balbás, Leopoldo. 1958. "Játiva y los restos del Palacio de Pinohermoso." Al-Andalus XXIII (1): 264–300.
Valeriani, Simona. 2006. "The roofs of Wren and Jones: a seventeenth-century migration of technical knowledge from Italy to England." 14/06. Working Papers on the Nature of Evidence: How Well Do "Facts" Travel? Londres; London School of Economics.
Vieira Caldas, João. 2016. "O Palácio de Belém na arquitectura da sua época." Consultado em 08.02.2016 http://jorgesampaio.arquivo.presidencia.pt/pt/palacio/historia/arquitectura/pbelem_arquitectura.html.

Impermeabilizante de Paredes à Base de Alcatrão.
História, Técnica e Desempenho

Mariz, Luís[(1)*]
[(1)]*lmariz@ua.pt*
**Universidade de Aveiro, Departamento de Engenharia Civil, Geobiotec*

RESUMO
Uma camada que visava conferir um melhor desempenho do sistema construtivo face à ação da humidade era o impermeabilizante. Este filme era colocado sobre a alvenaria ordinária de granito e sob a argamassa, técnica mais usual no Porto, mas poderia também ser usado sobre os restantes tipos de parede (alvenaria mista ou tabique) com exceção da cantaria e da silharia. Raramente esta camada se assume como acabamento final, surgindo frequentemente sob azulejos ou rebocos à base de cal.
Estando apontado o início da sua utilização para os primeiros anos do século XIX, embora subsistam dúvidas, os dados documentais indicam o início da utilização em período posterior, final da primeira metade, princípios da segunda metade do século XIX, isto baseado nos registos de licenciamento das empresas de "asfalto" de construção (leia-se alcatrão). Com segurança esta técnica terá decaído a partir de 1950, com este material e neste sistema (alvenaria de granito com revestimentos à base de cal aérea ou hidráulica natural).
Os elementos históricos recolhidos apontam para que no Porto o material que servia de base ao impermeabilizante seria um produto da destilação da hulha - o alcatrão (resultado/resíduo da primeira destilação) e o breu (resultado/ resíduo da destilação do alcatrão), contudo os autores que se debruçaram sobre o panorama da região de Lisboa indicam que aí se recorria à rocha calcária impregnada de petróleo - rocha asfáltica. Outra possibilidade seria o recurso ao pez louro. As dúvidas subsistem em relação à natureza específica da matéria-prima utilizada. Teoricamente os três materiais poderiam por si só formar um filme com as características hidrófobas pretendidas, mas pelos encargos associados ao pez e devido às suas características pouco elásticas não será credível que tivesse sido utilizado por si só, facto também assente na advertência de Leitão em que o "alcatrão vegetal (producto extrahido das madeiras resinosas)" aos ser solúvel em água não deve ser usado neste tipo de solução.

Palavras-chave: materiais históricos de construção; argamassa hidrófuga; alcatrão.

1. INTRODUÇÃO

Ao longo da história várias foram as soluções experimentadas e executadas para a obtenção de cortes hídricos nos elementos da alvenaria. As propriedades higroscópicas dos materiais empregues na construção foram desde cedo conhecidas e duas possibilidades existiram: corte hídrico horizontal para combater a humidade ascensional e corte hídrico vertical que acompanha o desenvolvimento das paredes. O corte vertical era uma solução já implementada desde

o tempo grego e romano com o recurso à técnica de um sistema de multicamadas, podendo chegar a ter sete camadas diferentes[1] de modo a criar descontinuidades entre as diferentes capas. Para melhor resistência à ação da humidade foram desenvolvidas argamassas hidráulicas por apresentarem índices de alterabilidade inferiores às argamassas aéreas. A solução horizontal está também documentada no período árabe, sendo obtida através de placas de metal colocadas no interior da alvenaria e situadas um pouco acima do nível do solo.

No Porto vamos encontrar com bastante frequência a solução vertical, tendo ainda sido mencionado (e aplicado) sobre as fundações – corte hídrico horizontal.

É relevante definir os termos usados porque, se a distinção entre hulha e petróleo é consensual, a diferenciação entre determinados produtos da destilação destas matérias-primas foi, várias vezes, confusa:

- Alcatrão vegetal. Termo usado para designar o produto da destilação de certas madeiras, v.d. pez;
- Alcatrão, alcatrão fóssil, alcatrão mineral. Produto (resíduo) da primeira destilação da hulha. Até este momento o termo *asfalto* (em itálico) foi usado recorrendo à terminologia da época mas deverá ser lido como alcatrão;
- Asfalto. Resíduo da segunda destilação do petróleo bruto (o resultado da primeira destilação do petróleo é o *fuel-oil*);
- Betume. Referenciará os materiais betuminosos, indistintamente da sua natureza, derivados quer da hulha quer do petróleo, apesar de se conhecer a acepção contemporânea deste termo para identificar produtos asfálticos de pavimentação. Tem subjacente a noção de uma pasta já preparada com objetivos de colar, preencher, pavimentar ou de ser empregue em paredes;
- Breu. Resíduo da destilação do alcatrão obtido da destilação da hulha;
- Hulha. Carvão com teor significativo de produtos voláteis (superiores a 7 %);
- Mástique (artificial). Produto preparado com alcatrão de hulha;
- Pez. Produto da destilação da madeiras resinosas ou da resina de pinheiro.

2. ENQUADRAMENTO HISTÓRICO

Agostinho da Silva[2]diz que deverão ter sido a China e a Inglaterra os dois primeiros países a utilizar este combustível na metalurgia e afirma que em Inglaterra os habitantes de Londres, já no século XIII, se queixavam da sua atmosfera carregada de fumo. Posteriormente, no século XVII, a exploração era em Inglaterra muito intensa e no século seguinte foi utilizado este combustível para os barcos a vapor. Dos alquimistas genericamente citados por Tissandier, Agostinho da Silva refere que foi o químico alemão J.(ohann) J.(oachim) Becher (1635-1682), no Mónaco, em 1680, quem descobriu a característica dos carvões fósseis de, quando aquecidos a alta temperatura e fora do contacto com o ar, produzem gases que se incendiavam com uma chama bem visível e quem apelidou esta matéria de "luz filosófica". Na altura não se viu utilidade para esta matéria.

As primeiras aplicações foram desenvolvidas na viragem do século XVIII para o século XIX por Philippe Lebon (França) e por William Murdock (Inglaterra). A Lebon (1767-1804) é atribuída a paternidade da aplicação do gás de hulha - TISSANDIER (1869) e BERTHELOT (1928) -, sendo todavia para SILVA (1942) o inventor da extração de gás a partir da destilação da madeira: Lebon teria pensado experimen-

[1] *AGUIAR (2002), p: 231.*

[2] *SILVA (1942) p: 6.*

tar a destilação da hulha mas não chegaria a concretizar o seu intento devido a morte prematura mas, em 1802, criou a termolâmpada que utilizava gás destilado a qual utilizou para iluminar a sua casa e jardim. Esta forma de iluminação era todavia muito incipiente porque o gás queimado possuía vapor de água e substâncias (impurezas) que tornavam a luz irregular; dos escritos encontrados após a sua morte, conclui-se que tencionava utilizar os subprodutos da destilação. Passos decisivos e coroados de êxito após quase uma década para a obtenção dos apoios necessários por parte da empresa onde trabalhava - Boulton & Watt -, foram dados por William Murdock que, em 1803, consegue implementar um sistema de iluminação a gás. A qualidade deste gás era ainda baixa e foi com o auxílio de Winsor e Samuel Clegg que foi melhorada a sua pureza, através de um novo aparelho conhecido como depurador. Com o sucesso desta nova forma de iluminação, numa primeira fase experimental, Murdock implementou a iluminação pública num bairro de Londres (Pall Mall) em 1807, facto que causou enormes louvores públicos, bem como algumas sátiras e caricaturas em jornais e revistas. Em 1812 é fundada a primeira companhia com o intuito de fazer a exploração do invento e no ano seguinte o bairro de Westminster usará este tipo de iluminação. Em 1819 o invento chega à Europa continental. A iluminação, em Lisboa, foi inaugurada em 1848 e na cidade do Porto em 1855. Nos arredores do Porto, a Póvoa de Varzim recebeu a iluminação a gás em 1890 e Matosinhos no ano seguinte.

Foi desenvolvida uma pesquisa no Arquivo Distrital do Porto aos processos de licenciamento e de alteração das industrias que usavam como matéria-prima o asfalto, em que a primeira referência explícita a uma empresa produtora de asfalto para edifícios data de 1864, os elementos recolhidos encontram-se organizados na tabela 1.

Anteriormente a 1855 não se conhecem referencias à laboração de fábricas produtoras deste material, com exceção da Fábrica Quaresma e Sobrinho, inicialmente denominada José Carneiro Quaresma, e que labora desde cerca de 1855 no local do Monte da Arrábida mas que terá funcionado na Rua do Rosário desde data antecedente. Estes elementos são conhecidos por esta empresa ter sido alvo de uma reclamação apresentada ao Governo Civil, no ano de 1873, em que os opositores afirmam que a empresa terá nessa data alterado as condições de laboração, o que obrigava a que, face à lei, tivesse de solicitar novo alvará[3]. Se existiram outras empresas, elas não se encontram referenciadas talvez por que é exatamente em 1855 que surge o primeiro diploma legal que regula as empresas perigosas, insalubres e incómodas, as empresas anteriores a esta data estarão isentas de solicitar alvará de funcionamento. Apenas a empresa com a referência número três viu as suas pretensões recusadas, se bem que tivesse laborado durante vários anos. Soeiro afirma que esta empresa, devido às precárias condições que possuía, tinha de colocar a caldeira na via pública[4].

Todavia em data anterior, 1842, é possível verificar que esta solução de impermeabilização vertical foi aplicada pelo menos em um edifício da cidade - Igreja da Lapa. O contrato é assinado com Alexandre Teodoro Glama, agente no Porto da Empresa de Asfalto Português de Lisboa que forneceu asfalto[5] para impermeabilizar uma torre da referida igreja[6].

---

[3] *Esta reclamação é denegada.*

[4] *SOEIRO (1995), p: 261.*

[5] *Terminologia original.*

[6] *Segundo QUEIRÓS (2005) em carta de 2005-11-13 ao autor.*

Tabela 1 – Relação dos pedidos de licenciamento registados no Governo Civil do Porto por empresas de preparação de alcatrão de construção[7].

Rf	Local	Impetrante	Data	Notas
1	R. do Rosário, Porto	José Carneiro Quaresma	184- (?)*	*1873 (reclamação)
			185- (?)*	
2	Monte da Arrábida, Porto	José Carneiro Quaresma Quaresma e Sobrinho, C.a Quaresma e Sobrinho, C.a	1855 (?)*	*1873 (reclamação) afirmam a abertura em 1855. Encerra fabrico de *asfalto* em 1898.
			1873 1897	
3	Monte das Antas, Porto	Joaquim José Pereira	1864	
4	Rua de Santo Ildefonso, Porto	Pedro Lourenço Martins	1865	Pedidos denegados mas laborou durante vários anos
		Viúva	1867	
5	Rua do Almada, Porto	Joaquim José Pereira	1868	
6	Monte Pedral, Porto	Joaquim José Pereira	1869	
7	Rua de Quebrantões, Porto	Dionizio Marques e José Bento	1873	
8	Valbom, Gondomar	Guimarães e Dias	1875	
9	Oliveira do Douro, Vila Nova de Gaia	Dionizio Marques e José Bento	1876	
10	Travessa de Fernandes Tomás, Porto	Dionizio Marques e José Bento	1885	
11	Rua Particular de Santo Isidro, Porto	João Rocha Ferra Joanaes	1885	Incêndio (1893?)
		Manoel Pereira da Silva	1894	Reabre
12	Monte das Agoas, Porto	José Luís da Silva	1894 (?)	
13	Praça de Mousinho de Albuquerque, Porto	Mario Mesquita de Barros	1903 (?)	
14	Rua do Ouro, Porto	José Joaquim Souza Junior	1904	
15	Rua da Boa Morte, Porto	Manoel Alves Corugeira	1909	
16	Travessa dos Campos, Porto	Francisco Ferreira da Silva	1912	
17	Rua de Luiz Cruz, Porto	Manoel Alves Corugeira	1912	
18	Oliveira do Douro, Vila Nova de Gaia	Manoel da Silva filhos Sucessor	1916	Funciona desde (1876-1885?)

[7] *ADP - GCP, maços: 1429; 1438; 1445 A; 1450; e 1451.*

Verifica-se que algumas delas se dedicavam em exclusivo à produção de asfalto para edifícios, havendo outras que possuíam atividades complementares como a empresa de José Carneiro Quaresma (ref. 2) que se dedicava também à produção de gesso, cal, tubos e louça grossa (telha de barro e louça ordinária) pelo menos entre os anos de 1873 e 1897; e Joaquim José Pereira (ref. 6) que, para além de produzir asfalto de construção - "Depósito de asphalto para terraços, cosinhas e lojas subterrâneas, chapas e masa de asphalto para vedar tanques, e evitar humidade e salitre das paredes. Depósito de tubos asphaltados de diversas dimensões para latrinas, ditos para encanamento de agua."[8] - usa o verniz do gás (alcatrão: resíduo da primeira destilação da hulha) para impermeabilizar tubos em cerâmica porosa - produto concorrente ao grés cerâmico.

4. PROCESSO DE FABRICO

Os produtos resinosos não são especificados enquanto ingredientes nas receitas usadas no Porto e o mesmo sucede em relação aos asfaltos - quer derivados do petróleo quer da rocha impregnada - até ao ano de 1916, ano em que se verificou o último licenciamento de empresas desta natureza. São os derivados da hulha os enumerados, e consequentemente usados, na composição dos filmes impermeabilizante.

MATÉRIAS-PRIMAS

Poucas são as matérias que entram na composição dos impermeabilizantes a fazer fé nos pedidos de licenciamento. Assinale-se que estes processos de licenciamento das empresas, apesar de serem breves, indiciam que os industriais conheciam bastante bem os procedimentos, sendo credível que já se encontravam em laboração no momento de solicitar o alvará. Não se encontram vestígios de quaisquer pedidos de licença de início de laboração experimental, se bem que houvesse o seu enquadramento jurídico.

As matérias-primas inventariadas foram:

- Ligante: alcatrão, alcatrão mineral, verniz, verniz de gás, piche coaltar, pixe, breu, breu negro;
- Cargas:
  - Terra saibrosa, terra comum peneirada, matérias terrosas;
  - Areia branca do mar ou do rio;
  - Argila;
  - Pó (talvez alguma das matérias anteriores no estado pulverizado).

A origem do ligante poderia ser nacional ou internacional - foram encontrados registos de importação de alcatrão de Inglaterra e da Suécia mas é provável que se registassem importações de outras origens. O nacional poderia ser adquirido nas duas primeiras fábricas portuguesas de destilação da hulha - a de Lisboa (Companhia Lisbonense de Illuminação a Gaz), fundada em 1848, e a do Porto (Companhia de Gaz do Porto/ Companhia Portuense de Illuminação a Gaz[9]) de 1855. A Fábrica Quaresma e Sobrinho, anteriormente à fundação da Companhia de Gaz do Porto que destilava hulha para produzir gás de iluminação em que o alcatrão era um resíduo, importava a matéria-prima de Inglaterra.

Até ao ano de 1877, no Porto, só era possível encontrar alcatrão não havendo a produção de breu, nesse ano dá entrada um pedido de licenciamento no Governo Civil do Porto para instalação de uma caldeira para destilar alcatrão (retirando todas as potencialidades do alcatrão da hulha, para a produção de anilinas por exemplo), sendo então possível encontrar breu no comércio, passível de ser usado com menores custos. Nenhuma das empresas impetrantes indica a origem das matérias-primas que emprega, excetuando a empresa

[8] *CASTANHEIRA (1883); e CASTANHEIRA (1884), p: 479 e 497.*

[9] *Estas duas diferentes denominações referenciam a empresa localizada no Lugar do Ouro, Lordelo, Porto.*

Quaresma e Sobrinho que identifica apenas o local de aquisição do ligante.

PREPARAÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS

Não se possuem elementos que permitam conhecer os cuidados ou os preparos das cargas que entram na confecção do betume, exceto na empresa de Maria José Rodrigues Martins em que se refere que a terra comum era peneirada. Será, porém, plausível que as diferentes cargas fossem peneiradas para a exclusão de matérias estranhas e para rejeição de volumetrias superiores às desejadas. É de crer igualmente que o armazenamento destas mesmas cargas fosse ao abrigo de humidades a fim de evitar um acréscimo no tempo de preparação no fogo para consumar a evaporação da mesma. Basicamente as fábricas possuíam um tanque para armazenar o alcatrão líquido, possuíam ainda depósitos para as cargas e combustível.

A preparação era efetuada numa caldeira comummente em metal, com uma abertura colocada junto à base (torneira) e por baixo da caldeira estava a fornalha que trabalhava com chama direta. Depois de aceso o lume, o alcatrão era aquecido até estado de efervescência para consumar a evaporação dos componentes mais voláteis, somente depois eram adicionadas as cargas. Quando se utilizava breu, em que não era necessário proceder à volatilização de componente, o tempo necessário era menor. Em ambos os materiais era sempre imprescindível verificar o grau de fluidez.

Para melhor aproveitamento do alcatrão, um industrial - Joaquim José Pereira - especifica que usa alcatrão para impregnar tubos de barro, do tipo poroso e sem vidrado, e assim impermeabilizá-los, fazendo tubos asfaltados: os tubos eram introduzidos com o alcatrão a ferver, durante duas horas sempre ao lume. Passados cinco anos, quando se muda do Monte das Antas (licenciamento de 1864) para o Monte Pedral (licenciamento de 1869), afirma que o tempo de impregnação é de três horas, enquanto a duração da fervura é de quatro antes de colocar os tubos na caldeira. Terminada a impregnação os tubos eram retirados e eram deixados a arrefecer. O alcatrão ou já talvez breu, dada a evaporação dos produtos mais voláteis durante esta fase, era vertido, arrefecido e conduzido para a fábrica que o industrial possuía na Rua do Almada.

Segundo as restantes empresas o alcatrão permanecia o tempo conveniente para ficar "mais líquido que sólido"[10], referindo-se que só no momento da aplicação a mistura era levada à temperatura devida. Pensa-se que as cargas só eram adicionadas depois do "verniz do gás" se encontrar a ferver, durante duas a três horas, dependendo da consistência que apresentava e das quantidades preparadas. O betume deveria ficar aquém da consistência adequada uma vez que tinha de ser novamente aquecido para a aplicação em obra. A fábrica das Devesas, no cabeçalho de uma fatura de 1869, especifica que vendia "Tubos e outros objetos de grés e asfaltados".

Depois de concluída a preparação a pasta era ou vertida diretamente para o chão (sendo produzidos pães ou bolos) ou então para formas, solução mais corrente. A fase de produção estava concluída e o produto estava preparado para ser transportado até ao local de aplicação.

APLICAÇÃO

Esta ação era levada a cabo pelos "asphaltadores". No Porto, em 1881, haveria cerca de seis mestres asfaltadores (os mestres nesta arte acumulavam com o trabalho de empresários) e empregavam um total de cerca de trinta homens[11]. A aplicação em obra poderia recorrer, então, à matéria-prima base, alcatrão, em que havia necessidade de o preparar; ou ao produto semipreparado, o breu, adquirido à Companhia de Gaz do Porto depois

[10] *ADP -GCP, maço 1429*

[11] *SUB-COMISSÃO ENCARREGADA DAS VISITAS AOS ESTABELECIMENTOS INDUSTRIAIS (1881), p: 375.*

de 1855; alternativamente podia socorrer-se de produtos importados, alcatrão e breu. Pelo que foi possível apurar, a preparação em obra só não se efetuava se não houvessem condições espaciais ou climáticas. O único aparelho necessário era a caldeira, tal como anteriormente, mas enquanto nas fábricas as caldeiras eram fixas, nas obras eram caldeiras móveis e de menor dimensão.

Os locais alvo de aplicação são principalmente as paredes de contorno do edifício - paredes da envolvente - pelo exterior, quando tal não era possível era aplicado pelo interior. Em 1881 são as seguintes as aplicações do alcatrão.

«O asfphalto usa-se pouco em pavimentos, mas muito em revestimentos externos ou internos de muros sob as camadas de argamassa e com o fim de isolar as casas da humidade do ar, transmittida com facilidade por um granito hygrometrico.»[12]

Este mesmo facto é de possível verificação nos dias de hoje, esta solução é comum em paredes da fachada principal e posterior, pelo exterior, e nas paredes meeiras aparece aplicado pelo interior. A aplicação poderia ser em toda a altura ou apenas nas áreas mais baixas do edifício - até à altura do rés-do-chão (cerca de três metros). Na maioria dos casos observados, verificou-se a aplicação sobre alvenaria ordinária mas foi detetada sobre uma parede em tabique simples. Encontrou-se a alusão ao seu possível uso nas fundações em substituição de argamassas de cal, todavia desconhecem-se aplicações reais desta solução. Mais raros mas igualmente observados foram os cortes hídricos horizontais sobre as fundações mas esta solução só era passível de aplicação em prédios novos, inversamente à aplicação vertical possível quer em obras novas quer em edifícios já construídos.

Se o produto não viesse para a obra já preparado tinha então de o ser, seguindo o procedimento anterior. Em ambas as situações a verificação da plasticidade adequada para aplicação era definida quando se observasse a "descolagem" do alcatrão do recipiente, não sendo o fator tempo determinante por si só, a temperatura adequada é de difícil conhecimento mas deveria estar compreendida entre os 50 º e os 100 ºC. À temperatura e à consistência adequadas, o betume está em estado plástico tixotrópico, se a temperatura for excessiva a aplicação no suporte será difícil pois o betume escorre bem como poderá produzir fendas devido a um arrefecimento demasiado brusco. Para além destes parâmetros a fissuração dependia da elasticidade do betume (composição) e da quantidade de agregados adicionados. Nesta fase poderiam ainda ser adicionadas mais cargas (idênticas às anteriores), se necessário. Estes agregados poderiam apresentar diferentes granulometrias, sendo mais frequentes as mais finas, reservando-se o emprego de agregados grossos para a segunda camada, com função de fornecer ancoragem à camada seguinte, normalmente uma argamassa.

Para a aplicação do betume devia-se atender às condições atmosféricas, tal como acontece em determinadas fases da construção: o betume não deveria ser aplicado com chuva devendo o suporte estar "seco", isto é com baixa concentração de humidade; as temperaturas demasiado baixas implicavam uma redução do tempo de trabalho e poderiam ainda representar uma maior preponderância à fissuração motivada pelo choque térmico. O vento, se bem que com importância inferior, poderia representar também um arrefecimento mais rápido do betume.

As fontes documentais são omissas quanto à descrição dos processos relativos à aplicação do impermeabilizante, pelo que será efetuada uma descrição com base na análise às diferentes obras observadas na cidade do Porto. As áreas a proteger deviam ser previamente estabelecidas, montando-se andaimes para que numa mesma jornada a superfície fosse protegida integralmente. Verifica-se que o número de camadas varia entre uma e duas. A eleição do número poderá estar relacionada com o facto de a primeira camada

[12] *Ibidem.*

apresentar descontinuidades e fissuras ou poderá ainda dever-se a serem usadas composições diferenciadas, em termos de dimensão e texturas dos agregados, para beneficiar a aderência das camadas sequentes. É possível encontrar em determinadas situações o uso de apenas uma camada e sobre esta, de um modo regular e espaçado, aplicações à colher de pedreiro com o objetivo de promover a aderência. A espessura do filme é muito variável mesmo dentro do um mesmo pano, estando o valor médio situado entre cinco e sete milímetros, os valores extremos registados foram de um milímetro e de vinte milímetros como valor máximo. A planeza não era objetivo primordial para permitir à argamassa o maior número de pontos de ancoragem mas não deveria apresentar grandes desvios para não obrigar a espessuras elevadas no reboco. Por vezes, se a superfície obtida era muito plana aplicavam-se colheradas de betume em espaçamentos regulares de cerca de vinte centímetros.

Como termo de comparação enumeram-se os cuidados indicados por Levi[13] para a pavimentação de ruas, vestíbulos, terraços, armazéns e fábricas. Devia-se preparar o solo de um modo cuidado - devia estar plano, devia ter uma camada incompressível de betão de cal hidráulica coberta por areia viva crivada e comprimida. A aplicação do asfalto começava pela preparação do betume, em que se fragmentavam os painéis de mástique (natural) a ser fundidos numa caldeira e se adicionavam 4 a 5 % de betume puro, adicionando-se gravilha lavada e seca ou areia de sílica em proporções adequadas aos objetivos até se obter uma mistura pastosa homogénea. As adições permitiam poupar betume bem como reduzir o amolecimento do material sob o efeito da temperatura. Deviam-se evitar adições em excesso para impedir camadas frágeis e não impermeáveis. Na aplicação devia-se atender à compactação e na fase final aplicar areia fina e comprimir novamente. Ao arrefecer a superfície endurecia e formava uma crosta monolítica, contínua.

RECEITUÁRIO

Barberot[14] facilita uma receita para a preparação do betume artificial, leia-se alcatrão, em que o alcatrão de hulha era misturado com colofónia e cal. Para pavimentar uma superfície de 1 m^2 seriam necessárias quantidades de 4,5 litros de alcatrão, 0,7 kg de colofónia e 0,005 m^3 de cal. Por seu turno, Levi[15] informa que a preparação ordinária do mástique artificial comportava apenas alcatrão e pedra pulverizada ou reduzida a pequenos fragmentos.

As empresas sedeadas no Porto embora indicando os ingredientes são omissas relativamente às respetivas quantidades e parecem seguir o receituário de Levi.

INCONVENIENTES

No termo do século XIX e durante os primeiros anos do século seguinte os inconvenientes deste betume foram invocados, principalmente devido ao desenvolvimento de novos materiais. Na revista Construção Moderna aparecem diversas soluções para combater o salitre das paredes:

> *«Com referencia aos revestimentos refractarios á acção do salitre teem-se indicado e apontado innumeros processos e preparados, mas não podemos affiancar nenhum d'elles. Em todo o caso apontaremos alguns que teem sido preconisados por varios auctores, recordando que aqui, do mesma modo que nas doenças incuraveis, ha muitos remedios mas os doentes vão soffrendo sempre sem grande allivio. Um dos processos usados foi o da interposição de um dissipimento de madeira ou*

[13] *LEVI (1926).*

[14] *BARBEROT (1927), p: 656.*

[15] *LEVI (1926), p: 102.*

de ferro afastado das paredes de 5 a 10 centimetros, podendo assim circular uma camada de ar entre a parede ensalitrada e este revestimento. Além do inconveniente de tirar em cada uma das dimensões das salas de 10 a 20 centímetros, o que é alias importante nas terras onde os terrenos custam caro, passado tempo, a madeira apodrece, attenta a sua exposição permanente de um dos lados a alternativas bruscas de seccura e humidade, tornando se assim anti-hygienica e o ferro oxida-se sendo preciso repara-lo. Por vezes substituem-se estes revestimentos de madeira ou de ferro por quadros de panno tensos sobre quadros de madeira e pregados nas paredes, mas o resultado final á tambem o apodrecimento da tela, devendo accrescentar-se que a hygiene condemna em absoluto semelhante processo por servirem estes quadros de excellente campo de propagação de microbios pathogenicos. Outro processo é o do uso dos papeis de chumbo ou dos papeis de estanho tambem chamados papeis metalicos; mas, além de caros, em breve a humidade passa atravez dos poros d'elles. Demais os inconvenientes dos papeis para forrar casas de ha muito que estão postos em evidencia e por isso escusado é insistir n'um remedio que não passa de um paliativo muito provisorio. Pódem empregar-se ainda papeis drenantes que consistem em rolos de papel de 4m,0 de comprimento com 0m,50 de largura. N'uma das faces do papel dá se uma pintura de minium (Oxydo salino de chumbo Pb3 04) e oleo de linhaça fervido, e antes de secca, peneira-se sobre ella areia grossa ou grés granulado applicando em seguida este papel de areia contra a parede e para mais segurança sustenta-se com baguettes de madeira pregadas. Tem os defeitos do processo anterior. Em logar do papel assim preparado vende-se um papel caoutchouc ou papel oleado e ainda os papeis resinosos, que todos se usam como o antecedente mas que não te em grandes vantagens sobre elle a não ser talvez a do preço mais elevado. Tambem se usam os revestimentos das paredes com asphalto, com pixe ou alcatrão de gaz e com alcatrão vegetal, mas os inconvenientes d'estes revestimentos, em resultado das variações de temperatura, são bem conhecidos para que nos demoremos em fallar d'elles. Resta fallar por fim dos productos de fabricação industrial, que todos são reputados excellentes pelos que os fabricam e detestaveis pelos productos similares ou concorrentes. D'entre aquelles de que temos ouvido fallar lembramo-nos agora do Inducto Universal, do lnducto Moller, de muitos inductos chamados hydrofugos taes como o de Darcet e Thenard que se compunha de cera amarela, oleo de linhaça fervido e lithargirio (Protoxydo de chumbo Pb O) empregado em quente e muito usado nas paredes em que teem que fazer se pinturas d'arte e onde portanto não importa que seja cara a mão d'obra. Á classe dos inducros hydrofugos tambem pertencem os de Ruolz, de Caudelot, de Fulgens e de Ca- ron. Não podemos affirmar que sejam efficazes para o nosso clima porque não fizemos uso de nenhum d'elles.»[16]

É possível comprovar a existência, em 1900, de inúmeras alternativas disponíveis no mercado à solução do alcatrão para o combate às humidades. Todavia é sustentado pelos autores que nenhuma das diferentes soluções é de todo eficaz. Talvez seja esta uma das razões para a subsistência do recurso ao alcatrão. Curioso é constatar que nenhuma solução à base de cimento tenha sido proposta.

Na imprensa da época encontram-se, a par dos editais de licenciamento de novas unidades

[16] *"Construção Moderna". N.º 9, p: 7- 8.*

produtoras de betumes, é exemplo dois de vários anúncios:

> *«Ceresit. Torna a argamassa absolutamente impermeável evitando humidade e salitre nas paredes. Único preparado garantido, com experiência de anos, Grandes Vantagens sobre os asfaltos. Cautela com imitações vulgares porque sendo mais dispendiosos o seu resultado é absolutamente negativo como está provado pelos técnicos e pelas experiências feitas no LABORATÓRIO DE PHYSICA DA UNIVERSIDADE DO PORTO. Informação J. Bielman - Galeria de Paris, 42 – 1º Porto.»*[17]
> *«Guerra ao asfalto! O Cimentol. É o único que combate as humidades, turtulho e salitre das paredes e das casas, peça instruções ao agente. Rodrigo Fernandes dos Santos Rua do Freixo, 1753.»*[18]

5. CARACTERIZAÇÃO E COMPORTAMENTO DO IMPERMEABILIZANTE

Foi efetuado o estudo do teor de alcatrão e de agregados, por meio de análise de imagem obtida em lupa binocular e tendo como referência uma grelha composta por duzentos e sessenta e seis pontos. O teor encontrado corresponde à razão de um de alcatrão para três de agregados (32 % contra 67 %).

Experimentalmente duas amostras foram colocadas numa estufa, controlando somente o parâmetro temperatura. Os resultados obtidos permitiram verificar que, após uma hora a 42 ºC, a superfície de ambas as amostras se deformava quando se exercia uma pequena pressão. Colocando uma outra amostra apoiada em três pontos e em plano de rampa, com a temperatura estabilizada nos 50 ºC durante uma hora, a amostra entrou em estado plástico e deformou. As duas primeiras amostras, quando submetidas a uma temperatura de 55 ºC durante duas horas, entraram em estado plástico deformando-se e perdendo a forma inicial.

Foram efetuados testes de absorção de humidade por capilaridade nas diferentes amostras de impermeabilizante. As condições laboratoriais em que decorreu o ensaio foram de 20 ºC ± 2 ºC, em tina aberta com alimentação inferior. A humidade de equilíbrio apurada variou entre 0,02 % e 0,3 % às 24 horas. A média foi de 0,13 %. Às quarenta e oito horas de ensaio o valor médio da absorção correspondeu a 1,10 %, com extremos de 0,16 % e de 2,60 %.

Em duas amostras foram efetuadas análises de difratometria de raios X (DRX) e de espectrometria de fluorescência de raios X em comprimentos de onda (FRX). Os resultados traçam um perfil similar aos obtidos por agregados formados a partir de rochas locais de tipo granítico, predominantes na cidade do Porto, isto é e de forma expectável, foram apenas identificados os elementos inorgânicos do impermeabilizante.

Os dados obtidos por cromatografia de gases com detecção de massas (CG-MS) detetam maioritariamente hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAH) - fenantreno, fluoranteno e pireno -, tendo sido identificados outros minoritários como fenóis, carbazoles ou hidrocarbonetos lineares metilados. Existem variações apreciáveis na proporção de PAH ligeiros (naftaleno, acenafteno e fluoreno), que, em simultâneo com a presença de alguns dos compostos minoritários, podem ser devidas a uma fonte diferenciada ou a processos de degradação. No estudo dos rácios isoméricos de PAH os resultados obtidos são inconclusivos no que diz respeito à determinação da matéria-prima utilizada para a produção desta camada hidrófuga. Por um lado a sua origem parece ter sido a hulha mas também pode conter adições de petróleo.

[17] *O Primeiro de Janeiro de 20 de Janeiro de 1916. N.º 17. Ano 48.*

[18] *Jornal de Noticias de 24 de Fevereiro de 1916. N.º 47. Ano 29.*

6. CONCLUSÕES

O dados históricos para este material recorrentemente usado para impermeabilizar elementos verticais de perímetro das construções indiciam que diferentes matérias-primas poderiam ser usadas para a obtenção de um filme impermeabilizante. A falta de um vocabulário preciso (sob o mesmo nome encontram-se vários produtos) constitui um entrave mas o registo de compras à Companhia de Gaz do Porto/Companhia Portuense de Illuminação a Gaz despista estas questões, para algumas das empresas produtoras de alcatrão.

Funcionalmente o impermeabilizante mostra uma baixa absorção de humidade, com valores entre 0,16 % e de 2,60 % (1% de média), o que corresponde a um desempenho muito significativo para materiais com mais de 100 anos. A solução demostra ainda potencial de permeabilidade ao vapor o que permitirá em fase de serviço a libertação de eventual humidade nos paramentos. O parâmetro temperatura apresenta-se como o elemento mais revelante para o desempenho funcional uma vez que quando o filme fica exposto por decaimento do revestimento (argamassa ou azulejo, por exemplo) entra em processo de fluência a temperaturas em torno dos 50 ºC.

Se bem que os dados por cromatografia tenham sido inconclusivos - havendo rácios que apontam para proveniências da hulha e outros de petróleo - os dados históricos indicam que um derivado de hulha tenha sido principalmente usado.

O presente material hidrofóbico revela-se uma solução com valor histórico relativo (não é um material de acabamento, nem possui características tecnológicas únicas) mas representa um marco histórico-tecnológico interessante em termos de desenvolvimento urbano e civilizacional, uma vez que é espelho da sua época (1850-1930).

Funcionalmente pode-se optar pela manutenção do impermeabilizante em edifícios antigos se não houver a detecção de anomalias pela sua exposição aos agentes ambientais (principalmente radiação solar e temperatura) em caso de intervenção atual. Na base desta constatação estão as características detetadas nos ensaios - absorção de humidade na fase líquida baixa e secagem rápida - e nas características das construções deste período que apresentam um potencial levado de ter humidade no interior das paredes, motivado pela ausência de corte hídrico horizontal. A seleção de novos materiais para função similar devem, em alternativa, apresentar características idênticas.

7. AGRADECIMENTOS

O autor conta com o apoio financeiro da Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) para os seus estudos (SFRH/BPD/63447/2009).

8. BIBLIOGRAFIA

"Construção Moderna". N.º 9, p: 7- 8.
"Jornal de Noticias" de 24 de Fevereiro de 1916. N.º 47. Ano 29.
"O Primeiro de Janeiro" de 20 de Janeiro de 1916. N.º 17. Ano 48.
AGUIAR, José. A cor e a cidade histórica. Porto: Publicações FAUP, 2002.
BARBEROT, E. Tratado práctico de edificación. 2ª edición. Barcelona: Gustavo Gili Editor, 1927.
CASTANHEIRA, José António. Almanach historico, commercial, administrativo e industrial da cidade do Porto para 1883. 1º anno. Porto: Clavel & C.a, 1883.
CASTANHEIRA, José António. Almanach historico, commercial, administrativo e industrial da cidade do Porto para 1884. 2º anno. Porto: Clavel & C.a, 1884.
GOVERNO CIVIL DO PORTO. Maço 1429 - Processos de alvará (n.º 1720 - 1767) Produtos químicos. Anos 1864 - 191-. Porto: Arquivo Distrital do Porto.

GOVERNO CIVIL DO PORTO. Maço 1438 - Maço com processos de alvarás para fornos de cal e gesso (n.º 1969 a 1991) de 1861 a 1903. Porto: Arquivo Distrital do Porto.
GOVERNO CIVIL DO PORTO. Maço 1445 A - Processos de alvará (n.º 2146 - 2196) Diversos insalubres. Anos de 1862 - 1912. Porto: Arquivo Distrital do Porto.
GOVERNO CIVIL DO PORTO. Maço 1450 - Licenças (depósitos de trapo, refinação de açúcar, sebo, cortiça, cordoaria, conservas, asphalto) - Porto e Gaia (n.º 2398 a 2433). Anos de 1899 a 1922. Porto: Arquivo Distrital do Porto.
GOVERNO CIVIL DO PORTO. Maço 1451 - Pasta com relações de industrias insalubres. Anos 1895 - 1950. Porto: Arquivo Distrital do Porto.
LEVI, C. Tratado de construcciones civiles. Materiales de construcción. Edificios. Barcelona: Gustavo Gili Editor, 1926. [Vol. I, 2.ª ed.]
MARIZ, Luís. 2014. Azulejo semi-industrial na arquitectura civil portuense – Caracterização e Intervenção. Aveiro: UA Editora - Universidade de Aveiro.
SILVA, Agostinho. A hulha. Série 8 Cadernos de informação cultural. Lisboa: Edição de autor, 1942.
SOEIRO, Teresa; ALVES, Jorge Fernandes; LACERDA, Silvestre; OLIVEIRA, Joaquim. A cerâmica portuense. Evolução empresarial e estruturas edificadas. Portugália. Nova Série. Vol. XV. p: 203-287, 1995.
SUB-COMISSÃO ENCARREGADA DAS VISITAS AOS ESTABELECIMENTOS INDUSTRIAIS. Relatório apresentado ao Ex.mo Sr. Governador Civil do Districto do Porto Presidente da Comissão Distrital do Inquérito às Industrias. Porto: Typ. de António José da Silva Teixeira, 1881.

Azulejo Oitocentista no Porto e em Vila Nova de Gaia
Fabrico e Inovação no Século XIX

Mariz, Luís[1]*
[1]*lmariz@ua.pt*
**Universidade de Aveiro, Departamento de Engenharia Civil, Geobiotec*

RESUMO

A tradição da azulejaria de fachada entre 1850 e 1920 teve grande expressão em Portugal, se bem que com maior implementação no norte do país, e marca indelevelmente a arquitetura civil, correspondendo a uma das marcas mais ricas do emprego de cerâmicos vidrados e que não teve paralelo no contexto ocidental. Este substrato foi razão para efetuar uma pesquisa histórica às técnicas de produção destas peças.

As empresas cerâmicas do baixo Douro começaram a estabelecer-se a partir das últimas décadas do século XVIII e, inicialmente, a sua produção centrava-se em peças de mesa e cerâmica decorativa, quando produziam azulejo, este tinha a função de revestir interiores como cozinhas, quartos de banho e áreas comuns. A tecnologia cerâmica corrente, à época, era a majólica e o pó-de-pedra. Com a crescente demanda de azulejos para aplicação no exterior sucedeu, em paralelo, o processo de industrialização e de modernização tecnológica das oficinas antigas e o estabelecimento de novas empresas, ambas incorporaram novas máquinas e ocorreu um incremento no número de operários. Este aumento de produção levou a uma consequente diminuição dos custos, fazendo do azulejo um produto mais democrático, permitindo um uso mais massivo.

Os edifícios onde estes azulejos foram incorporados eram, na cidade do Porto, construídos em alvenaria de pedra (granito) e o azulejo desempenhou, concomitantemente, uma função decorativa ao ser uma camada de acabamento e funções complementares (funcionais) contribuindo para a impermeabilização do sistema e aumentar significativamente a respetiva durabilidade. Esta forma de revestimento caracteriza e marca uma época histórica por influir na imagem urbana - identidade conferida pela harmonia (ou desarmonia) dos ritmos cromáticos, de desenhos, de formas e de texturas, em diálogo. A qualidade e quantidade de panos de azulejo que a cidade apresenta tem uma dimensão sem paralelo na Europa desse período e que, na atualidade, funciona como memória e testemunho singular.

Palavras-chave: materiais históricos; azulejo; técnicas de produção; matérias-primas.

1. INTRODUÇÃO

A cerâmica portuguesa, no período em análise, possui convergências e particularidades ao nível da tecnologia industrial utilizada em Portugal, e em concreto no Porto e em Vila Nova de Gaia, por comparação às usadas em Inglaterra, França e Espanha. Os dados indicam que o caso português teve um paralelo especial com a produção valenciana, quer pela tecnologia usada, bem como pelos motivos aplicados, embora também tenha sofrido influência inglesa ao nível dos desenhos, enquanto França proveu investigação teórico-científica das artes do fogo. As divergências formais centram-se principalmente na produção de azulejos de relevo e de meio relevo que, à época, eram inovadores e que não teve paralelismo nos diversos centros produtores europeus até ao seu uso por Gaudí, apesar do seu grande efeito decorativo. Em termos técnicos e científicos o nível de avanço não era significativo.

Apesar do valor plástico da azulejaria de fachada, elevado, os primeiros revestimentos cerâmicos receberam fortes críticas provenientes dos círculos intelectuais que questionavam o seu "bom gosto". Esta questão ganhará outra vez relevância a partir do fim do primeiro quartel do século XX, desta vez sem registos escritos, e que levará ao quase desaparecimento do emprego de azulejos nas fachadas de edifícios nas diversas cidades portuguesas.

2. INDÚSTRIA CERAMICA NO BAIXO DOURO

O enquadramento tecnológico internacional permite uma circunscrição macroscópica da evolução tecnológica que antecedeu e trespassou a época em análise, sendo essencial cruzar com os dados locais de forma a compreender a evolução local.

É relevante contextualizar as fontes - os registos bibliográficos e os elementos documentais. Os dados trabalhados permitem destrinçar dois conjuntos de autores de textos - o industrial e os visitantes. Estes últimos poderão ser inspetores, apreciadores "artísticos" e técnicos[1]. Os inspetores de saúde e de obras públicas tinham missões específicas ligadas à sua atividade profissional e, geralmente, analisavam os requerimentos submetidos às entidades reguladoras (Governo Civil). Contudo, outros inspetores poderiam fazer inspeções de carácter extraordinário inseridas em visitas de recenseamento em que se procurava saber as matérias produzidas, os materiais usados, o número de operários e a faturação, com o objetivo de verificar o cumprimento fiscal. Os visitantes "artísticos" debruçavam-se sobre os aspectos formais da produção histórica e raras vezes contemporânea[2]. O núcleo de informação documental centra-se nos processos de licenciamento, em que o industrial ou um seu representante - obrigado a pedir licenciamento quando pretende instalar indústria ou máquinas insalubres, incómodas ou perigosas ou quando pretende realizar alterações ao licenciamento aprovado - apresenta uma exposição com os seguintes elementos obrigatórios: condições gerais do processo fabril, designando os aparelhos e os produtos; o local do estabelecimento, suas confrontações e distancia das habitações mais próximas; planta geral, e o perímetro do terreno[3]. Sublinha-se que os dados compilados nos processos de licenciamento são extremamente parcos nas descrições (do impetrante, do subdelegado de saúde e do engenheiro), por vezes reproduzia alegações anteriores. Alguns processos afirmam simplesmente que se usa as matérias-primas, as técnicas e os produtos *próprios* a esta indústria,

[1] *Exemplos desta categoria de visitantes técnicos são António Gyrão e Charles Lepierre.*

[2] *No Porto registamos os diferentes escritos de Artur Sandão, Joaquim de Vasconcelos e Vasco Valente, entre outros.*

[3] *A obrigatoriedade de requerer licença data de 27 de Agosto de 1855 - a primeira lei, atualizada em 1862 - estas foram revogadas pela Lei n.º 243 de 28 de Outubro de 1863, legislação que se manterá em vigor durante o período em estudo.*

literalmente. Outro aspecto verificado é o extravio de diferentes processos. Um dos factos que mais tem dificultado a realização da historiografia das próprias fábricas e, ainda mais, dos processos produtivos está relacionado com o facto de os registos escritos deixados pelas diferentes fábricas não terem sido férteis, motivado pelo encerramento já distante no tempo e pela não preservação dos arquivos das mesmas, alguns perdidos na sequência de incêndios, contrariamente ao que sucedeu noutros países. Outra razão para a quase inexistência de dados é a não obrigatoriedade de licenciar máquinas em geral, sendo exceção as máquinas a vapor ou a "gás". Esta ausência de informação é tanto mais relevante quanto provavelmente terá condicionado a suposição da introdução tecnológica num momento mais tardio do que na realidade se terá processado, em particular nas fábricas de maior dimensão, uma vez que nas fábricas mais pequenas se terá continuado a trabalhar segundo os modelos tradicionais por falta de recursos necessários aos investimentos requeridos ou por resistência em aderir a modelos de produção diferentes. Este défice de investimento em soluções inovadoras terá, no entanto e com alguma ironia, permitido preservar a continuação de uma produção mais tradicional, menos globalizante, registando ainda assim uma apreciação muito positiva por parte de Lepierre em particular à Fábrica da Torrinha.

A indubitável inovação do século XIX português foi sem dúvida o recurso ao azulejo como revestimento de fachadas.. Aqui as questões tecnológicas, se bem que importantes, são somente um meio de atingir um outro fim: produzir soluções esteticamente vanguardistas, associado a uma democratização do uso.

Aponta-se o início da concepção de azulejos expressamente para forrar exteriores em data posterior a 1822 (independência do Brasil) em resposta a solicitações diretas. Anteriormente o uso de cerâmicos de padrão para fachadas teria de recorrer à produção tradicional de peças de interior. Gyrão (1834) afirma que em 1825 se fabricavam azulejos no centro cerâmico do baixo Douro e estes eram "mais grosseiros" e "mais duros" que os de Lisboa. Este facto permite conjeturar que o azulejo seria um produto não relevante e seria destinado para soluções de interior, produzido em modelos tradicionais, sem máquinas e sem relevo, ao contrário do que sugere para o fabrico da telha com recurso a prensas.

A produção da cidade baseava-se certamente em azulejos lisos, talvez usando ainda a gramática neoclássica. Os primeiros motivos de exterior irão basear-se na produção antecedente, nos elementos padronados do século XVII, mas reduzindo a paleta ao azul sob fundo branco, de influência do século XVIII. A produção de azulejos relevados sucederá após 1850.

Ao longo do século XIX e no início do XX, grosso modo, os motivos decorativos usados podem ser agrupados em motivos de inspiração vegetalista ou fitomórfica e em motivos geométricos, a par de azulejos lisos, em relevo e, ainda, de bisel em representação de "pedras" decorativas de cor uniforme ou com pintura manual. Soluções raras são os azulejos esponjados, técnica "reabilitada" do século XVIII e os jaspeados.

Das diferentes fábricas inventariadas no Porto, trinta e nove unidades, assinalam-se as catorze em que foram detetados registos fidedignos: Massarelos (1881), Miragaia, Cavaquinho (1855), Santo António Vale de Piedade (1861, 1881, 1899), Fervença (1861)[4], Carvalhinho (1899, 9130), Torrinha[5], Senhor d'Além (1861), Devesas (1881, 1899), Pereira Valente (1899), Vilar do Paraíso, Valente e Moreira (1916), Cerâmica de Soares dos Reis e Valadares.

[4] *As fontes utilizadas são: para o ano de 1855, Valente (1940); para 1861, Azevedo (1995); para 1881, a Sub-comissão encarregada das visitas aos estabelecimentos industriais (1881); e para o ano de 1899, Lepierre (1912).*

[5] *Segundo Cordeiro (1996) a Fábrica da Torrinha produziu azulejo somente durante um período restrito.*

Perante a disponibilidade dos dados obtidos, não se pôde proceder à análise individual de todas as fábricas mencionadas mas apenas daquelas para as quais há fontes documentais ou dados bibliográficos. A fábrica de Miragaia é, contudo, relevante para a produção de azulejo não só por possuir a maior rede comercial mas também por produzir azulejos para o exterior, talvez dos primeiros desenhados para fachadas de edifícios civis.

Ao utilizar esta metodologia não se excluí a hipótese de outras fábricas terem produzido azulejo em momentos particulares ou ao longo da sua laboração mas significa que não se dispõe de dados fidedignos e inequívocos dessa produção.

Exemplificativo da dificuldade de análise é o caso apresentado para a Fábrica do Senhor d'Além: O *Relatório (...) do Inquérito às Indústrias*[6] de 1881 descrimina somente três indústrias produtoras de azulejo, concretamente Devesas, Vale da Piedade e Massarelos; enquanto a Fábrica do Senhor d'Além é referenciada apenas como produtora de faiança comum, tendo somente vinte e cinco operários, dos quais dez eram menores de idade - a baixa produção comparativa nesta data poderia representar uma fase de menor prosperidade da empresa e poderia ter resultado na supressão deste produto. A Fábrica do Carvalhinho não foi visitada pela Comissão e a Fábrica de Pereira Valente ainda não laborava. Em 1899, Charles Lepierre[7] cita apenas as apontadas.

A importância que reveste a indústria cerâmica portuense está em muito ligada à dupla família de artigos comercializados: objetos domésticos (louça de mesa e peças decorativas) e cerâmica arquitectónica. Não se encontra nenhuma empresa com produção exclusiva de azulejo.

[6] *SUB-comissão encarregada das visitas aos estabelecimentos industriais (1881), p: 289 e ss.*

[7] *Lepierre (1912), p: 103 e ss.*

3. MODOS E TÉCNICAS USADAS NA INDÚSTRIA CERÂMICA NO PORTO

A produção portuguesa deste período e em especial a situada na foz do Douro encontra-se insuficiente documentada e estudada em que os dados técnicos aparecem na literatura recente mais como "curiosidades" e sem a profundidade desejada. Os processos e práticas de trabalho, nas diferentes unidades ao longo do tempo, têm particularidades e características, ao nível técnico, que assumem relevância na qualidade e deixam marcas nas peças produzidas. Não se pretendeu organizar uma súmula dos procedimentos técnicos, introduzidos nas diferentes fases de produção de azulejos baseada nos tratados estrangeiros e no manual português da época mas, com base nos elementos disponíveis, estabelecer pontes e correlações entre as diferentes "descrições" da maquinaria das fábricas e a maquinaria descrita nos tratados, assim como as metodologias empregues[8]. Tarefa de correlação repleta de armadilhas, as fontes entram em contradição e as designações das máquinas não são suficientemente claras para estabelecer a correspondência pretendida. A dificuldade principal surgiu no processo de preparação das argilas para a conformação em relação ao qual a literatura aponta duas técnicas distintas - via húmida e via seca. A preparação dos barros, até 1920, parece ter recorrido a um procedimento misto.

MATÉRIAS-PRIMAS

Os azulejos produzidos na cidade do Porto são compostos por barros, podendo ser divididos em duas categorias: faiança e pó-de-pedra. Basicamente, a diferença entre os dois grupos está no vidrado - opaco branco nas faianças e transparente no pó-de-pedra - e no corpo cerâmico em que a argila usada para o fabrico de pó-de-pedra contém

[8] *Brongniart (1977), Lefêvre (1900), Lepierre (1912) e Garrett (1930).*

menor quantidade de óxido de ferro e quantidades superiores de feldspato. Não se conhecem azulejos produzidos em grés ou em porcelana na indústria nacional inversamente ao que sucedeu com empresas inglesas.

O barro é uma rocha proveniente da decomposição de rochas primitivas e de elementos estranhos, de cor diversa. Quimicamente é um alumínio-silicato hidratado. Na presença de água o barro é untuoso ao tacto e apresenta plasticidade. Com a evaporação da água retrai e perde esse comportamento e quando cozido o calor altera as suas propriedades. Os barros apresentam características de fusibilidade diferenciadas determinadas pelos seus constituintes e respetivas proporções, sendo refratários quando não se fundem, de faiança quando não fundem ao fogo da porcelana (1200 °C) e barros fusíveis quando fundem ao fogo da porcelana.

Das argilas enumeradas bibliograficamente – caulino, *ball clay*, argila comum e margas – e de adjuvantes – chamote, material siliciosa; calcário, gesso, pegmatite, moscovite, barite, fosfato de cal e caco de vidro - e documentalmente referenciados, os não usados pela industria portuense eram a barite, o fosfato de cal e a pegmatite. A mica também não aparece referenciada. Reportam-se estas informações ao inventário efetuado em 1879 aquando da insolvência da firma Sá Lima & Irmão que geriu Massarelos entre 1873 e 1878[9]. O barro utilizado, segundo o mesmo inventário, provinha de Lisboa (Santo André) e de Avintes. Outras proveniências identificadas são: Lisboa, Aguada, Mogofres, Gandra, Telheira e Avintes, Leiria e caulino de Ovar. É referido que a areia provinha de Lisboa.

Numa receita para azulejo é indicada a composição das pastas: vinte partes de barro de Coimbra (coado), oito partes de barro de Avintes e duas partes de barro de Telheira[10]. Genericamente, nas indústrias portuenses os barros vinham de Lisboa e de Avintes, em que eram misturados na razão de um de argila plástica sem cálcio ou caulino para um de marga. A areia entra para aportar sílica à pasta havendo referencias, já apresentadas, da proveniência de Coina.

Depois das diferentes matérias-primas chegarem às fábricas, eram observadas e deveriam ser "classificadas" segundo as suas características. Lepierre afirma que estes estudos eram apenas esporadicamente efetuados, observando mesmo que em algumas fábricas nunca os realizavam - "mesmo os melhores [e maiores] fabricantes, preparavam as suas pastas verdadeiramente ao acaso (...) sem regras definidas que regulem a composição química"[11], o que originava uma frequente desarmonia do vidrado com a pasta e corresponde a um defeito recorrente ainda hoje observado nas peças portuenses, a micro fissuração do vidro.

Até ao início do século XX os barros não eram qualitativa e quantitativamente avaliados pela sua constituição. A avaliação era efetuada segundo parâmetros mais ou menos subjetivos à chegada da matéria-prima, assentes na untuosidade, plasticidade, homogeneidade e nos elementos estranhos e indesejáveis. Poderiam ainda ser testados com uma cozedura experimental, ensaiando-se retrações e compatibilidades, com ou sem vidrado para determinar a cor depois da cozedura, por exemplo. Este trabalho assentava sem dúvida na experiência do mestre.

PREPARAÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS

A preparação das argilas pode-se enquadrar em dois grandes núcleos:

Processos manuais - preparação artesanal por via húmida com desagregação dos barros por força humana ou animal; e por via húmida por decantação simples.

Processos industriais: preparação por via húmida - decantação e peneiração com recurso

[9] *Valente, [s.d.], p: 161.*

[10] *Valente, [s.d.], p: 198.*

[11] *Lepierre (1912), p: 6-7.*

a máquinas; preparação mecânica por via seca; e preparação mista usando processos húmidos e secos - decantação e peneiração complementadas com recurso a moinhos.

Não é possível afirmar, com segurança, que o processo de preparação por via seca (com adição de uma pequena quantidade de água no final da preparação das argilas reduzidas a pó) tenha sido realmente usado no Porto. Lepierre menciona que duas fábricas - Carvalhinho e Santo António de Vale da Piedade - recorrem à "peneiragem e levigação". Todavia Garrett afirma em 1930 que o uso do processo seco havia sido recentemente introduzido na Fábrica do Carvalhinho. Esta fábrica mudou de instalações em 1923 o que levanta a hipótese de só nessa ocasião se ter alterado o processo de preparação das argilas: "Modernamente o moinho foi modicado, o que permite a pulverização a sêco. A alimentação e o rendimento são então contínuos, entrando a matéria prima por um lado, pelo eixo, e saindo pelo outro o pó."[12] O moinho anterior era do tipo Alsing e moía o barro com água.

Recuando a Lepierre, é crível que os processos industriais por via húmida não deveriam divergir dos que estariam ainda em uso em França, caso contrário não se coibiria de classificar estes procedimentos de arqueológicos ou algo similar (em paralelo à adjetivação utilizada - "rudimentar" e "horrível" - neste caso para se referir à técnica da estampilha). Lepierre, em relação à Fábrica Cavaco, afirma: "o preparo [dos barros de Lisboa e Avintes] é pelo processo manual ordinário"[13] que ocorre a seleção e mistura de matérias primas, decantação, eventual filtragem, secagem, homogeneização e conformação.

[12] *Garrett (1930), p: 38.*

[13] *Lepierre (1912), p: 106.*

CONFORMAÇÃO

A produção antiga do corpo cerâmico, chacota, que suporta o vidrado está conectada à técnica das placas, até ao início da produção industrial quando se passam a usar prensas. Essa técnica como o nome indicia, consistia na produção de uma placa de altura uniforme; em verde a placa era dividida por meio de corte com uma faca. Quando a peça se apresentava seca era realizado o chanfre (bisel) dos bordos por meios manuais.

Uma das produções mais características das fábricas do Porto é a de azulejos relevados, decorados com representações de flores e outros motivos de inspiração floral. A sua produção era inicialmente concretizada em moldes de gesso, estando referenciada na Fábrica de Massarelos. As formas (moldes) eram enchidas manualmente com argilas plásticas (gordas), para evitar empenos e fraturas, as partes mais grossas eram adelgaçadas, pelo tardoz, com a extração da argila - marcas digitais impressas no tardoz, comprovam esta prática.

A conformação mecânica foi antevista por Gyrão, governador civil, quando observou com pormenor a produção de louça de mesa inglesa, anteriormente a Brongniart (o maior especialista da época). Diz o autor que desconhece escritos sobre esta matéria uma vez que os produtores ingleses os guardam em segredo mas, pela observação destes "belos pratos ingleses", induz que terão passado por um molde, que exercia pressões elevadas[14].

[14] *Compara, a louça trabalhada ao torno simples, mesmo com contra-moldes, fica com ondas e ao centro uma cavidade, quando se empilham várias peças elas não se ajustam, ao contrário das peças inglesas que não possuem "ondas" e, quando empilhadas duas a duas, num momento e só num, elas encaixam melhor. A somar a este facto só por si revelador, as peças inglesas possuem ainda o nome do fabricante gravado no verso. Estas peças são pratos, malgas, travessas, chávenas, etecetera; as leiteiras, os cálices, e outras peças que não podem, devido às suas formas, ser deste modo conformadas, têm o nome pintado. As últimas peças conformadas manualmente ou em molde são comparativamente mais leves e mais frágeis. Deste modo, conclui que há o emprego de um molde e de um contra-molde em aço, "à maneira da moeda", ou seja em prensas balancés. Gyrão remata, "Se eles não fazem isto, digo que decerto se podia tentar, e talvez imitá-los" Gyrão (1834), p: 192 e ss.*

Se no começo da produção azulejar, específica para exterior, se usavam técnicas manuais, com a introdução de maquinaria para a fase de conformação, depressa o molde de gesso foi substituído por moldes metálicos (molde e contra-molde) montados em prensas de ação manual. Somente quando as prensas foram inseridas no processo de conformação é que se encontram relevos no tardoz e esporadicamente algumas marcas de empresa, contrastando com o tardoz liso que marcou a produção anterior. A inserção do nome das fábricas não foi comum, tornando-se por isso bastante difícil realizar uma inequívoca atribuição dos azulejos às fábricas. A somar regista-se o plágio dos desenhos, de motivos nacionais e estrangeiros e a ausência de produção de catálogos comerciais.

A tecnologia mecânica está documentada, em 1881, com a existência nessa data de duas prensas balancé movidas a braços na Fábrica de Vale da Piedade. Prensas mecânicas a vapor encontram-se já instaladas na Fábrica das Devesas, regista-se para além destas máquinas um laminador e três balancés para telha. É provável que algum dos três balancés tivesse a possibilidade de adaptação ao fabrico de azulejo. Não é possível conhecer as datas concretas da introdução das diferentes máquinas, movidas manualmente ou a vapor, nas diferentes empresas.

Se na data de 1864 está presente uma máquina a vapor destinada à confecção de telha nas Devesas, é plausível que ocorresse a adaptação da prensa, através da incorporação de novos moldes, para a conformação de placas, se a produção azulejar fosse já representativa. Esta hipótese encontra sustentação no facto de serem referidas "formas e mais utensílios, próprios dela"[15] (da máquina de telha), facto reforçado na prática pela diminuição das espessuras e nas cores aplicadas. As datações efetuadas apontam para o limite de 1870/80 o uso exclusivo da monocromia de azul sobre branco de estanho, passando-se a usar depois o azul e o amarelo e na viragem do século a policromia de paleta abrangente, já não com base opaca mas com vidro transparente. A exceção continua a figurar nos azulejos relevados e biselados.

Os azulejos relevados comercializados pela Fábrica das Devesas são semelhantes aos fabricados por Massarelos mas confecionados por prensas mecânicas. A incorporação de uma máquina a vapor em Massarelos data de 1884 embora o processo de licenciamento desta máquina seja omisso em relação às funções esperadas da mesma. As empresas de Lisboa, em resposta à produção relevada portuense, criam uma linha de produtos relevados, conhecidos por meio-relevo e produzidos em prensas mecânicas.

Azulejos de meio-relevo eram mais finos, com espessuras de cerca de quinze milímetros, ou seja, metade da espessura dos elementos relevados. Esta produção é forte nas fábricas de Sacavém e do Desterro (Lisboa), em especial nas primeiras décadas do século XX[16]. A resposta portuense foi pronta, cedo estes azulejos foram igualmente aqui produzidos, não só como azulejos com a mesma volumetria como se encontram exemplares em que o relevo está representado por meio de *trompe-l'œil* (por pintura pela técnica da estampilha).

A produção de azulejos planos, em 1880, poderia ser realizada através do laminador referenciado na Fábrica das Devesas, evolução da técnica da lastra, mas esta técnica não permite a inserção de relevos no tardoz com o apuro técnico que se regista. A alternativa parece ser o uso de uma ou mais prensas existentes na fábrica (identificadas como conformadoras de telha) adaptadas para a conformação de azulejo, na medida em que em nenhuma fonte se encontram informações sobre prensas destinadas ao fabrico de azulejo até 1900. Parece plausível admitir que as prensas aí montadas fossem movidas pela máquina a vapor, ao invés das duas prensas balancé manuais existentes em Vale da Piedade em 1881. As fontes são omissas

[15] *Domingues (2003), p: 68.*

[16] *Veloso (1991).*

na caracterização dos processos nas restantes empresas. Em 1899, a única alusão a processos de conformação mecânica provêm da Fábrica do Carvalhinho que possui um balancé, não estando registada nas restantes fábricas nenhuma máquina semelhante. Todavia não é plausível que a Fábrica de Vale da Piedade tenha "perdido" as suas duas prensas manuais referenciadas em 1881.

A diferença entre os modos de preparação de argilas - semisseco e húmido - incide principalmente no nível da secagem, mais rápida, na medida em que a retração é menos significativa logo com menor risco de defeitos (fissuração), as peças apresentam densidade superior e uma pasta mais homogénea, vantagens auferidas pelo método semisseco. Este método, por seu turno, implica todo um conjunto de máquinas específicas (movidas a vapor, gás de iluminação ou água) para cada fase, representando investimentos superiores. O processo húmido não possibilita pressões tão elevadas devido à plasticidade da argila.

Não existem dados concretos, exceto para 1930, que fixem as pressões a que são submetidas as pastas para a produção de azulejos. Garrett afirma que na primeira prensagem é usada uma pressão de cinquenta atmosferas, de seguida a pressão é aliviada e num segundo momento são aplicadas duzentas e cinquenta atmosferas.

Os elementos cerâmicos tradicionais, até à segunda década do século XX, têm dimensões variáveis, usualmente compreendidas entre os treze e os quinze centímetros de largura, podendo haver alguns exemplos de sete e outros, raros, atingir os vinte centímetros. No caso dos azulejos biselados as dimensões usuais correspondem a meio azulejo - sete centímetros e meio por quinze centímetros. A espessura sofreu uma redução progressiva ao longo dos tempos, quanto mais antigos mais grossos: no século XVI poderiam ter quase dois centímetros, tendo no princípio do século XX cerca de sete milímetros. As razões prendem-se com a crescente modernização mecânica e também com o apuro técnico.

COZEDURA

Inversamente às restantes fases de preparação das argilas e de decoração, o leque de informações disponíveis sobre os fornos é significativo pela representatividade que esta fase tem na produção cerâmica aliada às dimensões que normalmente os fornos possuem, podendo ser um indicador da força de cada unidade fabril. Os vinte e oito fornos que, em 1825, a Fábrica Copeland & Garrett possuía são neste contexto um paradigma.

Gyrão tece considerações sobre os fornos que a Fábrica do Carvalhinho possuía a laborar em cerca de 1825, são considerações gerais mas indicativas[17]: fornos ordinários que desperdiçam muito carburante por serem construídos em material termicamente condutor. Pode-se compreender que é um género de forno maciço de dimensões razoáveis, com câmara de cozedura e fornalha inferior. O sistema de tiragem não é especificado, mas deverá ser de tiro direto. Os materiais usados são o tijolo pouco refratário, rebocado a barro. Apesar de não fornecer os combustíveis empregues, por indicações posteriores é de crer que seja a carqueja ou urze. A cozedura é intermitente (forno não contínuo) e dura várias horas. As temperaturas atingidas seriam suficientemente altas para a fusão da argila (superiores, em principio, a 950 ºC.) uma vez que no interior da câmara se encontrou muita argila vitrificada[18]. Estas temperaturas poderão não ser uniformes dentro da câmara, atingindo picos nas zonas inferiores e junto às paredes. Afirma que os azulejos ou tijolos vidrados que se costumam fazer na cidade, apesar de serem mais grosseiros e pior trabalhados em relação a outros centros de produção, "são tão duros como pederneira, em

[17] *Visita à Fábrica do Carvalhinho dez anos antes (c. 1825). Gyrão (1834), p: 190.*

[18] *Brongniart afirma que as argilas figulinas, possuidoras de cal, fundem a 950 ºC.*

razão de sofrerem o fogo sobre o lar dos fornos por baixo das pilhas de louça"[19]. Aconselha a adoção de um novo tipo de forno mais económico, por ser construído em tijolo ordinário no exterior e, nas áreas sujeitas ao fogo, construído com tijolo e reboco de um "misto isolante" (argila branca misturada com areia fusível e excremento de cavalo). As poupanças no combustível podiam cifrar-se em cerca de um terço. O tempo ordinário de cozedura é de cerca de doze horas - até atingir a cor vermelho cereja (900 ºC)[20], a cozedura das porcelanas é de vinte e quatro horas - este tempo refere apenas a curva de subida da temperatura. Para esta operação são necessários dois homens, em alternância de hora a hora devido ao calor emanado (mas bastante menor em comparação com os fornos "tradicionais"). Este forno é igualmente indicado para a calcinação de cal.

Em 1861 encontram-se referências à construção de um forno na fábrica do Senhor d'Além. Este forno cilíndrico tem dois metros e trinta de diâmetro e cinquenta pés[21] de altura. Será um forno de duas câmaras sobrepostas sobre a caldeira. Possui uma caldeira, um crivo, uma câmara intermédia onde é efetuado o "enchacote" (cozedura do corpo cerâmico correspondendo à primeira cozedura) e possuía ainda o buzinote (local onde seria efetuada a cozedura do vidrado) e uma chaminé. O sistema de tiragem usual neste desenho de forno é direto. O combustível que se pretende usar é a chamiça mas, na "opinião" do Delegado de Saúde, dever-se-ia usar carvão, mais seguro por produzir menos faúlhas que poderiam causar incêndios nos muitos barcos que percorriam o rio; mas o proprietário reclama desta imposição por motivos de economia, desconhecendo-se o seu desfecho.

Na fábrica das Devesas encontrar-se-á uma panóplia de fornos que são montados durante a segunda metade do século XIX. Em 1881 a fábrica apresenta os seguintes fornos[22]: forno circular contínuo para telha, de doze compartimentos (quarteirão Norte); forno para grés e louça, de doze compartimentos (quarteirão Norte); forno para louças de duas câmaras sobrepostas com capacidade de oito metros cúbicos cada (quarteirão Norte); forno contínuo de duas câmaras para gesso com a capacidade de uma tonelada (quarteirão Norte); e dois fornos tipo Sévres no quarteirão Sul[23]. Em 1899 as observações efetuadas por Lepierre são mais abrangentes mas, em simultâneo, menos concretas relativamente aos fornos[24]: Carvalhinho (2 fornos), um forno grande e outro pequeno; Vale da Piedade (1) de dimensões regulares; Cavaco (1) desativados (2 de faiança e 2 de pó-de-pedra); Monte Cavaco (1); Bandeira (1) forno de pequenas dimensões; Senhor d'Além (1); Torrinha (1); Devesas (6)[25]; Pereira Valente (1)[26]; Massarelos (3) na fábrica desativada em 1899.

Derivado aos combustíveis usados durante este período - produtos lenhosos como a chamiça, carqueja ou urze, lenha e hulha - que produziam não apenas muito fumo mas ainda a libertação de faúlhas, cenário menos expressivo no caso do emprego de carvão de pedra português (antracite) e de coque, havia a necessidade de proteger as peças no forno destas partículas. Os sais alcalinos poderiam ainda afetar os vidros e as pastas se ocorresse a sua libertação, ao reagirem com determinados

[19] *Gyrão (1834), p: 190.*

[20] *Correspondência efetuada segundo Prostes (1907), p: 187.*

[21] *Cada pé mede 0,33 metro pelo que a altura do forno seria de 16,5 metros (valores em vigor à data de 1862).*

[22] *Verifica-se que a contagem dos diferentes fornos, à época, compreendia a soma de todas as câmaras de cozedura que um mesmo forno tinha, assim um forno de doze câmaras correspondia a doze fornos. Não se usa esta contabilidade: um forno de doze câmaras é considerado como um único forno.*

[23] *SUB-comissão encarregada das visitas aos estabelecimentos industriais (1881), p: 190.*

[24] *Estes fornos não englobam a quantidade de câmaras disponíveis.*

[25] *SUB-comissão encarregada das visitas aos estabelecimentos industriais (1881).*

[26] *SOEIRO (1995).*

óxidos presentes no vidrado, alterando a sua cor ou então funcionando como fundentes, provocando a vitrificação das pastas ricas em cálcio. Era então quase imprescindível uma proteção no momento de cozedura dos vidrados. Em 1835 a cozedura de peças nas era efetuada em "gazetes" refratárias circulares perfuradas ("como os assadores de castanhas"[27]), três desses furos serviam para colocar argila para realizar a sustentação das peças e os restantes para "entrar" o fogo. Em 1907, Prostes descreve um manancial de elementos refratários para acondicionar as peças dentro do forno, e que tinham, ou deviam ter, a característica de proporcionar, às peças vidradas, o apoio no menor número de pontos, de modo a não danificar o vidrado. Este número era normalmente de três mas nos azulejos podia-se usar a base não vidrada (tardoz) de forma a não ficarem marcas[28]. Nas melhores peças podia-se tentar fazer desaparecer estas marcas por meio de polidores.

O acondicionamento dentro do forno requer igualmente cuidados, não só para otimizar o espaço mas também para permitir vazios para a circulação das chamas. Prostes especifica que as peças de menor valor devem localizar-se na parte inferior e no topo as que necessitam de menor temperatura.

DECORAÇÃO E SUAS TÉCNICAS

Nos documentos da época os dados relativos a esta fase são quase inexistentes, com exceção dos raros livros de apontamentos, em muito por ser esta uma fase crítica da produção Assim seguir-se-á a obra de PROSTES (1907), na medida em que expõe de um modo detalhado os procedimentos técnicos existentes na época, por vezes dando uma panorâmica histórica, algo que escasseia nos restantes autores.

A decoração, como capa de acabamento, é a etapa que maior segredo encerrava, só comparada com a composição da pasta pó-de-pedra, nos fins do século XVIII e começos do XIX. Para além das evidentes características ornamentais, o vidro tem ainda o papel de conferir impermeabilidade e brilho, sendo desconhecidos quaisquer elementos azulejares produzidos no baixo Douro que não recorressem a esta forma de acabamento e de decoração.

As tipologias produzidas podem ser agrupadas por famílias decorativas: azulejos planos lisos monocromáticos (raros no período em estudo), azulejos planos com motivos vegetalistas e fitomórficos (florões, pequenas ores ou folhas), azulejos planos com motivos geométricos e azulejos biselados (monocromáticos e policromáticos).

Tecnicamente a decoração era realizada ao grande fogo (temperaturas superiores a 850 ºC) sob vidrado transparente, sobre vidrado transparente cru ou sobre vidrado opaco cru e mais raramente era usada a decoração ao forno de mufla (temperaturas de cozedura inferior a 850 ºC) sendo que em ambos os casos a decoração era executada por pintura manual, estampilha e estampagem. Observe-se mais detalhadamente as principais técnicas aplicadas.

A pintura manual tradicional era efetuada sobre um vidrado estanífero. O desenho (esboço) é realizado sobre um papel semitransparente para localização das linhas e das manchas, posteriormente os contornos são perfurados. Este procedimento era usado devido aos condicionalismos de uma pintura de correção difícil. A transposição do desenho para a peça obtinha-se por meio de uma boneca cheia de carvão. Delineadas assim as linhas principais e o motivo enquadrado no formato a pintura era mais fácil, mais rápida e passível de repetição. A pintura executa-se a pincel com as tintas misturadas em água. Era ainda possível usar glicerina para retardar a secagem, segundo o processo descrito por Prostes. Depois de uma

[27] *Gyrão (1834), p: 184.*

[28] *Os azulejos portugueses posteriores ao século XVI não apresentam marcas de trempes, enquanto a produção hispano-mourisca é caracterizada por apresentar as suas três marcas distintivas.*

primeira cozedura, havia a possibilidade de efetuar acabamentos, usando fogo de mufla sempre em gradações de temperatura menores. Nesta fase usavam-se misturas oleosas para permitir uma adesão do pigmento ao vidro. Glicerina, pez louro poderiam ser os veículos convenientemente misturados com terebintina.

Através da técnica da estampilha tornou-se possível agilizar a produção e efetuar uma mecanização da pintura sem recurso a equipamentos complexos e sem necessidade de os pintores terem uma formação prévia. Este método baseia-se no uso de uma ou mais máscaras permitindo que com a passagem do pincel ou de uma trincha, de tamanho apropriado, se preencham os vazios da estampilha (máscara). Obtém-se a redução do tempo de pintura e uma maior uniformidade dos motivos, mantendo o efeito decorativo. A estampilha de início possuía uma grande simplicidade, usava uma só máscara com o fundo a branco e os motivos a azul, podendo por vezes conter alguns pormenores pintados manualmente. Mais tarde, aumenta de complexidade, utilizando por vezes cinco ou mais cores. Normalmente cada cor correspondia a uma estampilha. A estampilha era executada sobre um papel fino, encerado, deixando aberturas para as áreas a pintar, desenho em negativo. A pintura era efetuada a pincel sobre o azulejo já com o banho de base opaca ou transparente, técnica denominada sobre-banho. Outra possibilidade só possível quando as pastas eram já suficientemente claras, foi o sob-banho. A pintura era executada sobre a chacota e sobre esta aplicava-se um vidro transparente à base de chumbo com um pulverizador (aerógrafo) para não se destruir a decoração, ou por banho. Esta metodologia poupava recursos, nomeadamente de estanho. Os pigmentos deveriam ser misturados com óleo para dilatar o tempo de trabalho e retardar a absorção, dos mesmos, pela pasta. A partir de 1910 a técnica da estampilha foi modernizada com a introdução do aerógrafo para a execução da pintura, prescindindo da pincelagem. As máscaras evoluíram do papel encerado para chapas em zinco, por sofrerem menor desgaste. A aerografia foi principalmente popular na fábrica de Sacavém mas a sua aplicação foi limitada, sendo raras as fachadas com estes azulejos. A gramática *Art Deco* foi a mais explorada. A técnica da estampagem ou decalcomania é importada de Inglaterra em meados do oitocentos e consiste na impressão por prensagem mecânica de uma estampa sobre a peça vidrada, previamente cozida, seja com vidrado estanífero ou com um vidrado transparente. Posteriormente a pintura era novamente cozida. As estampas eram obtidas por processos mecânicos através de impressão de matrizes de madeira, cobre, zinco ou aço impressas sobre papel. Para a sua aplicação, o papel era molhado, transferindo-se o motivo para a peça. No Porto, as primeiras fábricas a aplicar a estampagem foram Miragaia e Massarelos, com a aquisição de estampas já produzidas a empresas inglesas. Carvalhinho começou a produzir as suas estampas usando gravuras de cobre, em 1853, enquanto Santo António de Vale da Piedade, Devesas e Pereira Valente as compravam já confecionadas. Sublinha-se que a sua aplicação na azulejaria não foi abundante, comparativamente à quantidade de padrões obtidos por meio da estampilha, sendo neste particular excessiva a preponderância dada, se bem que mais complexa em termos técnicos. Em Portugal e na Europa sua aplicação foi expressiva na louça de mesa.

COZEDURA DA DECORAÇÃO

A cozedura da decoração é predominantemente realizada numa fase posterior à cozedura da chacota com exceção da cozedura de vidrados de alcanfor (chumbo) e de sal marinho que são aplicados com a peça não chacotada. A monocozedura é uma prática pouco vulgar em peças de corpo poroso com trabalho decorativo. A norma na época foi a bicozedura mas peças com maior

esforço decorativo poderiam requerer três ou mais cozeduras. A técnica da estampagem sobre um vidrado cozido requeria a queima do óleo mordente, por exemplo, e para o queimar era necessária uma temperatura de cerca de 200 °C, operação que não sendo uma cozedura, implicava a ida da peça ao forno.

4. CONCLUSÕES

Até ao início do século XIX os azulejos produzidos nas cidades do Porto e de Vila Nova de Gaia tinham como vocação uma aplicação no interior de edifícios onde desempenhavam funções utilitárias e decorativas. O uso do azulejo no exterior das habitações não foi uma solução que nasceu dentro das empresas cerâmicas, mas uma resposta à procura por alteração de uso, inicialmente solicitada por parte da comunidade "brasileira" retornada. Se bem que a princípio esta nova forma decorativa estivesse associada a esta influência, pensamos que a sua integração e emprego massivo no norte de Portugal só é entendível pela predisposição a este gosto, em grande medida justificado pelo historial decorativo existente no interior de jardins de palácios, mosteiros, conventos, igrejas e catedrais.

O emprego massivo de panos de azulejo a revestir edifícios vernaculares só foi possível com os avanços processuais e metodológicos implementados pelas indústrias cerâmicas do baixo Douro, processo notório após a segunda metade do século XIX, e que permitiram o acesso a este novo género de revestimento pela maioria da população, já não como peças de manufatura individual e única (painéis figurativos), mas como peças seriadas produzidas em escala. As primeiras aplicações com este carácter foram por certo efetuadas nos últimos anos do século XVIII ou nas duas primeiras décadas do século XIX, sendo o apogeu entre 1870 e 1910. À falta de padrões específicos, os primeiros padrões aplicados e produzidos para o efeito estão filiados na tradição da azulejaria de padronagem dos séculos XVII e XVIII, recorrendo somente ao azul sobre fundo branco. A paleta cromática é dilatada nas últimas duas décadas do século XIX e será neste segundo período que a produção de azulejo de exterior ganha maior riqueza e "autonomia" pela concepção de novos motivos decorativos específicos e com o uso de mais cores. De motivo e de desenho simples, este género de revestimento assume-se como um produto intemporal de efeito monumental, dialogante com a arquitetura específica e com o quarteirão no qual se insere. O azulejo deste período encontra-se na dicotomia entre arte e indústria, entre artista e artesão. Será o "simples artesão" quem conceberá a maioria dos motivos de padrão existentes, estando reservadas ao "artista" as obras de exceção (painéis). Mas será em alguns dos padrões mais simples concebidos pelos "artistas anónimos" que se obtêm integrações mais felizes nos edifícios civis da cidade. Os azulejos produzidos no baixo Douro tiveram uma repercussão ínfima no plano europeu, com exceção de Espanha (Galiza), assistiu-se contudo a um grande fluxo de exportação para o Brasil mas neste país nunca se alcançou a diversidade de padrões verificada em Portugal. Esta produção, apesar de não revelar um elevado apuramento ao nível de desenho, era constituída por peças competitivas quando comparada com as produções de outras procedências europeias, constituindo prova a continuidade e a implantação neste mercado ultramarino.

A carência de informações é transversal a todo o processo produtivo mas mais sintomática no domínio dos processos de conformação e da decoração. Na base deste contexto é provável que esteja a intenção dos industriais permanecerem silenciosos, talvez encontrando neste silêncio um modo de assegurar os "segredos" dos seus processos produtivos. Já em 1900, Lepierre afirma haver uma homogeneidade tecnológica nas diferentes unidades fabris, pelo que se verifica que não atingiram os seus objetivos. A técnica mais usual era

a dissolução dos barros em água o que permitia a exclusão das matérias menos e mais densas, permitindo ainda controlar a granulometria, mediante a interposição de uma peneira. Enquanto as indústrias congéneres europeias optavam pelo tratamento das matérias-primas por via seca, as empresas durienses ficar-se-ão pela sua aplicação em determinadas fases da preparação, através da trituração e da mistura, a m de controlar e alterar as características e as propriedades das pastas. A justificação do uso da técnica mista, no final do século XIX, terá por base a tipologia diversificada da produção e a dimensão das empresas, ao não ser economicamente interessante aplicar dois processos distintos concomitantemente: técnica húmida para o torneamento e para a moldagem; e a técnica seca para a conformação mecânica (em prensas). O recurso a dois processos diferenciados só poderia ser rentável em empresas de grande dimensão mas, pelas fontes documentais, não se encontram indícios de que tenha sido aplicado em qualquer das fábricas, na época de estudo. A conformação foi, das fases produtivas, a que maior evolução apresentou, progredindo dos processos tradicionais que usavam a técnica das placas simples (para os azulejos lisos) e moldes de gesso (para a obtenção de elementos relevados) para prensas mecânicas acionadas manualmente ou movidas pela força da máquina de vapor. Esta mutação permitiu a produção de peças mais homogéneas em termos dimensionais e de densidade. No plano decorativo, a técnica mais frequente durante todo o período foi a estampilhagem, que permitia de forma simples e rápida a execução da pintura por parte de um trabalhador com baixa qualificação. Na primeira fase (1850- 1870/1880) a técnica comum era a aplicação da estampilha sobre o vidrado estanífero - técnica sobre-vidrado - enquanto posteriormente se continuou a empregar esta técnica e a de baixo-vidrado com vidrado transparente quando a cor da chacota era suficientemente clara. A cozedura é o último momento da produção e, aqui, as diferentes empresas possuem fornos em tudo semelhantes às demais empresas internacionais, não se detetando particularidades características.

Globalmente pode-se concluir que as empresas sediadas na foz do Douro não constituem um ponto de referência europeu ao nível da qualidade de produto, mas a riqueza e variedade decorativa, o local onde os seus produtos estão instalados, via pública, e a quantidade representativa constituem elementos que relevam esta produção a um patamar nunca alcançado por outro centro industrial.

6. AGRADECIMENTOS

O autor conta com o apoio financeiro da Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) para os seus estudos (SFRH/BPD/63447/2009).

7. BIBLIOGRAFIA

Brongniart, Alex[andre]. Traité des arts céramiques ou des poteries. Considérées dans leur histoire, leur pratique et leur théorie. Fac-simile de 1877, 1a edição de 1844. Paris: Dessain et Tolra, 1977.

Calado, Rafael Salinas. O revestimento cerâmico na arquitectura em Portugal. Lisboa: Estar Editora, 1998.

Domingues, Ana Margarida Portela. António Almeida da Costa e a Fábrica de Cerâmica das Devesas. Antecedentes, Fundação e Maturação de um complexo de Artes Industriais (1858-1888). Porto: Faculdade de Letras da Universidade do Porto, 2003. [Tese de mestrado]

Garrett, Francisco Lencastre de Almeida. Faiança, ladrilho de mosaico hidráulico, azulejo de pó de pedra. missão de estudo na fábrica de cerâmica do Carvalhinho. Set. - Dez 1929. Porto: Tip. Sequeira, 1930.

Gyrão, António Lobo Barbosa Ferreira Teixeira. Memoria sobre a economia do combustivel, por

meio de varios melhoramentos que se devem fazer nos lares ordinarios, fornalhas, fornos e fogoens. Lisboa: Imprensa Nacional, 1834.
Lefêvre, Leon. Architectural pottery. bricks, tiles, pipes, enamelled terracottas, ordinary and incrusted quarries, stoneware mosaics, faïences, and architectural stoneware. London: Scott, Greenwood, 1900.
Lepierre, Charles. Estudo chimico e tecnológico sobre a cerâmica portugueza moderna. Lisboa: Imprensa Nacional, 1899.
Mariz, Luís. 2014. Azulejo semi-industrial na arquitectura civil portuense – Caracterização e Intervenção. Aveiro: UA Editora - Universidade de Aveiro.
Museu Nacional de Soares dos Reis. Fábrica de Louça de Massarelos do Porto: 1763-1936. Lisboa: Instituto Português de Museus, 1998.
Prostes, Pedro. Indústria cerâmica. Lisboa, Paris: Livrarias Aillaud e Bertrand, 1907.
Soeiro, Teresa; Alves, Jorge Fernandes; Lacerda, Silvestre; Oliveira, Joaquim. A cerâmica portuense. Evolução empresarial e estruturas edificadas. Portugália. Nova Série. Vol. XV. p: 203-287, 1995.
Sub-comissão encarregada das visitas aos estabelecimentos industriais. Relatório apresentado ao Ex.mo Sr. Governador Civil do Districto do Porto Presidente da Comissão Distrital do Inquérito às Industrias. Porto: Typ. de António José da Silva Teixeira, 1881.
Valente, Vasco. Cerâmica artística portuense dos séculos XVIII e XIX. Porto: Livraria Machado, 1949.
Valente, Vasco. Uma dinastia de ceramistas. Elementos para a história das fábricas de loiça de Massarelos, Miragaia, Cavaquinho e Santo António do Vale de Piedade. Porto: Imprensa Moderna, 1936.
Veloso, A. Barros; Almasqué, Isabel. Azulejaria de exterior em Portugal. Lisboa: Edições Inapa, 1991.

Do restauro à Conservação do Património Arquitectónico Medieval Português

Os Sistemas Construtivos Empregues na Igreja de S. Salvador de Travanca

Malheiro, Miguel[(1)]*; Costa, Aníbal[(2)]**

[(1)]miguel_malheiro@sapo.pt, [(2)]agc@ua.pt

** CITAD, Faculdade de Arquitetura e Artes, Universidade Lusíada Norte-Porto*

***RISCO, Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro*

RESUMO

A perca de funcionalidade de alguns elementos que constituem o objecto arquitectónico implica necessariamente uma intervenção física no existente, ou na sua ausência, o colapso da sua estrutura. A observação destas formas de intervir ao longo do tempo, oferece uma perspectiva, embora local, da evolução histórica das práticas construtivas associadas à intervenção no património arquitectónico. Este artigo pretende mostrar essas formas de atuar no património, numa diacronia alargada, entre a Época Moderna e a contemporaneidade, com especial atenção ao último período, justificada pela informação disponível, mas sobretudo pela alteração sentida num caso específico, a Igreja de S. Salvador de Travanca, em Amarante. Elas foram realizadas maioritariamente a cargo da Direção Geral de Edifícios e Monumentos Nacionais, organismo que levou a cabo diversas intervenções no património nos seus 78 anos de existência, com práticas e metodologias de intervenção várias, correspondentes à tecnologia e ideologia patente na altura em que foram realizadas, constituindo-se uma amostra da evolução das formas de atuar e de construir no património arquitectónico medieval português. A aproximação inovadora deste estudo encontra-se na observação in loco de algumas dessas opções construtivas, quando se realizou a última intervenção na igreja, entre 2013 e 2014. Procura-se compreender os distintos sistemas construtivos utilizados e a sua relação temporal com o conhecimento técnico existente na altura da sua aplicação, assim como o confronto físico e espacial que exerceram no objecto arquitectónico.

Palavras-chave: sistemas construtivos; conservação; património arquitectónico.

1. INTRODUÇÃO

O Mosteiro de Travanca é classificado como Monumento Nacional desde 27.01.1916[1] e encontra a sua fundação no século XI (Silva, 2012:7), localizando-se no concelho de Amarante. A igreja encontra-se canonicamente implantada, desenvolvendo-se a sul as dependências monásticas e a norte o terreiro de acesso, o espaço cemiterial e a torre senhorial, que em tempos teve a função de torre sineira.

A consulta de diversos arquivos (Silva, 2012: 5-6) permitiu conhecer a evolução dos sistemas construtivos e materiais utilizados nas várias intervenções de reparação, reforma, restauro, beneficiação e conservação do edifício da igreja, assim como a sua observação nas obras de conservação e salvaguarda levadas a cabo nos anos de 2013 e

[1] *Decreto n.º 2 199, DG, I Série, n.º 16, de 27-01-1916.*

2014. Estas intervenções refletem de algum modo as formas e evolução da intervenção no património em Portugal, decorrentes em grande parte do conhecimento técnico e materiais disponíveis na altura da sua execução e/ou compatíveis com o objecto arquitectónico, mas também uma forma muito própria de construir e de atuar no Património. A análise faz-se através da leitura dos dados referentes às intervenções realizadas na história do monumento, com especial ênfase no vigor construtivo e reconstrutivo que aconteceu ao longo dos séculos XVI a XIX, até à contemporaneidade. O seu objectivo é acrescentar conhecimento à evolução da construção em Portugal, nomeadamente na intervenção no património arquitectónico.

2. A IGREJA NA ÉPOCA MEDIEVAL

A análise histórica permite-nos afirmar a existência de elementos reaproveitados de outras construções na construção da igreja do Mosteiro de Travanca que chegou até nós. Carlos Alberto Ferreira de Almeida data a atual construção em meados da primeira metade do século XIII, reconhecendo a existência de elementos românicos mais antigos, que atribui à segunda metade do século anterior. Esta disparidade de datas em relação à data da sua fundação ocorre pela possível construção e/ou ampliação do templo original com o reaproveitamento de elementos de construções anteriores, como atestam os inúmeros elementos técnico-estilísticos distintos ao nível das impostas, dos capitéis e das bases das colunas (Almeida, 1986: 100), mas que também podem significar a perduração no tempo do estaleiro construtivo. No entanto, sondagens arqueológicas realizadas em 2012, junto à parede norte e no alinhamento do primeiro tramo das naves, confirmaram a existência de duas fases de obra da Igreja (Fontes, 2012: 4-5). A fase mais antiga revelou um aparelho de boa qualidade, formada por blocos de granito bem esquadriados e dispostos em fiadas horizontais regulares, enquanto que a fase seguinte, revelou uma qualidade do aparelho inferior, formada por blocos de granito de maiores dimensões e diferentes alturas.

A planta da igreja é composta por três naves com quatro tramos e cobertura de madeira assente em arcos diafragma (fig. 1). A cabeceira é composta por dois absidíolos abobadados de planta semicircular que ladeiam uma capela-mor hoje profunda e retangular, derivada de uma ampliação realizada na Época Moderna, sendo ainda possível observar o seu arranque primitivo junto ao arco-cruzeiro. Estes vestígios permitem-nos aventar que a capela-mor primitiva seria circular e mais alta que os dois absidíolos e composta por dois andares (Rosas, 2014: 247). As naves laterais possuem dois portais, um do lado norte destinado ao serviço público e a sul, um outro de acesso à sacristia, tendo servido também de ligação à parte monástica. O portal principal da nave central apresenta um singular trabalho de excelente técnica de cinzel com temas decorativos semelhantes aos que se encontram no românico da bacia do rio Sousa, mas também nas bacias do Tâmega e Douro, e Coimbra (Rosas, 2014: 249-250), mostrando a itinerância dos escultores da época bem como dos motivos escultóricos.

Relativamente à imagem que a igreja poderia ter tido na época medieval, esta deveria situar-se próxima da descrição que é feita em 1568 (Ferro, 1987: 191-192), com três naves, uma abside e dois absidíolos abobadados, o corpo lajeado e com cobertura de duas águas, não muito distinto do que hoje nos é dado a observar, com exceção da capela-mor. É ainda referida a existência de uma galilé de três naves, que desapareceu no tempo, assim como a existência da torre, com funções de torre sineira, e pela qual se tinha serventia para o coro-alto da igreja, o qual também comunicava com o corpo principal do mosteiro.

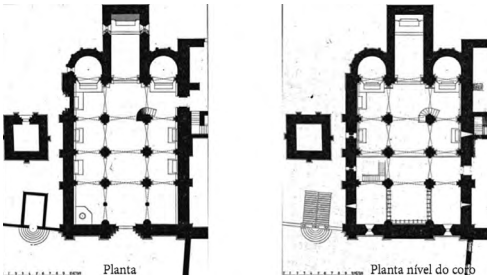


Fig. 1 - Plantas antes das obras da DGEMN de 1929-39.

3. A IGREJA NA ÉPOCA MODERNA

No ano de 1568, o texto referido anteriormente considerava a igreja muito velha e antiga, denotando um avançado mau estado de conservação geral. Constata-se que entre o século XVI e XIX a igreja foi sofrendo frequentes intervenções, com maior ou menor impacto na sua estrutura, embora sem grandes alterações na fábrica românica, especialmente através da realização de adaptações com novas espacialidades como resposta às necessidades crescentes das comunidades monástica e laica, e às orientações normativas e litúrgicas decorrentes do Concílio de Trento (1545-1563). Em 1662 (Silva, 2012:14), a cobertura de madeira e telha foi reformada, como tinha sido ordenado em 1648, referindo-se que chovia na igreja. Embora não seja possível afirmar com segurança a manutenção da maioria dos elementos arquitectónicos, a descrição da necessidade de obras e da imagem daí resultante revela a manutenção dos sistemas construtivos, nomeadamente as armações de madeira dos telhados, os pavimentos em lajeado e as paredes autoportantes em alvenaria de granito. A referência produzida em 1801, sobre a colocação de um telhado à "mourisca" no cartório (Silva, 2012: 18), na dependência monástica, refere-se à alteração do sistema construtivo, ou pelo menos do revestimento, em clara alusão à telha mourisca ou de canudo, talvez colocada de forma semelhante à existente nas coberturas da igreja.

As frequentes intervenções levadas a cabo na Época Moderna, referidas anteriormente, contribuíram para a imagem da igreja que pôde ser observada no início do século XX, antes da campanha de restauro levada a cabo pela Direcção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais (DGEMN) entre 1929-39. O Boletim nº 15 (Castro, 1939), dedicado ao registo das obras, descreve os espaços exteriores (fig. 2) e interiores (fig. 3) do templo, muito distintos dos que agora podemos observar. Eles ofereciam uma imagem oriunda dos cânones maneirista mas também muito presa às fórmulas barrocas, visível não só nas formas e revestimentos dos elementos arquitectónicos como no património móvel integrado. O revestimento branco das paredes argamassadas e dos tectos revestidos a estuque, simulando aparatosas abóbadas de mármore branco, por vezes ornamentadas, embora não alterassem a espacialidade medieval, ofereciam uma vivência distinta, agora não tanto de introspeção mas antes de contemplação, própria da Época Moderna. A cor surgia nos elementos móveis, como nos "sete altares de madeira", "três ao longo da parede norte, dois juntos da parede sul, um no absidíolo deste mesmo lado e outro na Capela-mor" (Castro, 1939:26), na escultura, pintura, pintura mural e demais elementos distribuídos no seu espaço interior.

Assim, a acústica resultante da sobreposição destes elementos seria muito distinta da que hoje podemos observar e escutar. O som proveniente dos órgãos existentes no coro (referidos em 1644), em conjunto com as vozes humanas, interagia de "múltiplas formas com as espacialidades entretanto modificadas" (Rosas, 2014:263), provocando certamente, interações com o espaço diferentes das que temos atualmente.

4. O RESTAURO DE 1929-39

O restauro levado a cabo pela DGEMN entre os anos de 1929 e 1939, consistiu numa ampla reforma do templo e da torre do Mosteiro de

Fig. 2 – Fachada principal da igreja antes dos trabalhos da DGEMN.

Fig. 3 - Interior da igreja antes dos trabalhos da DGEMN, em 1918.

Travanca, porque este foi considerado um edifício com legitimidade para ter um "lugar entre os monumentos que de algum modo constituem os alicerces da nossa História" (Castro, 1939: 16). Estes trabalhos procuraram essencialmente recuperar a génese medieval do monumento, através da suspensão dos elementos considerados transformadores da sua legibilidade, com uma reintegração estilística, considerada a tendência de restauro mais importante nesta época (Tomé, 1998: 18,20). O valor histórico adquire, neste caso, uma preponderância sobre o valor artístico, sendo a intervenção de restauro "norteada pelo propósito de lhe assegurar mais longa e dignificadora existência, se não logrou refazer completamente o edifício primitivo, conseguiu todavia fortalecer, com as mais prudentes obras de correção e harmonização estética, as nobres tradições arquitectónicas e religiosas que o atual edifício representa" (Castro, 1939: 22-23).

Assim, foram desmontados e apeados os altares, considerados "sem nenhum valor" (Castro, 1939: 25), desmantelado o coro alto e removido todo o revestimento em estuque dos tectos e rebocos de argamassa das paredes exteriores (fig. 4) e interiores (fig. 5), "bem como dos pilares, bases, capitéis, arquivoltas, etc., pondo a descoberto a preciosa ornamentação românica subsistente" (Castro, 1939: 26). O pavimento também foi rebaixado e lajeado a granito (fig. 6), mas antes ainda recebeu um soalho, como se pode observar na figura 5. As janelas que foram abertas na Época Moderna, no frontispício da igreja, também foram substituídas por estreitas frestas, de acordo com o ambiente medieval que se pretendia reintroduzir no templo, como se pode comparar nas figuras 2 e 4. Relativamente às coberturas, houve a demolição de toda a armação da cobertura da igreja e "construção de outra, nova, em madeira de castanho, segundo os elementos encontrados, para ficar à vista" e a "reconstrução completa dos telhados, com a telha existente na cobertura e telha românica nos canais" (Castro, 1939:26), como era usual nesta época.

Estas descrições permitem compreender que a armação de madeira que foi introduzida nas coberturas da igreja pretendeu replicar a estrutura existente, não só ao nível do material utilizado como das secções e do sistema construtivo, até ao revestimento final em telha de barro, reutilizando a telha designada de canudo, canal, nacional ou mourisca, em forma de meia cana, para a capa, e nova telha românica ou romana, formada por uma superfície plana, para os canais. Também o lajeado de granito, empregue no pavimento, poderia ter seguido este princípio, com a utilização de peças com dimensões semelhantes às dimensões

Fig. 4 – Fachada principal da igreja depois dos trabalhos da DGEMN, em1939 .

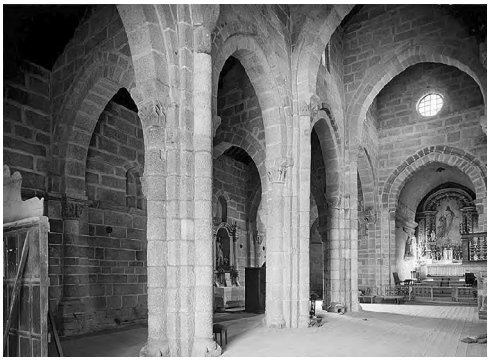


Fig. 5 – Interior da igreja depois dos trabalhos da DGEMN, em 1932, onde ainda se observa o pavimento em soalho.

das primitivas. Estas reutilizações de materiais e princípios construtivos permitem-nos aventar que houve a intenção, somente nestes elementos arquitectónicos, de dar continuidade aos sistemas construtivos e materiais existentes na igreja, oriundos na sua maioria da Época Moderna, mas que também nessa época já tinham sido objeto de manutenções sucessivas, com substituição pontual de materiais. Vários outros trabalhos foram realizados nesta ampla operação de restauro, destacando-se as obras na torre, "no sentido de enfatizar o seu pretenso carácter militar" (Rosas, 2014:272), demolindo-se a sineira e construindo-se uma nova, isolada, no adro, devolvendo-se à primeira "o seu imponente aspecto primitivo, livre para sempre do mirante sineiro e de novo senhora das ameias que perdera" (Castro, 1939: 22), como se observa na figura 4. Para além disso, foi também demolido o passadiço em pedra, formado por um arco, que ligava a torre (à altura do segundo piso) à parte alta da nave central, com acesso direto ao coro-alto de madeira, reforçando a sua independência e monumentalidade, já que esta torre é uma das mais elevadas da nossa medievalidade. Ainda no exterior da igreja, foi rebaixado todo o pavimento envolvente à igreja e torre, realizado um corte no cemitério e mudadas as capelas e campas que existiam junto ao corpo da igreja, confirmando-se a existência de enterramentos da Época Medieval nas sondagens arqueológicas realizadas em 2012 (Fontes, 2012:2-3).

5. AS REPARAÇÕES DA SEGUNDA METADE DO SÉC. XX

No decorrer do século XX foram realizadas diversas obras de conservação, no sentido de manter a grande campanha de restauro realizada anteriormente. Elas voltaram-se essencialmente para a reparação dos telhados, substituição de madeiramentos e electrificação e sonorização do edifício da igreja.

Em 1949 deu-se início aos trabalhos de reparação dos telhados da igreja, com a substituição de telhas, agora assentes com argamassa hidráulica e reparação dos rufos de vedação em zinco, trabalhos que prosseguiram em 1952 no telhado encostado ao edifício do mosteiro (Silva, 2012: 38-39). No ano de 1955, os madeiramentos existentes foram substituídos por madeira de carvalho, junto à porta lateral sul (Silva, 2012: 40). Estes trabalhos prosseguiram em 1958, 1959 e 1963, com a reconstrução do telhado da nave lateral sul, realizando-se novos madeiramentos com madeira de carvalho e forro e ripado em madeira de castanho, mas executados conforme os existentes. O tratamento das madeiras foi

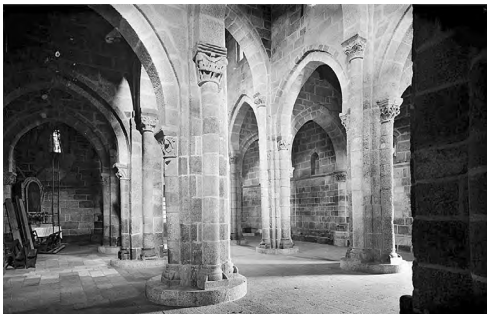


Fig. 6 – Interior da igreja depois dos trabalhos da DGEMN, em 1939, com pavimento em lajeado.

dado através de carbonilamento, com rufos em zinco (Silva, 2012: 41). Em 1965 é referido pela primeira vez a execução de trabalhos referentes à instalação eléctrica[2] da igreja, já que esta não possuía qualquer tipo de electrificação anteriormente. Em 1967, os trabalhos de reparação dos telhados contemplaram a reparação com barrotes iguais aos existentes, mas com forro e ripado de pinho, nas duas naves laterais. Assim, embora as secções e armação tivessem mantido a fisionomia anterior, as madeiras iam sendo substituídas. Em 1968, no decorrer desta intervenção, foi realizada a reconstrução parcial da nave lateral norte, cuja armação se encontrava escorada. Os trabalhos consistiram na remoção da telha e colocação de nova, na nave lateral poente, com reaproveitamento das telhas inteiras tipo "romana" existentes em canais. No entanto, é referido no orçamento da empreitada, pela primeira vez em todo o edifício, a utilização de betão na "construção do frechal de cimento armado para apoio da nova armação do telhado dos três vãos-ente-arcos do corpo dianteiro, compreendendo a abertura de roços, a execução da cofragem" e a construção de "esteira em laje de tijolo armado com elementos de betão

[2] *Programa de concurso, memória e orçamento para a empreitada "Igreja de S. Salvador de Travanca – Instalação Eléctrica", 12 e 15 de Junho de 1965.*
S.I.P.A., Mosteiro de Travanca. PT DGEMN:DSMN/SE-0019/01, 1956.

Fig. 7 – Arranjo da cobertura, com aplicação de argamassa hidrofugada sobre esteira em laje de tijolo armado. Alberto da Silva Bessa, 1968.

pré-fabricado em armação de telhado dos três-vãos-entre-arcos dianteiro, incluindo a camada de compressão na espessura total de 0,10m, a abertura de roços (...) pronta a impermeabilizar e receber telha de cobertura"[3]. A impermeabilização desta esteira de betão era realizada através da utilização de argamassa hidrofugada, trabalho que se pode observar na figura 7.

A telha utilizada nesta intervenção era a telha romana nos canais e do tipo nacional nas capas, "patinada", com ripado em argamassa de cimento, com o assentamento das telhas através do uso de argamassa de cal hidráulica e areia. A substituição dos rufos continuou a ser feita em zinco. Os madeiramentos da armação do telhado mantiveram-se sob esta esteira de betão, tendo sido realizada uma infusão através da utilização de óleo de linhaça fervido, com uma demão na face oculta e duas demãos na face visível. Este procedimento

[3] *Orçamento para "Igreja de Travanca – Amarante - reconstrução parcial do telhado da nave lateral poente", 27 de Abril de 1968 .*
S.I.P.A., Igreja do Mosteiro de Travanca: processo de obras. PT DGEMN:DSARH-010/026-0002, 1967.

Fig. 8 – Arranjo da cobertura da capela-mor, M.P.C., 1972.

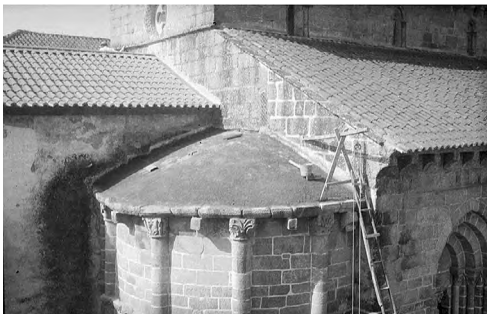


Fig. 9 – Reconstrução da cobertura do absidíolo, M.P.C., 1973.

foi replicado na nave lateral oposta. Em 1972, refaz-se o telhado da capela-mor com o mesmo sistema construtivo (fig. 8), com frechal em betão e "esteira de pranchas tipo T5 de material aligeirado pré-esforçado, assente e incluindo a tomada de juntas e a execução de ripado com argamassa de cimento e areia", tendo sido substituídas as telhas por telhas semelhantes, patinadas. A cintagem em betão armado foi realizada com o objectivo de travação das paredes onde descarrega a abóbada de volta inteira em cantaria. Em 1973, com igual procedimento, realizaram-se os trabalhos de reconstrução das coberturas dos absidíolos, como se pode verificar na figura 9.

A conservação da pedra realizada em 1984, compreendeu a limpeza dos paramentos com "a aplicação de escova de arame com lavagem com água e a aplicação de silicone a duas demãos sobre superfícies de granito"[4]. Estes trabalhos realizaram-se pela inserção do imóvel numa zona húmida, sujeito à proliferação permanente de musgo, líquenes e outras substâncias vegetais, "que para além de tornarem desagradável o seu aspecto estético também afectam substancialmente todas as alvenarias de granito, em especial nas áreas menos expostas"[5].

Em 1985, é utilizado pela primeira vez, nos trabalhos de recuperação das coberturas da nave central e da capela-mor, o "forro em Platex de 5 mm, assente em escama e previamente humedecido, compreendendo fornecimento e aplicação de ripado de carvalho"[6]. Os madeiramentos são imunizados através da utilização de óleo fervido para consolidação dos madeiramentos de suporte da telha cerâmica. A telha utilizada passa a ser a telha nacional dupla, assente com argamassa hidrofugada. Os rufos de zinco são pintados a tinta de óleo[7]. As obras prolongaram-se por 1986, agora localizados nas coberturas da nave lateral esquerda e nos absidíolos colaterais (Silva, 2012: 46).

Estes trabalhos retratam a evolução dos sistemas construtivos utilizados no decurso da segunda metade do século XX, onde se começaram a ter cuidados na estabilização das paredes autoportan-

[4] *Medições e orçamento para a obra "Igreja e Mosteiro de Travanca – Amarante – Conservação da pedra nalgumas áreas do imóvel", 20 de Agosto de 1984*
S.I.P.A., Igreja, Mosteiro e Torre de Travanca: Obras. PT DGEMN:DSID-001/013-1818, 1936.

[5] *Idem.*

[6] *Medições e orçamento para a obra "Mosteiro de Travanca – Igreja e Torre – Amarante – continuação dos trabalhos de reparação das coberturas", 1 de Abril de 1985*
S.I.P.A., Igreja, Mosteiro e Torre de Travanca: Obras. PT DGEMN:DSID-001/013-1818, 1936.

[7] *Memória da obra "Mosteiro de Travanca – Igreja e Torre – Amarante – continuação dos trabalhos de reparação das coberturas", 15 de Abril de 1985*
S.I.P.A., Igreja, Mosteiro e Torre de Travanca: Obras. PT DGEMN:DSID-001/013-1818, 1936.

Fig. 10 – Trabalhos de demolição das coberturas da igreja realizados em 2013, onde se observou a utilização das placas de Platex referidas nos trabalhos de 1985.

Fig. 11 – Trabalhos de demolição e remoção da laje e madeiramentos apodrecidos da nave lateral norte, em 2013.

tes com a utilização de cintas de betão e esteiras pré-fabricadas, assim como a utilização de subtelha, o forro em Platex, conforme se constatou em 2013, nos trabalhos de demolição das coberturas da igreja, figuras 10 e 11. A introdução de elementos construtivos à base de betão, utilizados a partir de 1968, reflete o conhecimento técnico sobre o material disponível na altura da sua utilização, devido à sua especial vocação para consolidar os coroamentos dos muros do edifício, mas sem grande atenção às cargas excessivas e impulsos que esta sobrecarga iria provocar nesses mesmos muros, visíveis em 2013 nas várias fissuras existentes nos muros do 2º andar da nave central. A utilização de um forro separador da laje dos elementos cerâmicos, mencionado pela primeira vez em 1985, demonstra igualmente o conhecimento dos técnicos da DGEMN na necessidade de introduzir elementos de separação entre materiais distintos, bem como na necessidade crescente de aplicar os elementos cerâmicos sobre ripado de madeira, a seco, sistema que foi sendo implementado nos anos seguintes, para uma maior longevidade dos mesmos. O contacto destes elementos cerâmicos com argamassas, mesmo sendo estas feitas com cal gorda, cria pontos de humidade que provocam fissuras nos elementos cerâmicos no degelo, e promove a proliferação vegetal, como foi observado no início dos trabalhos em 2013. A substituição da telha romana pela telha de canudo, na zona do canal, a partir da década de oitenta, ocorre pela dificuldade de fornecimento, já que a telha produzida mecanicamente era a telha de canudo, deixando de se produzir artesanalmente a telha plana. A telha usada era normalmente dotada de pátina artificial, para harmonizar o contraste entre a telha nova e a telha proveniente das demolições efectuadas e frequentemente reaproveitada, normalmente a de canudo.

4. A CONSERVAÇÃO E SALVAGUARDA DE 2013-2014

O projeto de "conservação, salvaguarda e valorização do imóvel" desenvolvido em 2012 (Malheiro, 2012) centrou-se nas coberturas da Igreja, já que foi nelas que se detectou a necessidade premente de intervir.

Este projeto foi acompanhado pelo estudo histórico desenvolvido por Mariana Silva (2012) centrado na recolha de fontes, pela realização de sondagens arqueológicas realizadas por Luís Fontes (2012) e, pelo estudo de deterioração da pedra desenvolvido por Arlindo Begonha (2011). As deteriorações da pedra observadas no estudo realizado, "resultam principalmente da cristalização de minerais solúveis na rede porosa dos granitos" (Begonha, 2011: 85) podendo a origem ser atribuída "à água da chuva, ao barramento

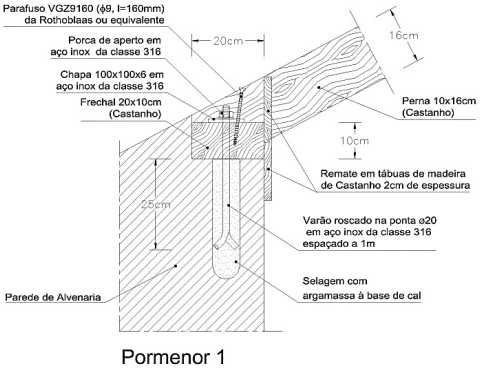


Fig. 12 – Ligação entre as vigas de madeira e as paredes portantes ao nível inferior.

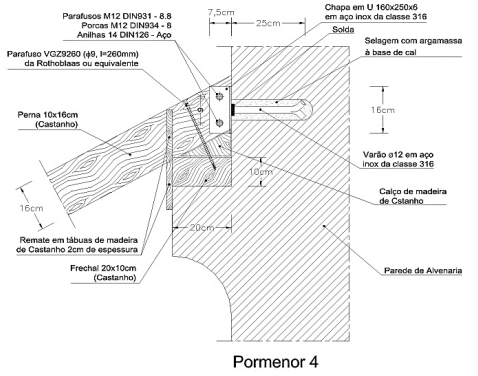


Fig. 13 – Ligação entre as vigas de madeira e as paredes portantes ao nível superior.

que existiu sobre a superfície das pedras, às águas freáticas, aos enterramentos e aos líquenes" (Begonha, 2011:87).

O procedimento realizado para a correção destas deteriorações consistiu na execução de uma drenagem periférica à igreja, através da construção de uma vala subterrânea, para contenção e desvio das águas pluviais. A pedra foi limpa com escova macia, "de modo a retirar a sujidade sem danificar o substrato pétreo" (Begonha, 2011:88) e as juntas foram preenchidas com argamassa à base de cal e areias siliciosas de granulometria adequada, com cor e textura semelhante aos elementos de granito. Finalmente, foram aplicados herbicida e biocida, produtos consolidante e hidrófugo. Relativamente às coberturas, o diagnóstico salientou a deterioração dos madeiramentos do forro do tecto, em especial na nave lateral norte, devido à utilização desse mesmo forro como leito de cofragem da laje. O revestimento cerâmico das coberturas encontrava-se igualmente muito deteriorado. As esteiras de betão, construídas em 1968, estavam a "produzir esforços nas paredes de apoio, facto que estava a produzir deformações acentuadas por fissuras verticais bem como na desamarração dos travamentos da estrutura autoportante" estando o "plano das coberturas destacado no encontro com os panos verticais, situação que provoca a entrada franca de águas pluviais no interior" (Malheiro, 2012:11-14). O projeto implementado contemplou a remoção de todo o revestimento cerâmico das coberturas da igreja, assim como a demolição das esteiras de betão armado das naves laterais da igreja, tendo-se optado pela manutenção dos frechais e das esteiras dos absidíolos e capela-mor, por não se ter detectado qualquer anomalia nas paredes autoportantes, devido aos tectos abobadados em granito. Nessa altura verificou-se que as paredes interiores que encimavam os arcos interiores da nave central não estavam travadas (imbrincadas) com as paredes exteriores. A intervenção em termos estruturais (Costa, 2012) consistiu em dar um funcionamento de "caixa" à construção, materializando-se a ligação entre todos os elementos estruturais, recorrendo-se a elementos metálicos e a novos materiais (ancoragens tipo Cintec) para a realização dessas ligações, figuras 12 a 15.

O princípio utilizado na intervenção dos elementos da armação em madeira seguiu a história do restauro e conservação do edifício, através da manutenção dos elementos encontrados em bom estado de conservação e substituição por elementos em madeira de castanho dos elementos fragilizados, obtendo um resultado final visível

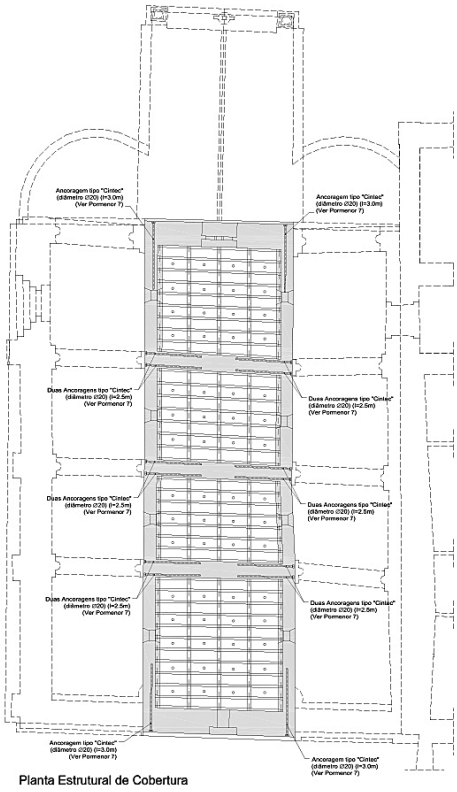


Fig. 14 - Planta estrutural das pregagens das paredes longitudinais com as transversais.

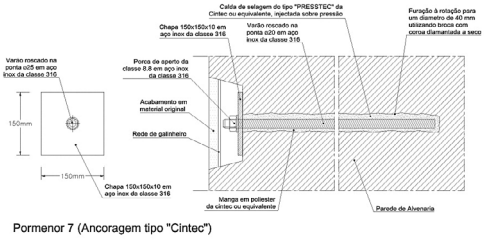


Fig. 15 - Pormenor da pregagem tipo CINTEC.

Fig. 16 - Amarração da estrutura de madeira de castanho por meio de elementos metálicos à alvenaria de granito, em 2013.

Fig. 17 – Ligação entre barrotes, por meio de chapas metálicas, ao nível da cumeeira.

pelo interior em tudo idêntico ao existente antes das obras, mas também a edifícios da mesma época existentes na região (Malheiro, 2014). Por outro lado pretendeu-se dar continuidade aos elementos estruturais, ligando-os todos entre si e procedeu-se a reforços pontuais para melhorar ligações, figuras 16 e 17.

Foi introduzido um novo forro em madeira de castanho, ripado em madeira de pinho tratado, com subtelha com tela transpirante, seguindo-se contra-ripado, idêntico ao ripado, onde assentou a telha cerâmica canudo Portuguesa aramada, grampeada em toda a sua extensão Os rufos foram realizados em chapa de zinco nº 14, patinada, para integração cromática nas alvenarias de pedra.

Para além destes trabalhos foram também realizadas uma nova rede de infraestrutura eléctrica, aplicadas novas luminárias de iluminação em led, nova sonorização e rede de detecção de incêndio

e segurança contra intrusão, em conjunto com novo mobiliário da zona de celebração e público, na nave, assim como foi recomendado o estudo integral dos bens integrados para posterior intervenção. Nos pavimentos da nave, embora se tenha detectado manchas de humidade que resultaram do "assentamento do lajeado de granito no terreno" com "total ausência de ventilação do tardoz das lajes" não foi possível resolver por limitações financeiras", tendo apenas sido removidas as argamassas de juntas de cimento Portland, onde este trabalho foi possível realizar sem danificar a pedra, e refechadas com "argamassa de cal e areia", mantendo "uma malha de juntas sem preenchimento" (Malheiro, 2012:14) para ventilação e evaporação de humidade ascensional.

5. CONCLUSÃO

Os trabalhos levados a cabo na Igreja de S. Salvador de Travanca, ao longo da sua existência, consistiram sobretudo na manutenção dos sistemas construtivos principais do imóvel, como a cobertura, alvenaria autoportante e pavimentos. No decorrer da Época Moderna, entre os séculos XVI e XIX, a esses trabalhos de manutenção juntaram-se novas construções, essencialmente de novos revestimentos, que transformaram a imagem medieval em maneirista com sabor barroco. Esta transformação de imagem ocorre pela introdução de uma coreografia espacial mais complexa, com ligações aéreas entre o coro alto, a torre exterior e o mosteiro anexo, mas também com as abóbadas e revestimento integral de paredes caiadas. No entanto, parece sempre ter havido uma manutenção dos sistemas construtivos elementares da construção primitiva, que iam sendo lentamente substituídos, como dão conta os inúmeros relatos do mau estado de conservação da igreja. É pois, no século XX, que se dá uma inversão radical da imagem do monumento, com o restauro integral assente na reintegração estilística, que procurou recuperar a génese medieval do monumento. Esta ampla campanha, que se desenvolveu por vários anos, para além da remoção de praticamente todas as obras realizadas no decorrer da Época Moderna, procurou efetuar a manutenção dos elementos que constituíam as coberturas e pavimentos do imóvel, na tentativa de uma continuidade construtiva fiel à sua génese. Na segunda metade do século XX várias obras foram sendo realizadas, essencialmente de manutenção dos sistemas construtivos empregues na operação de restauro, tendo sido introduzido o betão para consolidação e amarração da estrutura autoportante em granito, na década de sessenta, onde este sistema começava a vigorar na construção em Portugal. Esta introdução de um novo material comprovou a sua incompatibilidade com as alvenarias de granito, facto que levou à sua remoção. A amarração das estruturas autoportantes do edifício fizeram-se em 2014, através da armação de madeira, sistema menos pesado e próximo da construção original. A estes sistemas alia-se agora o conhecimento científico, com a realização de estudos que diagnosticam a construção, permitindo encontrar soluções que não entrem em conflito com os sistemas construtivos do monumento. A introdução de novos elementos, como a subtelha, bem como a construção a seco, são uma tendência que se pretende implantar, pela natural necessidade de ventilação das construções aéreas, mas também pelo pouco impacto que têm sobre a pré-existência, condição *sine qua non* para a sua perdurabilidade.

A partilha de experiências de construir e intervir no património mostram que estas se transmitiram de forma empírica durante grande parte da vida dos imóveis, mas sempre com uma grande fidelidade ao edifício. Neste imóvel houve sempre uma procura de criar uma simbiose natural entre o novo e o velho, embora, nesta como noutras igrejas medievais, num determinado momento do século XX, a história se tenha sobreposto à arte que o edifício acumulou no decurso da sua

vida e das pessoas que com ele conviveram. A continuidade destas análises com estudos de intervenções realizadas em outros imóveis, permitirá a compreensão da história da intervenção no património em Portugal, inserida numa área mais abrangente, a história da construção.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, Carlos Alberto Ferreira de. 1986. *O Românico. História da Arte em Portugal*. Volume 3. Lisboa: Publicações Alfa.

Begonha, Hugo Novais Arlindo. 2011. *Estudo das deteriorações da pedra no Mosteiro de Travanca: Relatório Final: nº11/003*. Porto. Laboratório de Ensaio de Materiais de Construção (LEMC), Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP).

Castro, João de, texto. 1939. "A Igreja de S. Salvador de Travanca". *Boletim da Direcção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais*. Nº 15.

Costa, Aníbal. 2012. *Igreja do Mosteiro de Travanca, Porto, Amarante, Travanca: Projeto de estruturas para a conservação, salvaguarda e valorização do imóvel- projeto de execução*. Porto.

Ferro, Adérito Gomes Ferreira Paulo. 1987. *Inquérito à vida dos mosteiros na Arquidiocese de Braga sob D. Fr. Bartolomeu dos Mártires*. In "Actas do II Encontro sobre História Dominicana". Vol. III. Tomo III. Porto: Arquivo Histórico Dominicano Português.

Fontes, Luís. 2012. *Mosteiro de São Salvador de Travanca: trabalhos arqueológicos de sondagens, levantamentos e acompanhamento: 1º relatório de progresso*. Braga/Travanca: Universidade do Minho.

Malheiro, Miguel (coord. geral). 2012. *Igreja do Mosteiro de Travanca, Porto, Amarante, Travanca: Projeto de arquitectura para a conservação, salvaguarda e valorização do imóvel- projeto de execução*. Porto: Miguel Malheiro. Texto policopiado.

Malheiro, Miguel. 2014. *Intervenções em coberturas medievais em madeira: tradição e contemporaneidade*. In "Livro de Atas do Seminário Intervir em construções existentes de madeira". Guimarães, Escola de Engenharia, Campus de Azurém: Universidade do Minho.

Rosas, Lúcia (coord.). 2014. *Rota do Românico*. Vol. 2. Lousada: Centro de Estudos do Românico e do Território.

Silva, Mariana. 2012. *Estudo de história do Mosteiro de Travanca, Porto, Amarante, Travanca*. [Porto: s. n.]. Texto policopiado, 2 vols.

Tomé, Miguel Jorge B. Ferreira. 1998. Património e restauro em Portugal: 1920-1995. Porto: Faculdade de Letras da Universidade do Porto.

Vasconcelos, Joaquim de. 1918. *Arte Românica em Portugal*. Porto: Marques Abreu.

As Abóbadas de Combados da Sé de Braga e da Igreja do Convento de Jesús de Setúbal

Genin, Soraya M.[(1)]*
[(1)]*Soraya.genin@iscte.pt*
**Departamento de Arquitetura e Urbanismo, ISCTE- Instituto Universitário de Lisboa*

RESUMO

A atribuição da autoria da abóbada da capela-mor da igreja do convento de Jesús de Setúbal tem sido polémica. Os Historiadores da Arte dividem-se entre Diogo Boitaca (c. 1460-1528), sobretudo baseados nas crónicas de Soror Leonor de São João, e João de Castilho (c. 1470-1552), por comparação arquitetónica com a abóbada da capela-mor da Sé de Braga.
A abóbada de Sé de Braga está documentada como a primeira abóbada de combados (nervuras curvas entre chaves) construída em Portugal, por João de Castilho. Relativamente à abóbada de Setúbal, os dados são insuficientes: as crónicas datam de 1630, mais de 100 anos após a construção da igreja, e as análises arquitetónicas baseiam-se apenas na observação visual, carecem de provas.
Este artigo apresenta a análise histórica e arquitetónica das duas abóbadas, desenvolvida no âmbito da tese de doutoramento "Voûtes à nervures Manuélines. Le caractère innovant de João de Castilho", concluida em 2014. Analisamos a informação bibliográfica; identificamos a origem e influência da tipologia de combados usada em Setúbal, a partir de um inventário de quase mil abóbadas europeias; analisamos a geometria e os métodos de conceção e de construção das abóbadas, a partir de levantamentos arquitetónicos e com base nos métodos indicados por Hernán Ruiz (1500-1569) e Rodrigo Gil de Hontañón (1500-1577).
Os resultados contribuem para a questão histórica relativa à atribuição da abóbada da capela-mor da igreja de Setúbal. Confirmam a sua semelhança com a abóbada da Sé de Braga, nomeadamente no traçado e no método de construção, características espanholas e de João de Castilho. A metodologia usada para a análise arquitetónica, contribui para questões técnicas e de interesse internacional, relativas ao método de traçado e de construção de abóbadas góticas.

Palavras-chave: abóbadas; combados; traçado; construção; Sé de Braga; Convento de Jesús;

1. ANÁLISE HISTÓRICA / ARQUITETÓNICA

A ABÓBADA DA CAPELA-MOR DA SÉ DE BRAGA

A abóbada da capela-mor da Sé de Braga é composta por dois tramos, com planta retangular chanfrada nos cantos. Os tramos são limitados por mísulas, de onde partem ogivas e *tiercerons* em forma de estrela. Os combados formam figuras em torno da chave central: no tramo principal, um círculo rodeado por oito folhas, e nervuras

côncavas e convexas dispostas a 45º. No exterior os contrafortes estão posicionados perpendicularmente às nervuras principais, as transversais e diagonais. A divisão dos tramos é nítida devido à forma arredondada da abóbada (Fig. 1a).

Combados são nervuras curvas em planta, que ligam chaves (Goitia, 1951, p. 133).

Este tipo de abóbada de combados trazido do norte de Espanha para Portugal, por João de Castilho e outros Mestres biscainhos, tornou-se uma das características da Arquitetura Manuelina.

Para Mendes Atanázio a vinda dos biscainhos, para erigir a capela-mor da Sé de Braga e outras obras, deve-se a D. Diogo de Sousa, Bispo do Porto (1495) e Arcebispo de Braga (1505-1532), que estudou na universidade de Salamanca, e estava atualizado com a arte do Humanismo italiano. O arcebispo partiu para Itália antes de 1493 e em 1505, em duas embaixadas enviadas pelo rei (Atanázio 1984, p.28).

O Memorial de D. Diogo de Sousa (1460-1532), feito poucos anos após a sua morte refere que "foi esta a primeira capela de abóbada de combados de aljeroz de pedraria que se fez em Portugal até aquele tempo" (Atanázio 1987, p. 260). A capela-mor data de 1509, conforme inscrição na sua fachada. Um documento de 2 de Julho de 1511, relativo à igreja de Vila do Conde, atribui a obra a João de Castilho, "mestre da capela maior de Braga" (Sá 2009, p. 286).

Pires de Oliveira, baseando-se no memorial do arcebispo, descreve as obras efetuadas por João de Castilho: "Refez totalmente a capela-mor; alterou o portal principal (…) fez levantar os quatro arcos do cruzeiro à altura dos das naves que os defrontavam (…) Mandou precintar a velha capela-mor antes de se decidir a mandar fazer a nova; estruturou melhor a base das paredes interiores das naves, do coro, das torres, da fachada (…)" (Oliveira 2004, pp. 14-16).

A ABÓBADA DA CAPELA-MOR DA IGREJA DO CONVENTO DE JESÚS

A igreja de Jesus de Setúbal é a primeira "hallenkirshe" em Portugal. Incluímos esta igreja num grupo de seis igrejas-salão, caracterizadas pela forma de abóbada de berço: a igreja do convento de Jesús, a Sé de Viseu, a igreja de Freixo de Espada-à-Cinta, a igreja de Arronches, a igreja da Torre de Moncorvo e a igreja do mosteiro dos Jerónimos. A análise arquitetónica das abóbadas indica um processo evolutivo do arquiteto (João de Castilho) na conceção da forma. Nas últimas cinco igrejas, a abóbada é definida por um único *rampante redondo* sobre as três naves, tipologia única na Europa (Genin 2009).

Rampante é um termo espanhol, usado para designar a forma do eixo da abóbada, curva (*rampante redondo*) ou plana (*rampante llano*). Os Mestres mais tradicionais (Juan de Álava, Juan de Badajoz el Viejo et Francisco de Colonia) preferiam o *rampante* plano, ou pouco *rampante*, enquanto os mestres modernos (Juan Gil de Hontañón, Juan de Resines et Enrique Egas) eram partidários do *rampante* redondo, solução inovadora do final do século XV (Goitia, 1951, p. 131)

A capela-mor da igreja de Setúbal é também coberta por uma abóbada contínua entre os tramos, graças a um *rampante redondo* longitudinal, materializado por uma cadeia (nervura do topo da abóbada). No sentido transversal o *rampante* é igualmente redondo. A planta é retangular, chanfrada por duas trompas. As nervuras principais, ogivas e *tiercerons*, são ornamentadas com cordas e descarregam em mísulas. Os combados formam arcos conopiais em torno da chave principal (Fig. 1b).

A primeira pedra do convento foi benzida pelo bispo D. Diogo Ortiz (1457-1519), bispo de Ceuta que depois veio a ser bispo de Viseu em 1505. Em 1490, quando o rei D. João II (1455-1495) visitou o local, achou a construção exígua e mandou suspender os trabalhos, para ampliar

o convento, fazendo-se novos alicerces em 1500. Após a morte do rei, o seu sucessor, D. Manuel I (1469-1521) mandou efetuar diversas alterações interiores, a pedido de sua ama Justa Rodrigues fundadora franciscana do convento, incluindo o abobadamento da nave, que estava prevista ser construída em madeira. Os alicerces teriam "doze palmos de espessura" (Vieira da Silva 1987, p. 35).

A traça da igreja de Jesús é normalmente atribuída ao mestre Boitaca, (ou Boutaca), de acordo com o "Tratado da antiga e curiosa edificação do convento de Jesus, de Setúbal", escrito no ano de 1630, por Soror Leonor de São João, que refere muitas vezes e de forma inequívoca, Boitaca como tendo sido o criador da traça do convento. Reinaldo dos Santos refere também um documento da Chancelaria de 26 de Março de 1498, que concede a Boitaca, 'mestre de pedraria', uma tença de 8.000 reais por ano pelos serviços prestados, de seu oficio e «bem assim na obra do Mosteiro de Jesus de Setúbal que ai, mandou fazer Justa Roiz minha ama» (Reinaldo dos Santos, 1952, p. 21).

Pedro Dias veio contestar a atribuição da obra a Boitaca, que na sua opinião deriva de erros da crónica de Frei Jerónimo de Belém. A capela-mor original terá sido destruída para dar lugar à atual, típica da construção biscainha introduzida em Portugal nos finais do séc. XV, divulgada sobretudo pelos irmãos Castilho. Sugere três fases de construção da igreja: primeira fase, do séc. XV, construção apenas das paredes laterais do corpo, fracas para sustentarem uma abóbada; segunda fase, da primeira década de 1500, demolição da capela-mor e substituição pela atual; terceira fase, reforço das paredes e construção dos pilares, quando se resolveu levantar uma abobada, embora as paredes sejam discordantes da implantação dos pilares e da estrutura da abobada (Dias 1978, pp.63-72).

Segundo José Custódio Vieira da Silva, Pedro Dias desconhece o manuscrito de Soror Leonor de S. João, com que se baseia para a atribuição que faz a Boitaca e cita-o parcialmente. «Era uindo das ltalias às obras delRey Dom Joao, pella fama do seu engenho», exigindo-lhe este monarca que a igreja de Setúbal fosse «de pedraria mui sumptuosa, e na forma que tinha debuxado e assim o está». E é ainda D. João II que «a tarde andou com a fundadora, e Mestre Boutaca medindo de quantos pés auia de ser a Claustra do Mosteiro em largo, e de quantos em comprido». Sucedendo-lhe D. Manuel, que mandou chamar Mestre Boitaca e ordenou-lhe que fizesse o corpo da igreja de três naves e com cobertura de abobada: «respondeo o Mestre que assi seria e assi a tinha debuxada por lhe ser mostrado em sonhos nas Italias». A última referência diz respeito ao ano de 1500: «seguindo Mestre Boutaca as obras do Conuento conforme ao debuxo que sonhara em Italia, como já nelle estauao religiosas, ordenauao a seu gosto as officinas» As datas de construção propostas são 1490-91 a 1500 para o conjunto do Convento e 1491-96 para a Igreja (Vieira da Silva 1987, pp.20-22).

Vieira da Silva reconhece originalidade na abóbada da capela-mor. Considera que as nervuras curvas são aqui usadas pela primeira vez em Portugal, não em Braga, e que não são combados, como em Braga. Repara as diferentes formas que tomam as nervuras curvas. Transcrevemos a sua análise arquitetónica, pois é pertinente, apesar de não concordarmos com a totalidade. "Os combados são nervuras curvas dispostas sobretudo no centro de uma abóbada, unindo as chaves e formando, nessa zona, um círculo; funcionam como se de uma chave mais larga se tratasse, permitindo a quase planificação total da abobada. Não é este o caso das nervuras da abobada da capela-mor da igreja de Jesus de Setúbal: não só não ocupam o centro, como não ligam entre si as chaves. Formam, além disso, uma figura irregular o que, por norma, não acontece nas abóbadas de combados, de desenho perfeitamente simétrico. Observe-se, aliás, a abobada da capela-mor da igreja matriz

de Caminha, mais semelhante ainda à de Setúbal que a da Sé de Braga, e poder-se-á compreender perfeitamente as diferenças que o desenho das nervuras de uma e de outra apresentam. Se todas as nervuras curvas fossem combados, como se poderiam explicar as de belíssimo recorte que aparecem na capela-mor da igreja de Nossa Senhora do Pópulo das Caldas da Rainha, concluída, sem margem para dúvidas, em 1500". (Vieira da Silva 1987, p. 31).

Mendes Atanázio também nota a semelhança da abóbada de Caminha com a de Setúbal, considerando ser influência de Castilho. Atribui a capela-mor de Setúbal a Castilho, por ser idêntica à de Braga, na planimetria de tramo rectangular chanfrada nos cantos, com contrafortes alinhados com as diagonais (Atanázio 1987, p. 260).

De facto, a abóbada de Caminha (Fig. 3a) é similar à de Setúbal, com nervuras formando arcos conopiais. Estes também são *combados*, apesar da ausência de chaves, localizam-se no topo da abóbada. Já as nervuras curvas de Nossa Senhora do Pópulo nas Caldas da Rainha, tipo muito corrente na Alemanha e Europa Central, não são combados porque são curvas desde os apoios. A abóbada da capela-mor de Caminha, é idêntica à de Setúbal, não só na planta, mas também no corte longitudinal, definido por uma única curva (*rampante* redondo) sobre os dois tramos, característica de Castilho, já mencionada para as igrejas-salão.

Recentes escavações arqueológicas vieram esclarecer dúvidas relativamente às fases construtivas da igreja. O relatório de Carlos Tavares da Silva estabelece que os alicerces da capela-mor e do corpo do Igreja (incluindo os contrafortes) são da mesma época, uma primeira fase, enquanto o portal da Igreja e o contraforte que escora a parede divisória do coro alto são ligeiramente posteriores, definindo uma 2ª fase, muito próxima da primeira. O autor considera que os dados confirmam a hipótese lançada por Vieira da Silva e se afastam

Fig. 1 – Abóbada da capela-mor da Sé de Braga (esquerda) e abóbada da capela-mor da igreja do convento de Jesús, em Setúbal (direita).

da colocada por Pedro Dias, atribuindo a abóbada a Boitaca (Baptista 1989, p.23).

No entanto esta descoberta não invalida a hipótese da atribuição das abóbadas a Castilho, pois muitos casos provam a execução tardia das abóbadas, nomeadamente para modernização do estilo. Um exemplo português documentado é o do claustro principal do Convento de Cristo em Tomar, de Diogo de Torralva, cuja construção implicou a demolição das abóbadas de João de Castilho, concluídas pouco tempo antes, por iniciativa do rei D. João III.

2. ORIGEM E INFLUÊNCIA DA ABÓBADA DE COMBADOS

Para comparar tipologias de abóbadas, analisámos aproximadamente 1000 abóbadas europeias, através de bibliografia e visitas, incluindo França, Inglaterra, Alemanha e Europa Central, Espanha e Portugal. Criámos uma base de dados e um sistema de classificação de abóbadas, por tipologia de nervuras: abóbadas de ogivas (nervuras que partem dos apoios à chave principal), abóbadas de *tiercerons* (nervuras que partem dos apoios às chaves secundárias), abóbada de liernes (nervuras entre chaves), abóbadas de combados (nervuras curvas entre chaves) e abóbadas de nervuras

compostas (nervuras compostas de vários segmentos). Os combados formam figuras no topo da abóbada: circunferências, lóbulos e outras figuram compostas por segmentos côncavos ou convexos (Genin 2014).

De acordo com os resultados, a hipótese de atribuição da abóbada da capela-mor da igreja de Setúbal, a Diogo Boitaca parece-nos pouco provável. Segundo Viterbo a origem do arquiteto Boitaca varia entre italiano (segundo a Crónica Serafina), português (da localidade de Boutaca onde viveu), ou francês (origem mais provável, pois assina Boytac nas medições das fortalezas de norte de África em 1514). O seu nome é mencionado pela primeira vez a propósito do convento de Jesús de Setúbal (Viterbo F. S. 1899, pp. 221-231).

Entre as diversas abóbadas que analisámos, verificámos que o tipo de abóbadas de combados não é característico nem de Itália nem de França, mas sim de Espanha, país de origem de João de Castilho.

João de Castilho é originário da região da Transmiera, Cantábria, reputada pelos seus canteiros. Fez formação com Simón de Colonia, primeiro na catedral de Burgos na conclusão da abóbada da Capela dos Condestáveis, depois na construção da cúpula da catedral de Sevilha, onde permaneceu a trabalhar com Alonso Rodriguez. Com Colonia terá aprendido a técnica dos combados. Simón de Colónia era filho de Juan de Colonia, quem introduziu as nervuras curvas em Espanha, ambos Mestres da catedral de Burgos, escola que influenciou todo o norte espanhol.

Não se sabe quando Castilho abandonou a Espanha para uma carreira em Portugal. As opiniões divergem entre ter entrado por Setúbal, em 1508 quando acompanhou Alonso Rodriguez para a compra de jaspe para o pavimento da Catedral de Sevilha, ou em 1496-1497 juntamente com outros biscainhos, que vieram trabalhar na igreja de Caminha, de acordo com o documento *Matriculas Ordens* do Arcebispo de Braga (Freitas 1976, pp. 5-6). A sua primeira obra documentada em Portugal é a abóbada da capela-mor da Sé de Braga.

Apresentamos alguns resultados da nossa análise, que confirmam a origem e influência espanhola da abóbada de combados, em particular a tipologia usada em Setúbal.

A França guardou a tipologia de abóbada de ogivas até ao final do gótico. Visitámos e analisámos 40 abóbadas tardo-góticas. Das mais nervuradas, apenas 4 incluem combados.

Em Inglaterra, em 135 abóbadas analisadas, não encontrámos nenhuma com combados.

Na Alemanha e países da Europa Central, onde a nervura curva teve a sua origem, identificámos apenas 25 abóbadas com combados, de um total de 256 inventariadas. O uso de nervuras curvas é frequente, mas a maioria parte dos apoios, não são *combados*.

Em Espanha as abóbadas de combados são claramente a tipologia dominante. Representam aproximadamente metade do total analisado, 158 de 314 abóbadas. Localizam-se sobretudo na região norte, em Santiago de Compostela, Ayegui, Palencia, Salamanca, Leon, Villaveta, Lugo, Oviedo, Astorga, Lerna, Aguilar del Campo e Santander.

Das 158 inventariadas, identificámos 54 abóbadas com um círculo central, como em Braga, e 73 abóbadas com combados em forma de arcos conopiais, semelhantes aos de Setúbal. Exemplos desta última tipologia encontram-se: no convento de San Esteban e no colegio Fonseca em Salamanca; na catedral e colegio Mayor Fonseca de Santiago de Compostela; catedral Nova de Plasencia; nas catedrais de Sevilha, Granada, Córdova, Lugo, Oviedo, Segovia, San Juan de los Reyes en Toledo; no mosteiro e catedral de Ayegui; na catedral e no Hospital Real de Granada; nas igrejas de San Lesmes, em Burgos, e de Santa Maria de Gracia, em Carmona. Note-se a presença desta tipologia na região de João de Castilho, na igreja de Santa Maria del Puerto em Santoña, Santander (fig. 2a,b) e nas abóbadas de Colonia,

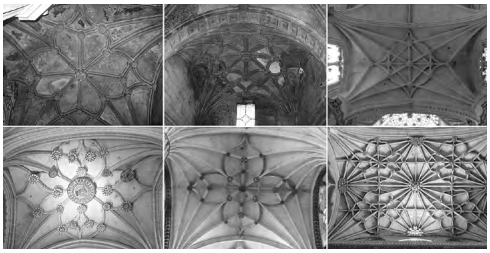


Fig. 2 – Abóbadas de combados espanholas com arcos conopiais: igreja de Santa Maria del Puerto em Santoña (a,b), Catedral de Burgos (c), Catedral de Palencia (d), Catedral Nova de Salamanca (e,f).

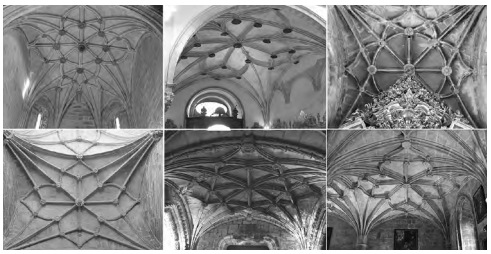


Fig. 3 – Abóbadas de combados portuguesas com forma de arcos conopiais: capela-mor da igreja de Caminha (a), sub-coro da igreja do convento de Santa Cruz de Coimbra (b), capela dos Carneiros do convento de S. Francisco no Porto (c), igreja do Convento de Cristo em Tomar (d), sub-coro e sacristia do mosteiro dos Jerónimos em Lisboa (e,f),

nas catedrais de Burgos, de Palencia e na catedral Nova de Salamanca (fig. 2c,d,e,f). Em Salamanca, Colónia também usa arcos conopiais em abóbadas de nervuras compostas (fig. 2f).

Em Portugal, das 212 abóbadas analisadas, 36 são abóbadas de combados, maioritariamente no norte. Identificámos mais doze abóbadas com arcos conopiais, para além da abóbada da igreja de Setúbal: as abóbadas da capela dos Mareantes e da capela-mor da igreja de Caminha, já mencionada, do sub-coro e no claustro da igreja do convento de Santa Cruz de Coimbra, da capela dos Carneiros do convento de S. Francisco no Porto, da igreja do convento de Cristo em Tomar, da sacristia e duas no sub-coro do mosteiro dos Jerónimos (Fig. 3), da capela-mor de Freixo de Espada-à-Cinta, da capela direita da igreja de Vila do Conde, e no sul, a abóbada da nave da Sé de Portalegre.

Estudámos a arquitetura de cinco destas abóbadas, a partir de levantamentos: as abóbadas de Tomar, dos Jerónimos (sacristia), de Freixo de Espada-a-Cinta, de Vila do Conde e do Porto. Os resultados indicam a autoria de João de Castilho, exceto para a abóbada do convento de São Francisco, normalmente atribuída ao seu irmão Diogo de Castilho. O *rampante* desta abóbada é redondo, mas não tem uma forma contínua, como nos outros quatro casos.

As abóbadas da igreja de Caminha e a de Santa Cruz, ambas com um *rampante* aparentemente redondo contínuo, sugerem a autoria, ou influência de João de Castilho.

Duas destas abóbadas estão documentadas: em Tomar, o portal da igreja está assinado e datado de 1515, por João de Castilho; nos Jerónimos, o dossier de obras tem o seu nome incluído na lista de 1517, como *mestre empreyteiro* da sacristia.

3. TRAÇADO E CONSTRUÇÃO

O estudo do traçado e construção das abóbadas, tem por base duas fontes do século XVI, respetivamente um desenho de Hernán Ruiz (1500-1569) e as indicações de Rodrigo Gil de Hontañón (1500-1577), ambos espanhois e contemporâneos de João de Castilho. Previamente analisámos a geometria das abóbadas, a partir do levantamento arquitetónico das nervuras, elaborado com recurso a um distanciómetro.

O método de traçado de Hernán Ruiz é o seguinte: primeiro é traçada a planta com as nervuras e a localização das chaves; da planta são tiradas as distancias necessárias para desenhar a elevação das nervuras; primeiro é traçada a elevação da diagonal (em semicírculo) e localizada a chave central; ao nível da chave é traçado o *rampante* (o seu raio é o dobro do raio da diagonal); sobre o *rampante* são localizadas as chaves; ao nível das chaves são traçadas as restantes nervuras com o

seu comprimento tirado da planta (Rabasa Díaz 2000, p.126-128)

O método de construção indicado por Rodrigo Gil de Hontañon descreve o cimbramento: primeiro é traçada a planta na plataforma de trabalho, instalada ao nível dos tas-de-charges (primeiras fiadas horizontais das nervuras); é montado o cimbre da diagonal; é localizada a chave central, com a ajuda de um fio de prumo dirigido à sua marcação em planta, e posicionada a escora; a partir da escora é montado o cimbre do *rampante* (o seu raio é idêntico ao da diagonal); no *rampante* são localizadas as chaves com a ajuda do fio-de-prumo, e posicionadas as suas escoras; por último são posicionados os cimbres de cada *tierceron*, entre os tas-de-charge e as escoras (Garcia [1681] 1991, p.67-68).

Não há referência relativa ao traçado ou à construção dos combados. Das abóbadas que analisámos, concluímos que os combados são normalmente planos, e são construídos em simultâneo com os panos da abóbada.

O *rampante* nos dois casos é curvo. Este é o elemento principal das abóbadas de Castilho, que dita a forma da abóbada e a cota de todas as chaves, é o elemento regulador do traçado e da construção, como veremos a seguir.

Com base nestes princípios, que testámos em diversos casos de estudo, apresentamos hipóteses para o traçado e construção das duas abóbadas, atualizando desenhos apresentados anteriormente (Genin, 2009).

ABÓBADA DA CAPELA-MOR DA SÉ DE BRAGA

Planta

- Traçamos um quadrado de 6,80m de lado e um retângulo com metade da largura anterior. Traçamos os eixos dos tramos e as diagonais; nas intersecções, localizamos as chaves principais 1, 3, 4 e 5.

- Traçamos a bissetriz Mx; na interseção com a diagonal 3-4 localizamos a chave 7; fazemos o mesmo para o outro quarto da abóbada e obtemos a chave 6.

- Marcamos a chave 8, sendo a distância M-8 idêntica a M-4. Marcamos a chave 9, sendo a distância 5-9 idêntica a 5-4. Marcamos as chaves intermédias desenhando um círculo cujo raio é metade de 5-9. Todas as chaves ficam assim localizadas em planta.

Elevação

- Ogiva M5: Traçamos a diagonal em semicírculo, o arco standard principal (p), com raio idêntico a M5, distancia tirada da planta; marcamos a chave 5.

- *Rampantes* (f): A partir da cota da chave 5 e das distâncias entre as chaves 1, 4 e 5 tiradas da planta, traçamos o *rampante* longitudinal (f) com raio igual ao dobro do raio de (p); localizamos as chaves no *rampante*. Tiramos a cota de 1 e localizamos 1', traçamos o *rampante* transversal com o mesmo raio de (f), e localizamos as chaves 2' e 3' a partir das distancias tiradas da planta.

- Transversal M4 e formeiro M3: para desenhar a nervura M4; tiramos a cota de 4' em (f); tiramos a distância M4 da planta; na intersecção das duas linhas, marcamos a chave 4; com o compasso fixo em 4 e abertura de (p) encontramos o centro de M4 na interseção com o eixo vertical que passa por 5; de seguida traçamos o arco M4 com a abertura de (p). Repete-se a mesma operação para o formeiro M3.

- *Tiercerons*: tiramos a cota da chave 4' em (f) para localizar as chaves 6, 7 e 9, a igual altura; traçamos os *tiercerons* com as distâncias tiradas da planta, seguindo o método anterior.

- Ogiva M1: sabendo que o circulo está de nível, tiramos a cota de 2' em (f) e a distancia de M8 na planta e marcamos a chave 8; com a abertura

de (p) encontramos o centro e traçamos o arco M8. A ogiva M1 é formada por dois segmentos curvos: M1 e 1-8. As nervuras radiantes em torno da chave 1 formam uma cúpula.

Construção

O traçado é feito à verdadeira grandeza sobre os muros ou no pavimento, pelo Arquiteto. Serve de modelo para a execução do baibel, instrumento necessário à execução dos cimbres e talha do tas-de-charge, das nervuras e das chaves. A estandardização simplificava a construção, bastando conhecer os arcos (p) das nervuras e (f) dos *rampantes*.

Para a construção, primeiro coloca-se uma plataforma de trabalho ao nível dos tas-de-charge. Desenha-se a planta na plataforma com a localização de todas as chaves. De seguida montam-se os cimbres em madeira, com a seguinte ordem:

- Ogiva M5: instala-se o cimbre da diagonal em semi-círculo; com a ajuda de um fio de prumo direcionado à plataforma de trabalho, localiza-se a chave 5.

- *Rampantes* (f): a partir da chave 5, montam-se os cimbres do *rampante* longitudinal ; posicionam-se escoras para cada chave, a partir da sua localização na plataforma. A partir da chave 1, monta-se o *rampante* transversal e as escoras das chaves 2 e 3.

- M4 e formeiro M3: posiciona-se o cimbre (p) entre o tas-de-charge e a chave 4. M3 é construído com o muro.

- *Tiercerons*: com a mesma altura de 4, posicionam-se as escoras das chaves 6, 7 e 9; colocam-se os cimbres dos *tiercerons* M6, M7 e M9, entre os tas-de-charge e as escoras.

- Ogiva M1: localiza-se a escora da chave 8 com a mesma altura de 2 e coloca-se o cimbre entre M e 8. Coloca-se outro cimbre entre 8 e 1. M1 é formado por dois segmentos curvos.

Uma vez colocados todos os cimbres das nervuras retas em planta, colocam-se as chaves e, em seguida as aduelas das nervuras, previamente talhadas.

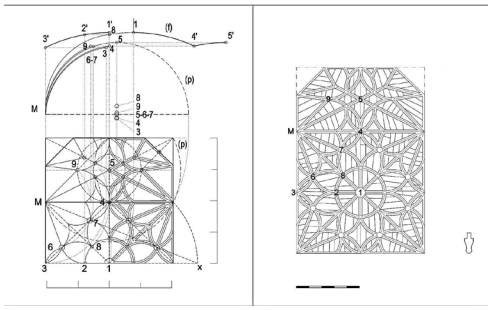


Fig. 4 – Abóbada da capela-mor da Sé de Braga. Figura esquerda: hipótese de traçado da planta e elevação. O arco principal (p) da diagonal é utilizado para a construção de todas as nervuras. O *rampante* (f) tem um raio equivalente ao dobro do raio de (p). O traçado das nervuras depende das cotas das chaves, determinada pelo *rampante* (f). Figura direita: planta com a disposição das aduelas da abóbada e o perfil das ogivas e *tiercerons*.

Constrói-se a partir de todos os tas-de-charge em simultâneo (para a estabilidade da abóbada), posicionando as aduelas das nervuras, as aduelas da abóbada e preenchendo os rins com alvenaria.

Ao atingir as chaves dos formeiros, introduzem-se os combados. Entre os formeiros e os *tiercerons*, os combados ligam chaves aproximadamente a igual altura. Continua-se a posicionar as aduelas intercaladas pelos combados em forma de folhas até chegar ao circulo central, de nível. A seguir à colocação dos combados em forma de círculo, colocamos as aduelas da zona central. Apesar da foma de cúpula, as aduelas da abóbada são dispostas paralelamente aos muros, método francês. Note-se que a disposição das aduelas é da responsabilidade do pedreiro que estiver em obra, não é decisão prévia do Arquiteto.

A ABÓBADA DA CAPELA-MOR DA IGREJA DE JESÚS DE SETÚBAL

Planta

Dado um espaço retangular de 11,80m x 7,95m. Dividimos o comprimento em treze partes iguais. Dez partes são atribuídas ao tramo maior (MCEF).

- Traçamos os eixos dos tramos e as diagonais. Na intersecção destas linhas marcamos os pontos 1, 3 e 4.

- Traçamos a circunferência (p), com diâmetro igual à diagonal.

- Traçamos a bissetriz F2 e na interseção com o eixo, marcamos a chave 2. Marcamos os pontos 6 e 8, na intersecção de B3 com a bissetriz M2 e MD.

- Com a mesma distancia 4-5, marcamos a chave 9 sobre a diagonal AD.

Elevação

A altura da abóbada corresponde aproximadamente ao comprimento da diagonal BF em planta. BF será o raio do *rampante* (f) centrado a 0,40 m acima do solo.

- Diagonal : traçamos a ogiva M1 em semicírculo, o arco principal (p), e marcamos a chave 1.

- *Rampantes:* a partir de 1, desenhamos as curvas transversal e longitudinal (f). Com as distâncias tiradas da planta marcamos as chaves 2 no *rampante* transversal, e as chaves 4 e 5 no *rampante* longitudinal.

- M4 e formeiro M3: para traçar a elevação das nervuras, tiramos o seu comprimento em planta e a sua cota no *rampante*. Para traçar o *tierceron* M4, transportamos a distância M4 da planta para a elevação e projetamos verticalmente a chave, até à cota retirada do *rampante*; a partir de 4, traçamos um arco com abertura de (p) para encontrar o centro de M4, na interseção com o eixo vertical; marcamos o centro e traçamos M4 com a abertura de (p).

- *Tiercerons*: usamos o mesmo método para traçar todos os *tiercerons*. M9 é desenhado a partir da altura da chave 5, à mesma cota. Os centros dos arcos têm diferentes níveis, em função da altura da chave a alcançar e do comprimento da nervura.

Construção

Assim que os tas-de-charge estejam construídos e a planta reproduzida na plataforma de trabalho, iniciamos a construção da abóbada, com um princípio semelhante ao do traçado: localizam-se as escoras das chaves, a partir da planta e dos *rampantes*; os cimbres das nervuras, de curva idêntica, adaptam-se ao posicionamento da chave.

- Diagonal, ogiva M1: o primeiro cimbre a ser colocado é o da diagonal. Em seguida, localizamos a chave 1 dirigindo um fio-de-prumo à sua posição na plataforma. Colocamos uma escora para suporte da chave 1.

- *Rampantes*: colocamos os cimbres dos *rampantes* desde 1, e localizamos 2, 3, 4 e 5.

- *Tiercerons*: Montamos o cimbre entre M e 2. Localizamos os pontos intermedios 6 e 7 com o fio-de-prumo dirigido à plataforma. As chaves 8 e 9 têm as mesmas alturas que as chaves 4 e 5, respetivamente. Posicionamos os cimbres de cada nervura até à escora correspondente à sua chave.

Após a conclusão do cimbramento, colocamos as chaves 1, 2, 4 e 5, previamente talhadas. Iniciamos a construção das nervuras, desde os tas-de-charge, o posicionamento de aduelas entre cada par de nervuras e o enchimento dos rins, a partir das seis mísulas, simultaneamente, para garantir a estabilidade da abóbada. Chegando ao topo dos formeiros, colocamos os combados até à chave 4, incorporando-os na alvenaria. Após a conclusão deste nível dos rins da abóbada, seguimos com a construção até à chave central. Contrariamente a Braga, observamos uma disposição concêntrica das aduelas da abóbada.

4. CONCLUSÕES

As abóbadas das capelas-mor da Sé de Braga e da igreja de Jesús de Setúbal são semelhantes, na geometria, no traçado e no método de construção. A planta é traçada a partir de diagonais e bissetrizes para a localização das chaves principais e das nervuras. Em elevação, todas as nervuras são traçadas com o mesmo arco de circunferência (p), com um diâmetro igual ao comprimento da

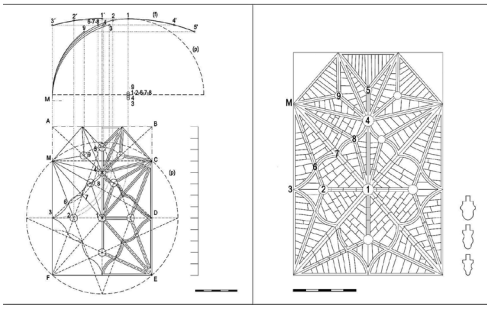


Fig 5 – Abóbada da capela-mor da igreja de Jesus de Setúbal. Esquerda: hipótese de traçado da planta e elevação. Todas as nervuras são construídas com o mesmo arco de circunferência, com diâmetro igual ao comprimento da diagonal ME. Os dois *rampantes* (f) são idênticos. A curva é contínua longitudinalmente ao longo dos dois tramos. Direita: Planta das aduelas da abóbada e perfis das nervuras.

diagonal em planta. Os dois *rampantes*, transversal e longitudinal, são traçados com o mesmo raio. Os combados são planos, ligam chaves praticamente à mesma cota. É evidente a determinação prévia do *rampante*, que dita a forma da abóbada e o posicionamento das chaves, característica de João de Castilho.

O método de projeto (e de montagem dos cimbres) é similar: a ogiva é a primeira a ser traçada (e montada), seguindo-se os *rampantes* e os *tiercerons*. Os métodos usados são os de Hernán Ruiz e Rodrigo Gil de Hontañon.

As abóbadas da catedral de Braga e da igreja de Setúbal diferem apenas na forma e nos perfis das nervuras, provavelmente influência do encomendador. Em Braga, os tramos estão individualizados com uma forma arredondada "ao romano", e os perfis das nervuras são semelhantes. Em Setúbal a forma é contínua entre os tramos, as nervuras têm diferente perfil e são ornamentadas com corda.

A unificação dos tramos com um *rampante* redondo longitudinalmente, é um princípio semelhante ao usado por João de Castilho nas igrejas salão, onde as três naves são unificadas por um único *rampante* redondo transversalmente, tipologia única na Europa.

Outra razão nos leva a atribuir a abóbada da capela-mor de Setúbal a João de Castilho e não a Boitaca. A abóbada de combados não é característica de França ou de Itália, provável origem de Boitaca, mas sim de Espanha, sobretudo do norte, região de origem e formação de João de Castilho. O tipo de combados usado em Setúbal, com forma de arcos conopiais, é frequente em abóbadas de Simon de Colónia, seu Mestre de formação, e em Portugal, noutras abóbadas de João de Castilho.

Estes resultados devem ser complementados com outras investigações, nomeadamente para análise de documentos e levantamentos com recurso a novas tecnologias.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Atanázio, Manuel Cardoso Mendes. 1987. "Contributo de João de Castilho para o espaço e estrutura da arquitectura do manuelino, As relações artísticas entre Portugal e Espanha na época dos descobrimentos." II Simpósio Luso-Espanhol de História da Arte, Coimbra.

Atanázio, Manuel Cardoso Mendes. 1984. A Arte do Manuelino, Mecenas, Influências, Espaços. Lisboa: Presença.

Baptista Pereira, Fernando António, Carlos Tavares da Silva. 1989. Convento de Jesus, 500 anos de Arqueologia e História. Setúbal: Câmara Municipal de Setúbal.

Dias, Pedro. 1978. "A igreja do convento de Jesus de Setúbal na evolução da arquitectura manuelina." Sep. Belas Artes, 2ª série, 32.

Freitas, Eugénio Cunha e. 1962. "João de Castilho e a sua obra além-Douro". Colóquio nº15.

García, Simón. [1681] 1991. Compendio de arquitectura y simetría de los templos: conforme a la medida del cuerpo humano: con algunas demos-

traziones de geometria. Año de 1681. Valladolid: Colegio Oficial de Arquitectos en Valladolid.
Genin, Soraya M., De Jonge, Krista, Palacios, José. 2009. "Portuguese Vaulting Systems at the Dawn of the Early Modern Period. Between Tradition and Innovation", Third International Congress on Construction History, pp. 671-678, Cottbus, 20-24 de Maio 2009.
Genin, Soraya M., De Jonge, Krista. 2009. "Concepção e construção de abóbadas nervuradas. Análise geométrica e formal." VI Congresso Nacional de História de la Construcción. Universidad Politécnica de Valencia. Instituto Juan de Herrera, pp. 881-890.
Genin, Soraya M. 2014. Voûtes à nervures manuélines. Le caractère innovant de João de Castilho. Tese de doutoramento. Katholieke Universiteit Leuven. Disponível em https://lirias.kuleuven.be/handle/123456789/454010.
Goitia, Fernando Chueca. 1951. La catedral nueva de Salamanca, historia documental de su construcción. Universidad Salamanca.
Oliveira, Eduardo Pires de. 2004. "Os grandes ciclos de obras na Sé catedral de Braga e outros estudos de arte minhota". Braga: APPACDM de Braga.
Rabasa Díaz, Enrique. 2000. Forma y Construcción en Piedra. De la cantería Medieval a la Stereotomía del siglo XIX. Madrid: Akal.
Sá, María Ealo de. 2009. El arquitecto Juan de Castillo, El constructor del Mundo. Santander: Colegio Oficial de Arquitectos de Cantabria.
Santos, Reynaldo dos. 1952. O Estilo Manuelino. Lisboa.
Vieira da Silva, José Custódio. 1987. A Igreja de Jesus de Setúbal. Setúbal: Salpa.
Viterbo, Sousa. 1899. Dicionário Histórico dos Arquitetos, Engenheiros e Construtores Portugueses, vol. I. Lisboa: Imprensa Nacional.

Arquiteturas de Falsa Cúpula na Região Transfronteiriça Gerês/Xurés
Enquadramento e Caracterização Construtiva

Barros, Fernando C.[(1)]*; Barroso, Carlos E.[(2)]; Riveiro, Belén[(3)]***; Oliveira, Daniel V.[(4)]**; Ramos, Luís F.[(5)]**; Lourenço, Paulo B.[(6)]****

[(1)]fernandocerqueirabarros.arq@gmail.com, [(2)]arq.carlosbarroso@gmail.com, [(3)]belenriveiro@uvigo.es, [(4)]danvco@civil.uminho.pt, [(5)]lramos@civil.uminho.pt, [(6)]pbl@civil.uminho.pt

** Faculdade de Arquitectura, Universidade do Porto*

*** ISISE, Escola de Engenharia, Universidade do Minho*

**** GEOTECH, Escola de Engenharia Industrial, Universidade de Vigo*

RESUMO

A região montanhosa transfronteiriça Gerês/Xurés (Reserva da Biosfera da UNESCO) caracterizou-se ao longo de séculos por uma economia rural baseada fundamentalmente na agricultura e na pastorícia. O uso sazonal do território, alicerçado na prática de uma transumância vertical entre aldeia e "branda" (ou curral) potenciou o aparecimento de peculiares formas arquitetónicas em alta montanha. Estas arquiteturas/abrigo, sitas em locais de difícil acesso, e erguidas com recurso exclusivo a materiais existentes no próprio local, eram materializadas através da utilização da técnica de falsa cúpula em granito. Desde o abrigo isolado, pequenas cabanas em currais, aglomerados de cortelhos em brandas de gado, ou construções (e conjuntos de construções), algumas com dois pisos, características das brandas de cultivo, onde se verificava uma maior permanência das comunidades locais, observamos uma diversidade morfo-tipológica e construtiva, variáveis do mesmo sistema, reveladora de uma adequada relação entre forma, técnica e função.

De modo a estudar este património vernacular em risco, desenvolveu-se um projeto de investigação multidisciplinar e transfronteiriço, através de uma parceria multi-institucional, na qual foi possível empreender um estudo sobre as várias dimensões deste património, desde a componente territorial, histórica e cultural, até questões puramente arquitetónicas e construtivas. Na primeira fase, efetuou-se uma revisão da literatura e uma identificação do território em estudo, seguindo-se, numa segunda, um exaustivo levantamento geométrico, com recurso à tecnologia de varrimento laser, complementado com ensaios de caracterização física e mecânica dos granitos locais. Numa terceira fase, efetuar-se-á uma análise de segurança estrutural deste tipo de construções, através do desenvolvimento de modelos numéricos específicos, e por último, serão elaboradas orientações respeitantes à proteção, consolidação e intervenção neste património.

Sendo um projeto ainda em curso, neste artigo apresentam-se as considerações e resultados referentes às análises morfo-tipológicas e construtivas realizadas até à data.

Palavras-chave: falsa cúpula; património vernacular; brandas; currais; granito; varrimento laser.

1 INTRODUÇÃO

As arquiteturas de falsa cúpula representam uma das mais intrigantes e particulares formas no contexto do património vernáculo existente na paisagem rural portuguesa. Identificadas e abordadas em diversos estudos e inventários, realizados ao Portugal rural em meados do séc. XX (Cruz 1969, Dias 1947, Dias 1950, Oliveira et al 1994, Oliveira 1968, Sousa 1927), conclui-se, da sua identificação, a existência de grande diversidade de formas e tipologias, situadas nas várias regiões. De difícil definição relativamente à origem e cronologia, é certo que estas estruturas representam a reminiscência de um primitivismo construtivo, sendo de destacar o facto terem permanecido em uso até muito recentemente. Com a alteração dos regimes agro-pastoris tradicionais das últimas décadas, e com o claro envelhecimento e desertificação das áreas rurais, muitas destas estruturas encontram-se agora devolutas, sendo evidente o seu avançado estado de abandono.

A investigação agora apresentada tem como objetivo fazer ponto de situação do que resta deste património ímpar, complementando análises existentes com novos dados científicos, possibilitados por métodos de levantamento e análise apoiados em tecnologia laser, pretendendo-se também alertar a comunidade científica e as instituições, para o crescente perigo de perda deste bem cultural. A investigação foi realizada por uma equipa multidisciplinar internacional, estabelecida entre a Universidade do Minho (ISISE), a Universidade de Vigo (GEOTECH), a Universidade do Porto (FAUP), com apoio do Município de Arcos de Valdevez, tendo sido o primeiro caso de estudo a região transfronteiriça Gerês/Xurés (Parque Transfronteiriço e Reserva da Biosfera da UNESCO) [Unesco 2009].

Do ponto de vista da História da Construção, parece relevante esta abordagem contemporânea e científica, combinando dados já existentes, fornecidos pelas vertentes antropológica e etnológica (imaterial), com dados de material, morfo-tipológica e construtiva (material). Pretende-se deste modo caracterizar e compreender as origens e modos de edificação destas construções, entretanto caídas em desuso, sendo que o resultado desta investigação será relevante, também, para a necessária reflexão, e proposição, considerando as ameaças com que este património está confrontado. Para tal foi necessária uma cuidada caracterização construtiva, e o desenvolvimento de métodos de análise, que permitam estabelecer, com segurança, orientações para a avaliação, consolidação e intervenção destas estruturas, garantindo-se a sua conservação e eventual reutilização, sem colocar em causa o elevado valor patrimonial e cultural que lhe está intrínseco.

2 CONSTRUÇÃO EM FALSA CÚPULA - ENQUADRAMENTO

A falsa cúpula, ou falso arco, pode ser descrita como um sistema estrutural, constituído pela .sobreposição de camadas de alvenaria (pedra ou adobe), as quais se projetam em direção ao centro, através da sobreposição de sucessivos anéis

Fig. 1 - Exemplos de construções em falsa cúpula na região em estudo. Branda da Gêmea (Sistelo) [Barroso et al. 2016].

horizontais, ou em movimento de espiral, desde determinada altura, até ao topo (Oliveira et. al 1994, Oliveira1968, Rovero et.al 2014).

Considerado como um sistema de menor relevância por grande parte da comunidade científica, é por esse motivo um dos menos estudados, no que aos sistemas construtivos vernáculos diz respeito. À luz da literatura científica publicada, o seu comportamento estrutural funciona através do equilíbrio estático conseguido pela combinação da transferência vertical de forças entre as várias peças, com as ações horizontais resultantes do embricamento e atrito existente entre cada um dos blocos que constituem a sua alvenaria (Juvanec 2014).

O conhecimento deste sistema, tal como a cúpula, o arco, ou abóbada, foi difundido por diversas civilizações, sendo utilizado em património vernáculo e em edifícios de carácter monumental, abrangendo diversas escalas e funções, desde abrigos, habitações e infra-estruturas, até palácios ou estruturas tumulares. A sua origem no tempo e no espaço é incerta, podendo remontar às civilizações da Mesopotâmia (cerca de 6000 anos), (Oliveira et.al 1994, Juvanec 2001), sendo significativa a sua presença ao longo de toda a bacia do Mediterrâneo. Do ponto de vista da histórica da arte de edificar, esta técnica construtiva é considerada como uma solução evolutiva intermédia, entre o sistema de pilar e viga e o de arco e abóbada, [Juvanec 2014], sendo provável que lhes tenha precedido em muitas civilizações.

Os estudos existentes sobre este tipo de estruturas subdividem-nas em dois grupos (Rovero et.al 2014, VVAA 2009): o primeiro (com menor número de ocorrências), é composto pelos edifícios de falsa cúpula cobertos por montículos de terra, como os da civilização micénica (Grécia, séc.XIV a.C.), ou os Tholoi etruscos de Populonia (Península Itálica, séc.VII a.C.), destinados a funções cerimoniais e funerárias; no segundo, e maior grupo, enquadram-se os edifícios de falsa cúpula sem montículo associado, nos quais se incluem a grande maioria dos edifícios vernaculares que recorrem a esta técnica. Atendendo à diversidade de edifícios presentes neste conjunto, pode-se assumi-los como o resultado da combinação de diversos fatores locais, nomeadamente as necessidades associadas a práticas como o pastoreio, a agricultura sazonal, e a combinação destes com a adaptação ao clima e aos materiais locais.

No contexto português, a grande maioria dos exemplos corresponde a edifícios em falsa cúpula sem montículo associado, sendo que a sua função está principalmente ligada à pastorícia, nomeadamente edifícios-abrigo, de apoio a movimentos transumantes, podendo ser encontrados isolados, ou em conjuntos de edifícios. Estas tipologias são as mais representativas, se comparadas com outras funções também inventariadas, nomeadamente moinhos, ou

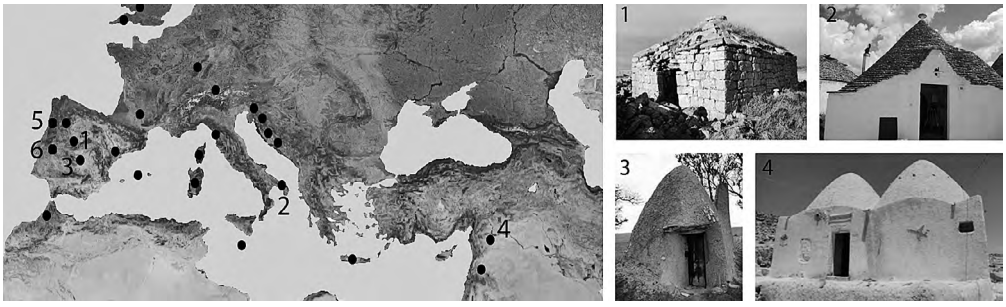


Fig. 2 - Património em Falsa Cúpula na bacia do Mediterrâneo [segundo Juvanec (VVAA 2009)]. 1 e 3 - Chozos de Viñas (Espanha); 2 - Trullo (Itália); 4 - Habitações em terra (Síria); 5 - Abrigos ou cortelhos (Portugal); 6 - Safurdas ou Fornos (Portugal) (Barroso et al. 2016).

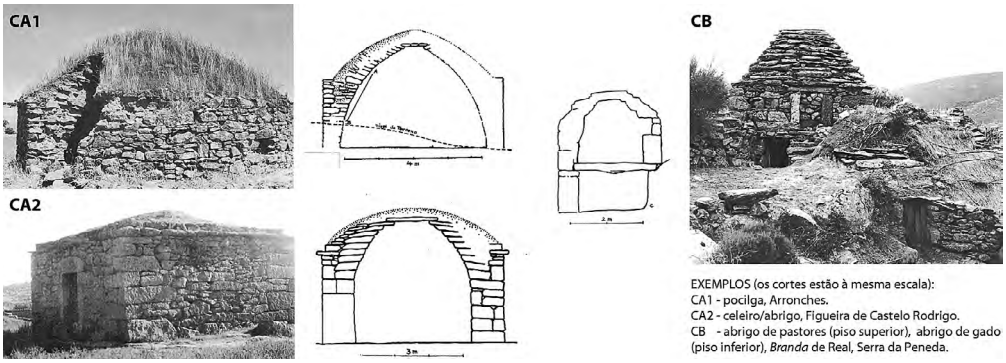


Fig. 3 - Morfologia em Falsa Cúpula em Portugal (Oliveira et al 1994) [Barroso et al. 2016].

Fig. 4 - Localização da região transfronteiriça Gerês/Xurés; Zonas de regadio para cultivo do milho e espigueiros em Bostelinhos (Cabana Maior) e Pastoreio extensivo na branda de Azevedo (Carralcova).

fornos. Em território nacional não foi registado o uso desta técnica em habitações permanentes (apenas para habitáculos sazonais), ao contrário de outros países, como na comuna italiana de Alberobello (região da Puglia), onde existem habitações designadas de Trulli (Guiseppe et.al 2014).

Atendendo às características da falsa cúpula, Veiga de Oliveira e a sua equipa [1] organizaram morfologicamente as construções inventariadas em dois grupos: o primeiro grupo é composto por edifícios em que o intradorso da falsa cúpula se integra em parte da parede (CA), começando esta a partir do solo (CA1), ou de determinado ponto da secção da parede (CA2), não sendo evidente a distinção entre parede e cobertura; no segundo grupo o fechamento da falsa cúpula inicia-se apenas a partir do topo da parede (CB), sendo clara a distinção parede/cobertura. Edifícios do tipo CA foram inventariados em várias regiões do território nacional, ao passo edifícios do grupo CB representam uma resposta local à mobilidade agro-pastoril nas áreas de alta montanha da região transfronteiriça abordada neste estudo.

[1] *Ernesto Veiga de Oliveira, Fernando Galhano e Benjamim Pereira [Oliveira et al 1994]*

3 A FALSA CÚPULA NA REGIÃO TRANSFRONTEIRIÇA GERÊS/XURÈS

3.1 A REGIÃO - LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO

A região transfronteiriça Gerês/Xurés é uma área de montanha localizada no noroeste penin-

sular, conformada pelas serras do Gerês, Amarela e Peneda/Soajo (Portugal) e Leboreiro, Quinxo, Santa Eufémia e Xurés (Galiza). Esta região integra o Parque Nacional Peneda-Gerês e o Parque Natural da Baixa-Límia/Serra do Xurés, os quais conformam o Parque Transfronteiriço Gerês/Xurés, Reserva da Biosfera da UNESCO. Ao elevado interesse ambiental, ecológico, geológico e paisagístico, uma das particularidades destes territórios é o elevado grau de antropização do espaço, fruto de uma intensa ocupação humana ao longo de milénios, incluindo períodos cronologicamente mais próximos, que vão desde a fixação de comunidades na Idade Média, à revolução suscitada pela introdução da cultura do milho (Zea Mays) a partir do séc.XVI, da qual resultou uma exploração agrícola intensiva das zonas de vale e meia encosta, apoiada pela produção extensiva de gado em alta montanha.

3.2 INTERACÇÃO ENTRE HOMEM E MEIO, NA CONSTRUÇÃO DE UM TERRITÓRIO

As arquiteturas de falsa cúpula presentes nesta região são o resultado da interação entre as culturas locais, baseadas em peculiares regimes agro-pastoris, e o meio geográfico no qual se inserem. As extensas serranias, que atingem os 1500m de altitude, impossibilitaram a fixação de comunidades de forma permanente nos pontos mais elevados, instalando-se as comunidades em zonas de vale, ou meia encosta, aproveitando a fertilidade dos terrenos de veiga e várzea, e gerindo as áreas de alta montanha, exploradas para a silvicultura e a pastorícia. A alta montanha, inabitada durante o inverno, revelou-se capaz para a exploração estival, devido aos pastos situados nas chãs próximas dos 1000m de altitude.

As adversas condições geográficas, e a sábia relação entre homem e meio, baseou-se, assim, num conjunto de dualidades sociais, económicas e territoriais, sintetizadas em cada uma destas comunidades: pastor/agricultor; verão/inverno; branda/aldeia; comunitário/privado; cortelho/casa.

Este sistema poderá remontar ao período de sedentarização das primeiras comunidades, as quais geriam o território através da força centrípeta e polarizadora do castro, a partir do qual administravam, eventualmente de forma sazonal, uma envolvente mais ou menos distante, destinada à agricultura e pastorícia. Félix Alves Pereira descreve a utilização do sistema de falsa cúpula nesta região nesse período, numa construção do castro de São Miguel-o-Anjo (a sudoeste da Serra da Peneda), de planta aproximadamente quadrangular, que denotava ter funcionado como um abrigo ou curral de gado, "com cerca de 1,40m de lado, em pedras pequenas irregulares e sem qualquer aparelho, com sinais de ter sido toscamente abobadada. O systema empregado nesta abobada rudimentar foi aquele a que os franceses chamam à encomblement, em que as pedras, conservando leitos horizontaes, avançam em ressaltos successivos para o interior da construcão até se juntarem. Este rude processo ainda é hoje usado em alguns logares mais sertanejos d'este concelho, e por esta forma cobrem as construcções circulares que ainda por lá existem" (Pereira 1895).

Segundo Jorge Dias, essas construções ainda utilizadas em meados do séc.XX, apesar de construídas em data incerta, revelam a permanência de características construtivas ancestrais, considerando que "a vida do homem decorre por vezes em estádios infra-históricos", implicando os modos de vida relacionados com o pastoreio "deslocações constantes dentro das largas áreas de pastos, e longas permanências longe das aldeias. Por isso, os pastores são forçados a construir abrigos, que pela sua simplicidade rústica e tendência conservadora, mantém através dos tempos as formas mais primitivas das habitações do passado" (Dias 1950).

A peculiaridade de modo de vida destas comunidades, baseada na importância do núcleo fami-

Fig. 5 - Organização tradicional do território de alta montanha (Sistelo, Arcos de Valdevez):a - aldeia; b - área de cultivo em socalcos; c – branda (Barroso et al. 2016).

liar fixado nas aldeias, e da gestão das propriedades agrícolas nas suas imediações, complementado por um sistema de transumância vertical que explora a totalidade de um território agreste e contrastante, é prática já descrita nas Memórias Paroquiais de 1758: "Tem a serra sítios abrigados e com agoa, que nos mezes de Junho, Julho e Agosto produzem muita erva agreste a que chamam feno e ahi tem cazas e cortes a que chamam brandas adonde nos referidos mezes vão (asestir) muitos moradores das vezinhanças da serra com seus gados e criaçoens..." [2] A permanência durante longos períodos em zonas de altitude obrigou à construção de edifícios-abrigo, os quais adotaram diferentes tipologias, diretamente relacionadas com os ciclo de permanência nessas áreas.

A função pastoril na humanização destas paragens de alta montanha é atestada quer pela toponímia (chã, prado(s), poulo, curro, curral de.., curral velho, alto das cortelhas, cabana de..., cortes, pardieiros, alto das bezerreiras), quer pela análise documental, observando-se que o pastoreio de gado vacum era importante já no séc.X, atendendo a documento da Condessa Mumadona Dias onde refere: "em Riba de Lima, a parte no Soajo em terras e pomares (...) e vacas quantas temos na Várzea e no Soajo e quantas possuímos nas encomunhões com os nossos colonos," [3] que cedo incrementou a exploração dos prados de altitude, com a construção de currais, como o curial de Lamelas [4] (branda de Lamelas), ou curale de Cuco [5](branda de Porta Cuco), referidos em documentos régios do séc.XIII, ou as brandas de São Bento do Cando, Aveleira e Vale de Poldros, referidas em documentos monásticos do séc. XIII e XIV. [6]

O território estrutura-se assim entre: a - zonas de vale e meia encosta, onde se implantam as aldeias, núcleos permanentes de povoamento concentrado, em estreita associação com b - áreas de cultivo (em socalcos); c - assentamentos de uso sazonal estival, localizados na alta montanha, designadas por brandas ou currais.

Nas serras do Gerês e Amarela, o uso destas zonas é predominantemente pastoril, e os assentamentos, onde pernoitam as vezeiras, designam-se por currais, implantando-se aí as designadas cabanas ou fornos.

Na serra da Peneda/Soajo o sistema é diferenciado, sendo mais comum a designação de brandas de gado, em alguns casos em regime de vezeira, noutros em regime familiar, designando-se os edi-

[2] *Memórias Paroquiais de 1758 - Pároco de Vilela (Arcos de Valdevez) [Barros 2013].*

[3] *citado em Barros (2013).*

[4] *Nas Inquirições de D. Afonso III no Julgado de Valdevez, de 1258, referentes a Sancti Salvatoris de Cabreiro.*

[5] *Na Carta de foro de Monte de Leboreiro quod vocatur Padron, datada de 1271 (Barros 2013).*

[6] *Segundo o Padre Bernardo Pintor, no artigo "Por Terras do Soajo - São Bento do Cando na freguesia da Gavieira" (1981), (Barros 2013).*

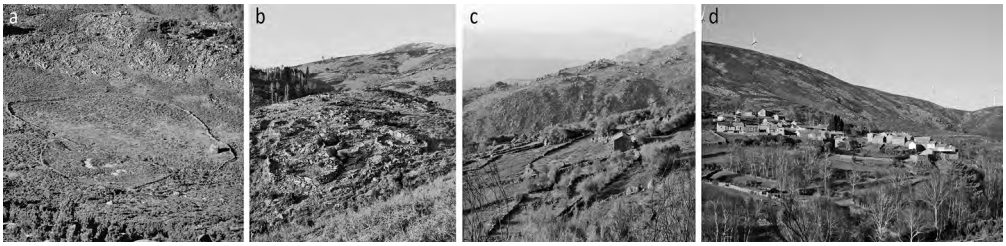


Fig. 6 - Diferentes tipos de currais e brandas na região em estudo:
a - Curral; b - Branda de Gado; c - Branda de Cultivo; d - Branda com função habitacional.

fícios por cortelhos, maioritariamente associados a uma pequena cerca designada por bezerreira.

Na Serra da Peneda implanta-se as designadas brandas de cultivo (ou mistas), que associam o pastoreio e a prática da agricultura (centeio e batata) [7] ; o espaço agrícola é propriedade privada, tal como as construções, tendo a maior permanência no espaço ditado diferentes escalas no edificado, e maiores cuidados construtivos. As construções de falsa cúpula de um piso, aparecem conjugadas com outras mais complexas, conjuntos de construções, construções contíguas e comunicantes, e mesmo edifícios em falsa cúpula de dois pisos, por vezes designados por cardenhas. Observa-se uma maior complexidade na compartimentação do espaço, associando-se os edifícios aos espaços delimitados para pasto e cultivo, e conformando já uma rede de caminhos, delimitada por sistemas murários, bem como espaços de transição público/privado, entre o caminho e o edifício, aos quais se associam, ainda, estruturas de irrigação (poços e levadas). Nesta tipologia de brandas observam-se dispersos, junto às zonas de pasto/cultivo, edifícios de dois pisos, de planta retangular, e cobertura de duas águas, designados por casa de branda, palheiro, ou colmaço, as quais eram cobertas com colmo, verificando-se, em épocas mais recentes, o recurso à telha. Em muitas situações estas casas estão volumetricamente associadas a edifícios de falsa cúpula, formando curiosos conjuntos.

Um terceiro sistema transumante envolve a mudança de toda a família, representando um movimento cíclico bi-anual entre parte alta do planalto e parte baixa do vale, designado por brandas e inverneiras, ocorrendo em Castro Laboreiro (Melgaço). Materializado na duplicação dos núcleos, branda e inverneira apresentam características similares de aglomerado, e presença da função habitacional.

Nas serranias do lado galego desta região este tipo de movimentos eram usuais nas Serras do Quinxo, Santa Eufémia e Xurés, em todos os casos com regimes pastoris similares à Serra Amarela e do Gerês, com predominância de subida de rebanhos comunais, em regime de vezeira, para locais designados de currais, ou curros, onde os pastores pernoitavam em edifícios desigandos por cabana, chivana, choza, ou casiña. (Carvalho 2006). Na serra do Leboreiro implantam-se as Cortes da Carballeira, branda de cultivo pertencente à povoação de Queguas (Entrimo), havendo também referência ao antigo povoado de Porcarizas, no Leboreiro, (Fernandez 1947), o qual era habitado sazonalmente por pastores.

[7] *"huma serra toda fragoza e despenhada e aspera (...) e no tempo dos mezes de Verão como hé Junho, Julho e Agosto vão os moradores da dita freguezia apascentar à dita serra o gado vacum (...) E em algumas partes os pobres moradores fazem cachadas para o centeio" ("Memórias Paroquiais de 1758" - Páraco de Carralcova (Arcos de Valdevez) [Barros 2013].*

3.3 morfo-tipologias das arquitecturas de falsa cúpula

O sistema construtivo de cobertura em falsa cúpula em blocos de granito apresenta um elevado número de ocorrências na região. As razões para a sua implementação e proliferação estariam inicialmente relacionadas com a dificuldade de acessos na serra (que impossibilitaria o transporte de materiais e ferramentas), a existência em abundância de pedra (associada à escassez de outros materiais), e, sobretudo, a durabilidade apresentada pelo granito, capaz de resistir às agruras do clima serrano (com neves e geadas no inverno, e forte exposição solar durante o verão) (Oliveira et.al 1994). Os diferentes modos e ritmos de permanência, tiveram como consequência direta uma grande diversidade de modelos de organização do espaço, formas arquitetónicas e formas de erigir estas estruturas, de entre as quais se destacam:

(a) Abrigos isolados, associados ao pastoreio livre, e de gado miúdo: são pequenas construções, feitas de grandes lajes graníticas, erigidas em pontos altos e isolados da serra, os quais aproveitam em muitos dos casos a pendente da encosta e rochedos existentes. São, "como o nome diz, meros refúgios contra as intempéries e as feras" [Dias 1950], não sendo habitual a função de pernoita para estes edifícios, muito menos a habitacional.

(b) Cabanas, Fornos, Chivanas, ou Chozas, localizadas nos currais (Carvalho 2006, Cruz 1969, Dias 1947, Dias 1981, Fernandez 1947, Oliveira et. al. 1994): esta tipologia aparece praticamente em toda a região, pertencendo a aldeias onde vigorou o regime pastoril de vezeira, no qual os gados permaneciam na serra entre Maio e Setembro/Outubro, guardados à vez pelos pastores. Na serra os espaços de pastoreio são de direito de uso da aldeia, estando delimitadas secularmente, e os terrenos correspondentes a cada vezeira separados por muros. Durante o dia o gado pasta livremente nas encostas, recolhendo à noite para os currais - área de algumas centenas de metros quadrados, delimitada por muro de alvenaria de junta seca, com cerca de 1m de altura. Em cada curral existe uma cabana, onde se abrigam e pernoitam os pastores, pertença comunitária, correspondendo aos vezeiros zelar pela sua conservação antes da subida dos gados para a serra. São de planta circular, com diâmetro que ronda os 2,5 a 3m, e altura máxima no interior entre os 2,4 e os 2,65m. A entrada é exígua, variando entre 80cm a 1m de altura. As paredes são em alvenaria de granito, em junta seca, fechando a cobertura em falsa cúpula de granito, a qual era revestida com torrões, e por vezes ervas, funcionando como isolamento térmico, e protegendo contra o vento e a chuva.

(c) Casarotas da Serra Amarela e cortelhos, fornos e cabanas das brandas de gado da serra da Peneda/Soajo (Barros 2013, Carvalho 2006, Dias 1947, Dias 1950, Oliveira, Galhano, Pereira 1994): correspondem a aldeias onde o regime de vezeira não foi tão intenso, observando-se a subida dos gados durante período Maio a Setembro/Outubro, predominando a subida por grupos de vizinhos, ou familiares. Algumas destas brandas integram-se em sistemas transumantes com dois pontos de paragem: brandas equinociais (Maio a Julho e Setembro a Outubro), e brandas estivais (Julho a Setembro); descendo à aldeia de Novembro a Abril. Muitos destes edifícios são propriedade privada, embora se implantem entre extensas áreas de baldio, nas chãs de altitude entre os 700 e os 1000m. São áreas construídas, com aspeto de povoado primitivo, que podem ultrapassar a dezena de núcleos construídos. Em oposição ao curral único para todo o gado, aqui encontramos diversas cercas de pequenas dimensões, as bezerreiras (onde são guardadas as crias e as vacas em aleitamento, onde se guarda a lenha e se cozinha), associadas ao abrigo pastoril, denominado de cortelho, existindo em algumas brandas outras construções maiores, designadas por cabanas. Estas construções de planta aproximadamente quadrangular variam no seu interior entre os 1,75m a 2,5m, e os 2 a 2,8m de altura no

topo, sendo a porta estreita e baixa. Não há propriamente distinção entre parede e cobertura em todos os edifícios, pois ambas são constituídas por blocos não afeiçoados de granito, sobrepostos, e com junta seca, fechando numa falsa cúpula onde é difícil distinguir os anéis, devido à irregularidade das peças. A prática de revestir a construção pelo exterior com terra e vegetação também se verificou em algumas destas brandas. Em casos excecionais podem encontrar-se cortelhos de dois pisos, também em falsa cúpula.

(d) Cortelhos, palheiros, ou cardenhas, nas brandas de cultivo (ou mistas) da Serra da Peneda (Barros 2013, Capela 2005, Carvalho 2006, Oliveira et al 1994): devido às especificidades da economia agrícola, os espaços de prado/poulo, bem como os edifícios, são privados. Os espaços exteriores são ordenados, com marcação de caminhos através de muros em alvenaria de granito junta seca, e acessos até às brandas em calçadas, de modo a garantir a circulação do carro de bois, para transporte das colheitas. Os ritmos de permanência são distintos dos espaços exclusivamente pastoris, pelo que o tipo de edificado apresenta outras características. É possível observar nestas brandas distintas fases de evolução, com pequenos núcleos de abrigos e cortelhos em falsa cúpula, de um piso, os quais se foram agrupando e formando conjuntos, muitas das vezes comunicantes entre si pelo interior. Outra das características destas brandas é a presença de abrigos de dois pisos, denominados de cortelhos, palheiros, ou cardenhos, os quais tem acesso independente a cada piso, e simplificando ao espaço mínimo a tipologia de casa da aldeia, pernoitam no inferior os animais, e no superior para o brandeiro. É habitual a presença de pedra de lareira num dos lados do espaço interior do piso superior. A separação entre pisos é feita com sobrado, em soalho de madeira, existindo algumas exceções em que a laje é feita por blocos de granito (ou xisto). A planta dos edifícios é na sua maioria retangular, apresentando-se alvenarias de granito de parede dupla (a qual em muitos casos tem juntas argamassadas), cunhal qualificado, e blocos talhados nas ombreiras e padieiras dos vãos. As coberturas em falsa cúpula são também mais cuidadas, distinguindo-se os vários anéis que a conformam, trabalhando sempre em espiral, e de forma cruzada; as placas da cobertura são ligeiramente inclinadas para o exterior do edifício, permitindo uma melhor escorrência da água. As dimensões em planta destas estruturas são consideravelmente superiores às das restantes brandas, podendo variar entre os 2,5m a 2,7m na maioria dos casos, atingindo os 4,5m por 3,5m na branda de Real. A altura interna é também superior, sendo que o número de anéis da cobertura poderá rondar, ou ultrapassar a dezena, o que, contabilizando a altura total interna dos dois pisos, pode ultrapassar, em alguns casos, os 5m. As portas tem habitualmente entre 1,1 a 1,3m de altura, por 0,7m de largura. Uma das particularidades destas brandas é a complexidade tipológica presente em conjuntos de edifícios, os quais normalmente formam pátio de entrada para o caminho (provável reminiscência das bezerreiras), e se localizam entre este a zona de pasto/cultivo, tendo em alguns casos duas portas (uma para o pátio e outra para o poulo), o que significa que o edifício funciona como filtro entre público e privado. Nestes conjuntos é habitual a presença interligada entre os cortelhos em falsa cúpula e edifícios retangulares de duas águas, designadas por casa de branda, palheiros, ou colmaços.

Outros casos de uso de falsa cúpula na região em estudo podem ser encontrados nas imediações das aldeias, ou mesmo no seu interior, junto às casas de habitação, em abrigos para animais, bem como na cobertura de moinhos.

4 LEVANTAMENTO DO CASO DE ESTUDO

O aprofundamento da investigação seguiu o método de seleção de um caso de estudo, através da realização de levantamentos em dois grupos de edifícios (Grupo A: 41º58'26.6"N 8º19'29.3"W e

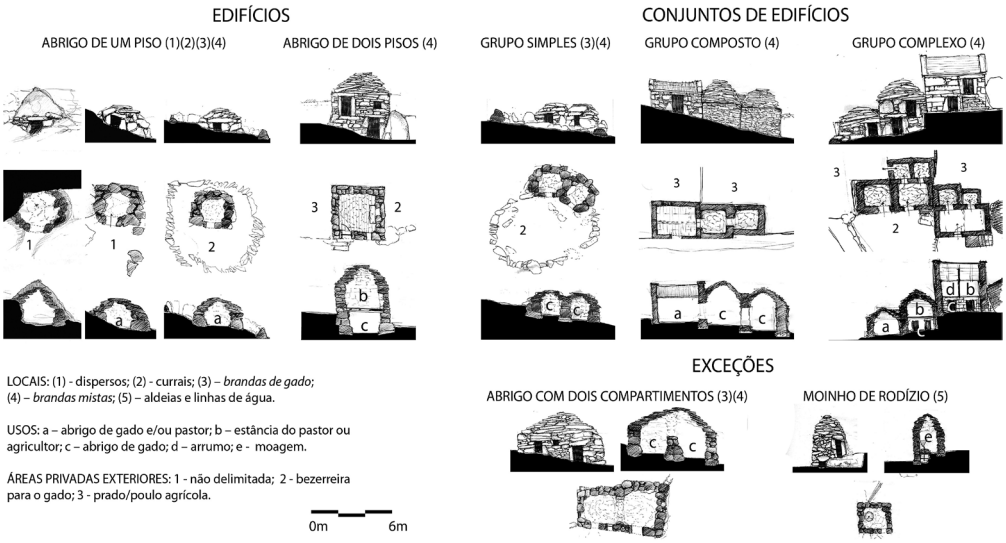


Fig. 7 - Esquema morfo-tipológico das construções em falsa cúpula da região [Barroso et al. 2016].

Grupo B: 41º58'19.5"N 8º19'30.2"W), localizados na branda da Gêmea (altitude 1010m), que juntamente com a branda do Alhal (altitude 740m) pertence ao lugar de Padrão (altitude 495m), Serra da Peneda, freguesia de Sistelo, concelho de Arcos de Valdevez.

Atendendo à complexidade geométrica que caracteriza as estruturas em falsa cúpula, facilmente se pode concluir que os métodos de levantamento convencionais não seriam os mais eficazes para o nível de precisão pretendido. A fim de obter um modelo 3D preciso e uma imagem clara dos edifícios a analisar, foi realizado um levantamento com tecnologia de varrimento laser, utilizando um equipamento Faro Foco3D capaz de gravar coordenadas 3D de milhões de pontos relativos às superfícies dos objetos (Riveiro 2010). Uma vez recolhidos os dados no terreno, a informação foi processada de modo a criar modelos 3D através de nuvens de pontos, réplicas digitais dos edifícios em estudo, o que permitiu uma análise geométrica mais profunda. Os modelos foram estudados segundo parâmetros geométricos, como dimensões verticais, horizontais, assim como através de diversos rácios geométricos, entre paredes e falsas cúpulas, com secções transversais, planos e elevações da base dos edifícios. Os modelos 3D permitiram compreender e analisar relações geométricas complexas presentes nos conjuntos de edifícios, muitas impercetíveis no local, mas observáveis com recurso à nuvem de pontos digital. Com base nos dados recolhidos, a análise foi organizada em grupos de características construtivas, medidas na nuvem de pontos 3D. [8]

4.1 análise dos dados

4.1.1 - Morfologia e tipologia

Pela análise dos dados referentes ao corte vertical e à secção horizontal dos edifícios, conclui-se que cada edifício é organizado de acordo com um

[8] *Relativamente à análise pormenorizada dos dados obtidos e às imagens apresentadas neste artigo, consultar o artigo apresentado no Congresso Euro-Americano REHABEND 2016 (Barroso et al. 2016).*

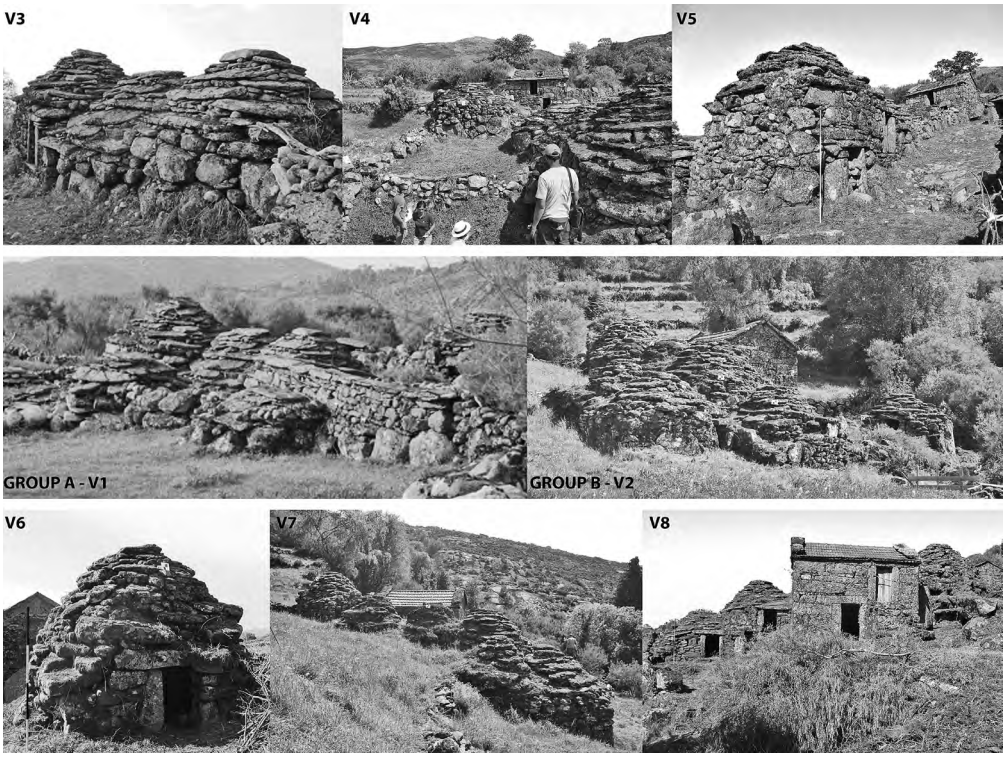


Fig. 8 - Vistas (V) dos grupos de edifícios onde foi realizado o levantamento com varrimento laser: Grupo A (V1, V3, V4 e V5) e Grupo B (V2, V6, V7 e V8) (Barroso et al. 2016).

eixo interno predominante; os abrigos com 2 pisos, apesar de mais altos, não apresentam maior área bruta construída; a forma predominante é a planta retangular, com cantos arredondados, à exceção dos edifícios mais pequenos, que apresentam forma circular. As paredes dos cortelhos em falsa cúpula, quando comparadas com os edifícios com cobertura de duas águas, são menos esbeltas. Aparentemente os edifícios têm uma proporção eminentemente vertical, sugerida pela sua forma cónica, mas uma análise atenta às suas dimensões, conclui que a sua proporção é eminentemente horizontal.

A relação entre área bruta do edifício, área ocupada pela parede, e área útil, é manifestamente desfavorável para esta técnica construtiva, na medida em que cerca de 50% da área bruta do edifício corresponde às zonas ocupadas pelas paredes, demonstrando assim que estas arquiteturas de falsa cúpula são considerados edifícios de massa elevada, sendo apenas otimizada esta relação para os casos de grupos de edifícios, por partilharem paredes de meação.

4.1.2 - Técnica construtiva

Pela análise realizada por observações in loco, levantamentos convencionais, e levantamentos laser, verifica-se que as alvenarias foram construídas com unidades de granito colhido no local. A proporção de placa é resultante da combinação

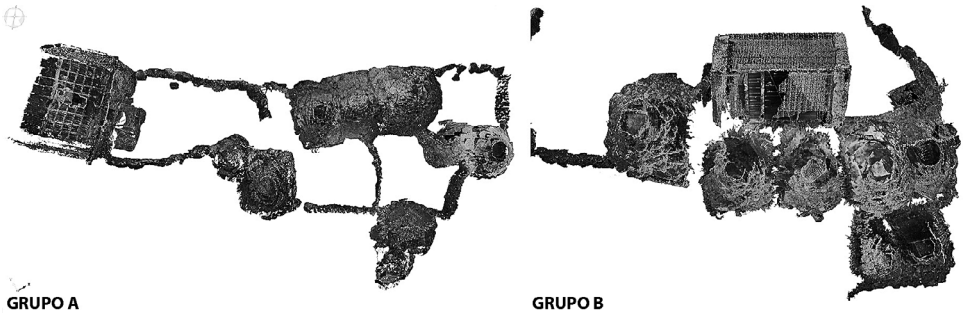


Fig. 9 - Vistas aéreas do Grupo A e Grupo B geradas com o varrimento laser (Barroso et al. 2016).

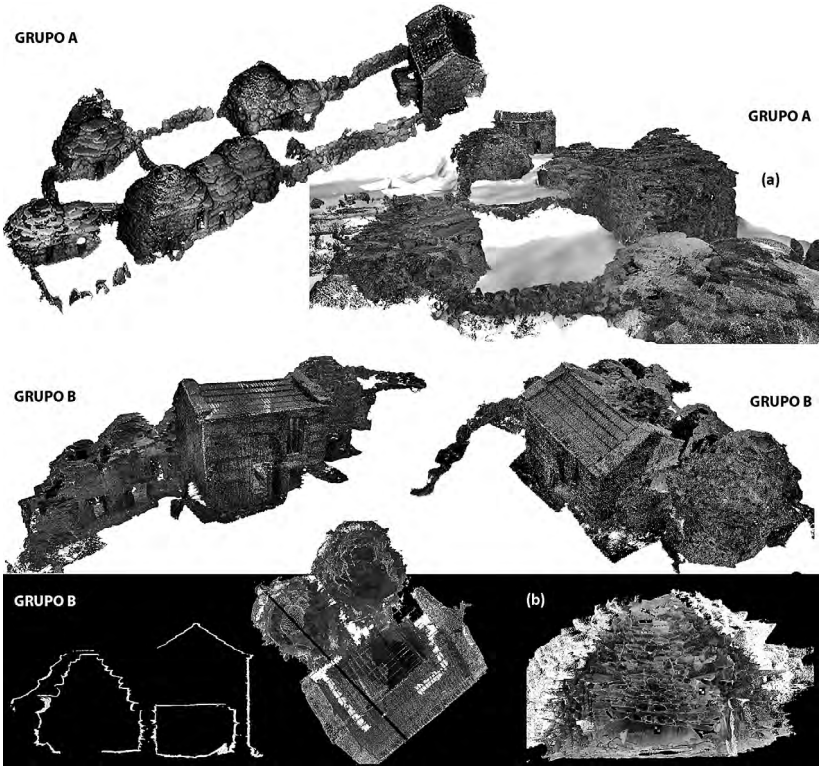


Fig. 10 - Exemplo de imagens do Grupo A e Grupo B geradas pela nuvem de pontos 3D. Vista Axonométrica, Vista Aérea, Perspectiva e Cortes ((a) e (b) - [Barroso et al. 2016]).

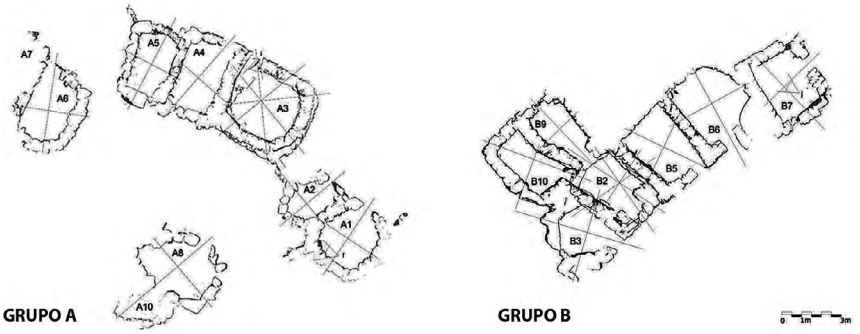


Fig. 11 - Secções Horizontais geradas pelo varrimento laser (Barroso et al. 2016).

entre foliação natural do granito e efeitos da erosão. A água penetra pelas juntas de foliação da rocha, expandindo quando congelada, destacando uma camada de rocha. Os blocos são utilizados preferencialmente nas paredes, sendo as placas aplicadas na falsa cúpula. Nestas brandas específicas, e devido ao tipo de granito disponível, as unidades de alvenaria que constituem as paredes de carga são em formato bloco (a fim de sustentar o impulso da cúpula e resistir às cargas horizontais), e as da falsa cúpula são predominantemente em formato placa (de modo a cobrir maior área horizontal, com o mínimo peso possível). A forma das placas da cobertura influencia diretamente a proporção largura/altura da falsa cúpula, sendo que as unidades maiores são utilizadas na metade inferior do cone, diminuindo de tamanho à medida que a falsa cúpula cresce em altura, para permitir a redução do diâmetro dos anéis, até à pedra de fecho.

4.1.3 - Síntese analítica da técnica construtiva

Foi feita uma tentativa de síntese desta técnica construtiva, para a região em estudo, abordando as ideias-chave:

(a) os edifícios são construídos em paredes de alvenaria, seguindo a tradição local de junta seca (com ou sem fundação), maioritariamente de aparelho muito irregular, com duplo paramento e com recurso a calços, sendo os vãos e os cunhais reforçados com blocos mais regulares e de maiores dimensões. O resultado é uma alvenaria pobre, com pouco travamento entre os blocos, e com uma estabilidade estrutural garantida à custa de paredes com baixa esbeltez e massa elevada;

(b) a forma cónica da falsa cúpula, composta por um só paramento de alvenaria, que constitui o interior e o exterior, é construída sobre o volume estrutural das paredes, e a interligação entre ambas é realizada pelos blocos do primeiro anel da falsa cúpula. Nos cunhais a primeira camada da falsa cúpula é realizada com unidades de alvenaria maiores, o que resolve o problema geométrico de transição entre a caixa retangular e a cobertura cónica;

(c) a alvenaria das falsas cúpulas foi edificada através do cruzamento das unidades de alvenaria, em balanço sobre o centro e em torno de um eixo central, desde o topo das paredes até à pedra de fecho. As unidades de alvenaria em balanço, apoiam em média 2/3 da sua secção sobre pelo menos duas outras unidades de alvenaria do anel inferior. Os vazios resultantes foram preenchidos com unidades pequenas e calços, de forma a garantir a estabilidade das placas. Do lado interior, observa-se também a colocação de calços, de forma a dar uma ligeira pendente às placas de

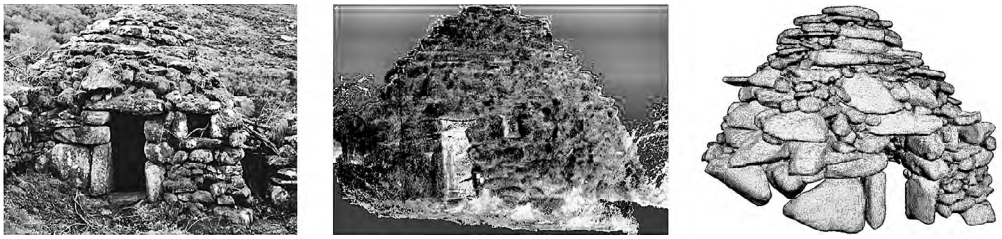


Fig. 12 – Vista, nuvem de pontos e modelo estrutural 3D de um dos edifícios da branda da Gêmea.

alvenaria, para permitir a drenagem das águas pluviais;

(d) o equilíbrio estrutural da falsa cúpula é conseguido pela combinação da transferência vertical da carga resultante do peso próprio da estrutura (por compressão), estabilizada por forças horizontais (atrito) resultante da fricção entre as unidades de alvenaria que compõem a estrutura da falsa cúpula. A carga é transferida às paredes, que por sua vez, a encaminham para o solo de fundação.

5 CONCLUSÕES

A investigação em curso tem como principal objetivo uma melhor compreensão sobre um tipo de património vernáculo relativamente desconhecido em Portugal, recorrendo a uma observação in-situ e a uma análise aprofundada sobre uma técnica construtiva remota. O grande potencial ecológico, turístico e económico destas construções tornou-se evidente, numa época em que o repensar sobre os usos da paisagem rural parece voltar a ganhar importância na opinião pública.

Em comparação com outros métodos de pesquisa já testados, o potencial do uso do varrimento laser revelou-se um método de levantamento eficaz para realizar estudos precisos, neste tipo de geometrias complexas, sendo que através desta investigação foram conseguidos novos dados, assim como a refutação de algumas ideias pré-estabelecidas sobre este tipo de património. Apesar da simplicidade dos seus princípios, o estudo demonstra que existe uma complexidade construtiva associada a estas arquiteturas de falsa cúpulas vernáculas e, simultaneamente, que apesar de uma grande proliferação do uso, existe uma grande criatividade e adaptabilidade nas formas de construir, tendo resultado numa grande variedade de formas, dimensões e estruturas.

Os próximos passos da investigação prendem-se com o desenvolvimento de uma metodologia de preservação e reabilitação apropriados a este frágil património. Pretende-se também que esta se estenda ao restante território, melhorando-a com a incorporação de métodos de avaliação estrutural e levantamento de danos. Como ponto de chegada pretende-se a redação de diretrizes de preservação, associadas à reflexão sobre as estratégias de reutilização destas estruturas, que deveriam passar inicialmente pelo estabelecimento de um quadro legal mais adequado à proteção deste património rural vernacular.

Estes serão os principais desafios a ultrapassar, de modo a garantir a sobrevivência desta herança cultural, reintegrando estas estruturas na vida das comunidades locais, e estabelecendo assim o laço que une o passado ao presente e ao futuro, desde os antepassados que a construíram às novas gerações que habitam esta região.

6 AGRADECIMENTOS

Os autores expressam o seu agradecimento ao Município de Arcos de Valdevez pelo apoio prestado, assim como à Equipa de Sapadores Florestais do Gabinete Técnico Florestal Municipal e da Associação Florestal Atlântica, bem como aos proprietários da "branda" da Gêmea, por consentirem as ações de limpeza e levantamento realizadas.

O primeiro e o segundo autores agradecem à Fundação da Ciência e Tecnologia a atribuição das Bolsas de Doutoramento SFRH/BD/112646/2015 e SFRH/BD/86704/2012. O presente trabalho foi parcialmente financiado pelo FEDER através do Programa COMPETE e pela FCT no âmbito do projeto POCI-01-0145-FEDER-007633.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barros, Fernando. 2013. "Construção do Território e Arquitectura na Serra da Peneda. Padrão (Sistelo) e as suas "brandas" - um caso de estudo". Arcos de Valdevez: Ed. Município de Arcos de Valdevez

Barroso, Carlos E.; Rivieiro, Belén; Oliveira, Daniel V.; Ramos, Luís F.; Barros, Fernando C.; Lourenço, Paulo B. 2016. "Survey and Characterization of corbelled dome architecture in Northwestern Portugal". In Rehabend 2016. Euro-American Congress. Construction Pathology, Rehabilitation Technology and Heritage Management . Burgos (Spain): U. Cantabria, G. de Tec. Edificación, U. de Burgos. pp. 195-204

Capela, José Viriato. 2005. "As freguesias do Concelho dos Arcos de Valdevez nas Memórias Paroquiais de 1758". Arcos de Valdevez: Ed. Município de Arcos de Valdevez

Carvalho, Elza. 2006. "Lima Internacional: Paisagens e Espaços de Fronteira". Tese de Doutoramento em Geografia, ramo de Geografia Humana. Braga: Instituto de Ciências Sociais da Universidade do Minho

Cruz, João Amorim Machado. 1969. "Regime Comunitário Pastoril na Serra Amarela (Ermida - Ponte da Barca)." In Trabalhos do Instituto de Antropologia «Dr. Mendes Corrêa», Fac. de Ciências do Porto. Nº2. Fascículo 1-4, do Vol.XXI dos Trab. de Antropologia e Etnologia. Porto: Imprensa Portuguesa

Dias, Jorge. 1947. "As Casarotas da Serra Amarela. Construções Megalíticas com uma inscrição". In Trabalhos de Antropologia e Etnologia, vol.XI, fascículo 1-2, Instituto de Antropologia, Fac. de Ciências, Porto. pp. 189-191

Dias, Jorge. 1950. "Abrigos Pastoris na Serra do Soajo". In Trabalhos de Antropologia e Etnologia, vol.XII, fascículo 3-4, Instituo de Antropologia, Faculdade de Ciências, Porto. pp. 350-354

Dias, Jorge. 1981. "Vilarinho da Furna. Uma aldeia Comunitária"; nota preliminar e prefácio de Orlando Ribeiro. Temas Portugueses. Imprensa Nacional - Casa da Moeda (1ª Ed. 1948)

Fernandez, X. Lorenzo. 1947. "Antiguas habitaciones de pastores na Sierra del Leboreiro". In Cuadernos de Estudios Gallegos. VII. Santiago de Compostela: C. Sup.de Inv. Científicas Instituto Padre Sarmiento

Guiseppe, S. Todisco, L; Monti, G. 2014. "Effective assessment methodology for trulli in Apulia, Italy". In 9th International Masonry Conference. pp. 1-10

Juvanec, B. 2001. "Six thousand years, and more, of corbelling age of stone shelters". In UNESCOICONAS International Congress.

Juvanec, B. 2015. "'Transformation between corbelling and lintel: Abrigo and Espigueiro". In VERSUS2014 - Vernacular Architecture Towards a Sustainable Future. pp. 393-396

Oliveira, Ernesto Veiga; Galhano, Fernando; Pereira, Benjamim. 1994. "Construções Primitivas em Portugal", 3ª Edição. Lisboa: Publicações Dom Quixote (1ª Ed. 1969)

Oliveira, Ernesto Veiga. 1968. "Construções em Falsa Cúpula" in Geographica, nº16. pp. 65-79

Pereira, Felix Alves. 1895. "Castello de S. Miguel-o--Anjo. Notas de um reconhecimento". In O Arqueólogo Português. Lisboa. Série 1. pp. 161-175

Riveiro, B. 2010. "Validation of Non-Destructive Geomatic Techniques for the Dimensional and Structural Evaluation of Historical Masonry Structures." University of Vigo
Rovero, L.; Tonietti, U. 2014. "A modified corbelling theory for domes with horizontal layers". In Constr. Build. Mater., vol.50. pp. 50-61
Sousa, Tude M. 1927. "Gerez (Notas Etnográficas, Arqueológicas e Históricas)». Coimbra
VV.AA. 2009. "Earth domes and habitats. Villages from Northen Syria." Ed. E. Brussels: C. Prog. 2000

A cortiça na Construção:
Sistemas Construtivos Tradicionais

Silva, Joana Guerreiro[(1)]*; Vale, Clara Pimenta do[(2)]**
[(1)]joanaguerreirosilva@gmail.com, [(2)]clara_vale@arq.up.pt
** Investigadora Independente*
*** Centro de Estudos de Arquitectura e Urbanismo, Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto (CEAU/FAUP)*

RESUMO

O Montado de Sobro é uma floresta autóctone em Portugal pelo que a cortiça tem sido desde sempre uma matéria prima disponível e até abundante. A construção vernácula e tradicional não foi indiferente a vários aspectos do desempenho deste material e naturalmente incorporou-o em estado original em diversos componentes dos edifícios.
Na presente comunicação iremos analisar alguns sistemas construtivos tradicionais que utilizam a cortiça não transformada (em pedaços ou em placas), com base em testemunhos históricos (fontes primárias e secundárias) e na observação de exemplos que chegaram aos dias de hoje. Assim, após um enquadramento mais amplo, serão caracterizados sistemas construtivos de paredes exteriores, de compartimentação interior e de coberturas, a partir de referências escritas e desenhadas, e vestígios atuais.

Palavras-chave: cortiça; arquitectura vernacular; sistemas construtivos; História da Construção.

1.INTRODUÇÃO E ENQUADRAMENTO

O Sobreiro é uma espécie arbórea autóctone da orla mediterrânica e, ainda que pouco referido na bibliografia disponível, a sua casca naturalmente renovável – a cortiça – enquanto material não transformado, foi, desde tempos imemoriais, objecto de interesse para a construção pelas suas características de impermeabilidade, isolamento térmico, resistência a infestantes, durabilidade, imputrescibilidade e, mais tarde, pelo seu comportamento enquanto isolante e absorvente acústico.

2.A UTILIZAÇÃO TRADICIONAL DA CORTIÇA

Antes do crescente interesse económico de que a cortiça foi alvo a partir do século XVIII, associada maioritariamente à produção de rolhas de cortiça para o florescente comércio do vinho, esta foi recorrentemente integrada na construção e empregue de forma bastante ampla, não se limitando apenas a classes sociais ou funções 'inferiores'.

Nesse período, a cortiça seria utilizada sem transformação, usando directamente as placas extraídas do sobreiro, inteiras ou em parcelas. A reportada abundância do sobreiro associada à reduzida extracção da cortiça (devido ao seu baixo interesse económico nessa altura) levam-nos a assumir a disponibilidade de cortiça virgem ou secundeira (obtidas na primeira e segunda extracção) a qual apresenta uma espessura e irregularidade elevadas, eventualmente interessante para a utilização em paredes de alvenaria. No

entanto, no caso dos revestimentos ou tabiques, a cortiça empregue, igualmente sem transformação, apresenta uma espessura inferior e uma maior regularidade, evidenciando uma diferenciação do material para cada função, consoante a periodicidade da sua extracção.

A maior parte das alusões ao uso da cortiça na construção referem-se ao contexto rural mas também se encontram alguns casos em contexto urbano. Um estudo muito representativo das construções em contexto rural em que foi identificado o uso da cortiça foi desenvolvido por Manuel Sílvio Alves Conde e centra-se na construção comum das aglomerações rurais e explorações agrícolas na zona do Médio Tejo nos finais do século XV e inícios do século XVI. Este estudo tem por base tombos de propriedades locais e, mesmo tendo em conta que a documentação patrimonial tende a ser "mais omissa naquilo que é mais comum e considerado de menos valor" (Conde 1997), apresenta uma referência clara à utilização da cortiça na Idade Média. [Figura 1]

2.1 REFERÊNCIAS A REVESTIMENTOS

O registo mais antigo da cortiça empregue na construção em território português refere-se ao seu uso como revestimento e remete-nos para o Castro da Cola, Beja (ocupado entre 1200 a.C. e o séc. XVI), onde foi utilizada num silo no subsolo (Viana 1960). Aplicação idêntica, mas muito mais recente, foi encontrada num silo na suposta antiga Sinagoga de Castelo de Vide, datada dos finais do século XIV (Viana 1960, Ballesteros & Oliveira 1993). Esta associação da cortiça à conservação e protecção dos alimentos também aparece mencionada no primeiro dicionário de Português onde, para a definição de cortiço "nos Coutos de Alcobaça", se diz que "he hum vaso redondo, & comprido, quasi a modo de cubo, composto de pedaços grandes de cortiça, em que do Real Mosteyro de Alcobaça se mandão provisoens, & mantimentos para os Barbatos das Quintas vezinhas, dos Monges de S. Bernardo" (Bluteau 1712 - 1728, 579: 579). Ainda nesta ligação directa com a produção de alimentos, numa utilização muito particular, é digno de menção o Foral Manuelino de Ponte de Sor, outorgado em 1514, onde se autoriza a apanha da cortiça para os moinhos. Por um dos exemplos que chegou aos nossos dias, a cortiça seria associada às mós, de certa forma garantindo uma fricção suavizada das duas pedras.

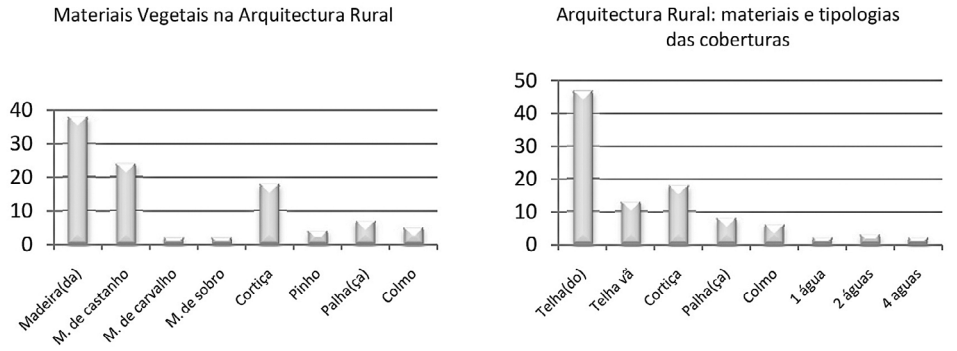


Fig. 1 - Utilização dos materiais vegetais da Arquitectura Rural / Materiais e tipologias das coberturas na Arquitectura Rural (Conde 1997).

No ano de 1517 surgem dois registos de cortiça em revestimentos (a sacristia da igreja de Vila Nova de Milfontes e a nave e alpendre da igreja do Cercal, esta última, em 1554, teve também a capela-mor e todo o corpo da igreja revestidos a cortiça) (ANTT, Mesa da Consciência e Ordens, Ordem de Santiago, Visitações cit. por Quaresma 2014 [2003], 6).

No início do século XX, nas Caldas da Rainha, foi identificada uma moradia revestida a cortiça (Schwalbach 1943) e, segundo relatos, terá chegado aos dias de hoje a Casa de Fresco da Quinta da Ortiga, em Santiago do Cacém, cujo tecto e parte de uma parede interior foram revestidos a cortiça (Quaresma 2003).

2.2 REFERÊNCIAS A COBERTURAS

Surgem referências ao uso generalizado da cortiça na construção, ao longo do séc. XIV, encontrando-se menções a locais específicos, como a carta régia que refere concretamente Santa Maria da Glória, em Salvaterra de Magos, ao conferir autorização para a extracção e utilização da cortiça para cobertura de casas aos moradores desta localidade (Vieira 1988). Outro documento, da Chancelaria de D. Manuel I, datado de 1496, que dá conta da existência de uma casa em Idanha coberta de cortiça (Chancelaria Régia 1496). E desse documento - uma queixa do roubo dessa cortiça - pode-se também aferir a valorização do material à época.

Documento gráfico ilustrativo do emprego da cortiça na construção é o "Livro das Fortalezas" de Duarte d'Armas, onde, no início do século XVI, se identificam três burgos com algumas casas cobertas a cortiça: Penha Garcia, Penas Róias e Outeiro (Duarte de Armas 1495-1521, 1990).

Existem várias outras referências a coberturas em cortiça na arquitectura civil:

- Em 1520 várias casas em taipa cobertas com cortiça na Landeira, Montemor-o-Novo (Andrade 1977);

- Em 1573, em Colos, havia casas com forro em cortiça (Loureiro 1984);

- Em 1696 eram várias as casas e alpendres em São Martinho das Amoreiras com estas coberturas, aos quais se juntavam um celeiro, um palheiro, um curral e um forno (Arquivo Histórico da Junta de Freguesia de São Martinho das Amoreiras, Tombo dos bens e propriedades da Jgreya de Sam Martinho cit. por Quaresma 2014 [2003], 7);

- Em 1758 existia uma casa em São Lourenço de Lavre e vários montes em Sabóia cobertos de cortiça (Quaresma 2006, 2014 [2003], 7) (ANTT 1758).

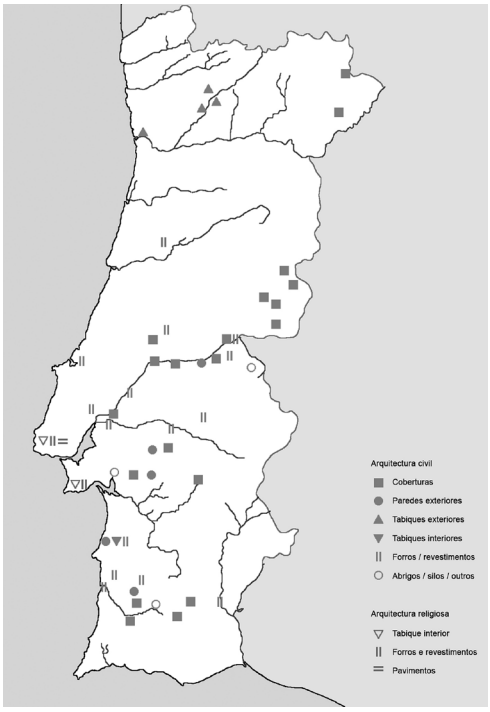


Fig. 2 - Mapa síntese da localização dos edifícios que envolvem cortiça em Portugal Continental, segundo tipologia e sistema construtivo (Silva & Vale 2010).

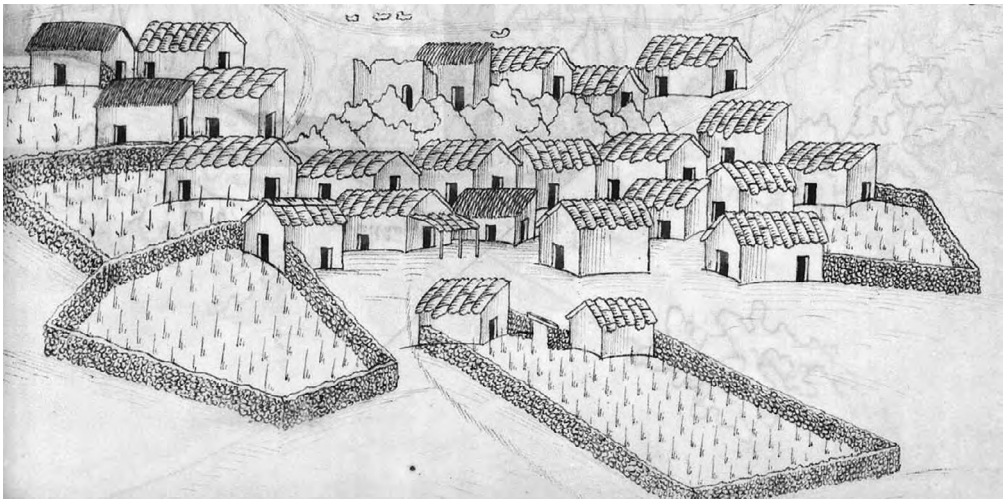


Fig. 3 - Penas Róias. Ilustração de Duarte de Armas (Duarte de Armas 1495-1521).

2.3 REFERÊNCIAS A PAREDES E TABIQUES

Em 1669, através dos relatos da visita de Cosme de Médicis a Portugal, surge a primeira referência à construção em alvenaria de cortiça e terra numa casa de lavradores na Venda de Palhavã, actual Herdade de Palhavã, em Cabrela (Magalotti, Sánchez-Rivero & Mariutti 1933). Mais tarde, em 1931, surge outra referência a estas alvenarias em várias casas em Vale de Feteira, Gavião (Vasconcelos 1975). Recentemente, uma casa em Vila Nova de Santo André (Quaresma 2014 [2003], 2003, Ferreira 2005) e outra em Relíquias (Quaresma 2003) apresentavam também estas alvenarias nas paredes exteriores, revestidas com um reboco de cal e areia.

Entre os séculos XVII e XIX, no Porto, vários foram os casos identificados de tabiques exteriores reforçados onde tinha sido empregue cortiça como isolamento contra o calor, frio e humidade (Teixeira 2004). Casos semelhantes foram identificados em 1988 em várias localidades de Terras de Basto (Oliveira, Galhano & Pereira 1988).

2.4 ARQUITECTURA RELIGIOSA

A arquitectura religiosa das ordens mendicantes tem também bastante relevo no estudo do emprego da cortiça na construção uma vez que, pela sua importância, foi de certa forma mantida, permitindo chegar aos dias de hoje. Entre os séculos XVI e XVII foram fundados três conventos franciscanos que seguiram criteriosamente os princípios de pobreza e de utilização dos materiais locais disponibilizados pela Natureza na sua construção. São eles o Convento da Arrábida, fundado em 1542, o Convento de Santa Cruz da Serra de Sintra, de 1554 (Lichnowsky 1844, 131-132, Alexander 1835, 228-230, Murphy 1795, 255-257), e o Convento de Santa Cruz do Buçaco, de 1628 (Carvalho da Costa 1708, 71, Lichnowsky 1844, 177-179). Nestes três casos a cortiça foi empregue em vários sistemas e elementos construtivos, associada ao conforto térmico e acústico - na constituição de tabiques, pavimentos e forros - mas também trabalhada como elemento decorativo. O carácter e localização dos edifícios conventuais, a par com o inusitado da utilização do material para um

estrangeiro, levam a uma repetição de relatos por parte de viajantes, acabando por dar uma visibilidade maior à utilização neste tipo de edifícios.

3. ANÁLISE E DESCRIÇÃO DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS

A partir do conjunto de referências escritas e desenhadas e da observação dos exemplos que ainda permanecem actualmente, tentou-se sistematizar a informação e analisar a utilização da cortiça, do ponto de vista da descrição do sistema construtivo utilizado, seus componentes e relação com outros materiais. Esta análise, que aqui será apresentada de uma forma mais sintética, decorre de uma investigação desenvolvida em contexto académico (Silva 2009).

3.1 COBERTURAS

No tema das coberturas, apesar de identificadas várias referências, apenas foi encontrada uma representação gráfica: os desenhos constantes no "Livro das Fortalezas" [Figura 3].

Este livro é o resultado de um trabalho incumbido a Duarte de Armas pelo rei D. Manuel I (1495 – 1521) no princípio do século XVI e que consistia no levantamento das fortalezas fronteiriças e dos burgos em seu redor. No conjunto dos desenhos à pena que compõem o levantamento, encontramos três tipos de representações esquemáticas mas recorrentes das coberturas das construções próximas à fortaleza em questão, sendo que uma delas é identificada por vários autores como sendo em cortiça. Nestes casos, reconhecem-se elementos de comprimento variável mas em regra elevado, com largura expressiva e superfícies côncavas, colocados no sentido da inclinação da água do telhado. Depreende-se que a estrutura subjacente seria em madeira, de maior ou menor complexidade, onde seriam afixadas as pranchas, por pregagem tosca [Figura 4].

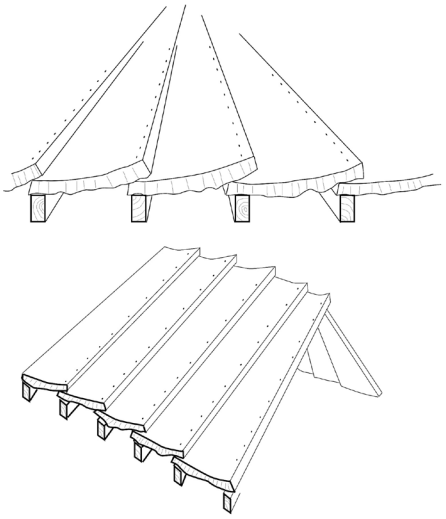


Fig. 4 - Esquemas construtivos de coberturas (Silva 2009).

3.2 ALVENARIAS EXTERIORES

A construção com terra constituiu uma das facetas da arquitectura popular e, nas zonas de montado de sobro, a cortiça foi recorrentemente elemento integrante dessa construção, empregue de forma bastante ampla, não se limitando sequer às funções utilitárias e às classes sociais inferiores.

A integração da cortiça em alvenarias esteve sempre associada à terra, funcionando esta última como ligante. Estudando os registos dos casos que chegaram até nós, avaliando o estado de conservação e o sistema construtivo, podemos deduzir um conjunto de afinidades entre a integração da cortiça como alvenaria e os sistemas mais correntes de taipa e adobe: a necessidade de construção de um embasamento contínuo em pedra no subsolo que se eleve um pouco acima da cota do terreno de modo a proteger a terra da humidade ascendente e a base da parede dos salpicos decorrentes das chuvas; a necessidade de atender à qualidade da terra, nomeadamente à sua composição e adequa-

ção para funcionar como ligante; a necessidade de garantir a manutenção da parede quer seja através da reposição ou reforço de partes que possam eventualmente desgastar-se na estação de chuvas ou procurando proteger a terra recorrendo a um material de protecção, como por exemplo a cal; e, finalmente, garantir a protecção do topo da parede de forma a impedir a entrada de água proveniente da cobertura uma vez que conduz facilmente à erosão da terra e ruína do muro/parede [Figura 5 e 6].

Alvenaria de pranchas de cortiça - sistema construtivo

Abordaremos, de uma forma particular, o sistema construtivo acima documentado, por ser aquele que em melhores condições chegou aos nossos dias e do qual existem registos.

Neste sistema vemos a cortiça sob a forma de pranchas cujo comprimento define a espessura da parede, cerca de 0,50 a 0,70 m [Figura 5]. As pranchas de cortiça são sobrepostas contrafiadas e de forma transversal ao muro, ligadas por 'argamassa de terra', funcionando como se cada uma se tratasse de um tijolo ou adobe, sendo possível incorporar peças pequenas e irregulares e mesmo algumas pedras. O acabamento da parede pode procurar a regularidade, através da homogeneização da dimensão das pranchas e do enchimento do espaço entre elas, ou pode apresentar uma textura irregular, deixando as pranchas salientes.

Nos exemplos fotografados [Figura 5], apresenta-se uma textura forte pelo recuo do material ligante, provavelmente derivado à erosão da terra, mas foi aqui procurada alguma homogeneidade pela regularidade das pranchas de cortiça empregues.

No segundo conjunto de fotografias [Figura 6], a proporção cortiça-ligante é mais equilibrada, provavelmente devido à heterogeneidade

Fig. 5 - Registos fotográficos de paredes em alvenaria de cortiça (Ferreira 199-).

Fig. 6 - Paredes de 'alvenaria de cortiça' em Cortiçadas de Lavre, vista geral e pormenor (Alves 2012).

das pranchas de cortiça. Aqui foi aplicado um reboco, o que pode justificar a manutenção de grande quantidade da terra, ao estar protegida da erosão.

Esquematicamente, o sistema construtivo pode ser representado pela Figura 7.

Tabiques

Encontramos registos do uso de cortiça em tabiques exteriores e interiores, sendo que apenas destes últimos foram encontrados exemplos que chegaram até nós.

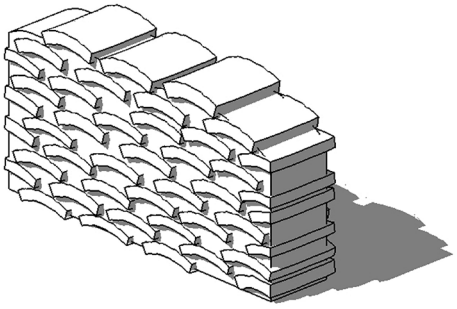


Fig. 7 - Esquema construtivo de parede em alvenaria de pranchas de cortiça (Silva & Vale 2010).

Analisamos o exemplo do Convento de Santa Cruz da Serra de Sintra, onde a cortiça é profusamente utilizada para conferir protecção contra a humidade, empregue em forros (tetos, portas, elementos estruturais…), pavimentos e tabiques (tendo estes últimos também a função de melhor insonorizar cada cela, uma vez que a elas recorriam os monges para total isolamento). A cortiça empregue nos tabiques é apenas visível devido à degradação do reboco em consequência da humidade [Figura 8].

O sistema construtivo dos tabiques interiores seguiria o processo construtivo do tabique convencional, com estrutura interior de madeira, executados usualmente depois de terminado o soalho ou o sobrado, na fase dos acabamentos (Teixeira 2004). A cortiça seria fixa ao tabuado de madeira do tabique por meio de pregos (bastante visíveis nos elementos forrados a cortiça deixada à vista devido à oxidação do ferro), revestida por argamassa e caiada [Figura 9]. Em algumas circunstâncias poderia ser utilizado o ripado, para garantir maior aderência das argamassas.

4.CONSIDERAÇÕES FINAIS

No período pré-industrial, a utilização na construção de cortiça não transformada decorre de múltiplos factores, desde as características intrínsecas e únicas do material, a sua disponibilidade local, até à falta de uma rede capaz de escoamento dos produtos que permitisse colocar a cortiça em locais onde a mesma fosse mais valorizada economicamente (situação que se mantém até ao estabelecimento de redes de caminho de ferro e redes viárias 'modernas'). Mas, salvo nos casos dos revestimentos utilizados nos conventos das ordem mendicantes atrás referidos, onde se identifica uma intencionalidade arquitectónica e estética na sua eleição, a utilização da cortiça resulta menos de uma escolha efectiva e consciente e mais de uma circunstância de disponibilidade, aspecto que acaba a justificar o quase desconhecimento da sua utilização na construção.

Fig. 8 - Tabique no Convento de Santa Cruz da Serra de Sintra (Silva 2009).

5.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alexander, James Edward, Sir. 1835. Sketches in Portugal, during the civil war of 1834. London: J. Cochrane and Co.

Alves, Cipriano. 2012. "Cortiçadas de Lavre, passado, presente e futuro." Consultado em 30-05-2015. http://ciprianoalves.blogs.sapo.pt/532.html / http://fluirdaterra.blogspot.pt/2011/05/casas-de-terra.html.

Andrade, António Alberto Banha de. 1977. "Breve História das Ruínas do Antigo Burgo e Concelho de Montemor-o-Novo." Grupo de Amigos de Montemor-o-Novo e de A Defesa (col. Cadernos de história de Montemor-o-Novo, Nº 3).

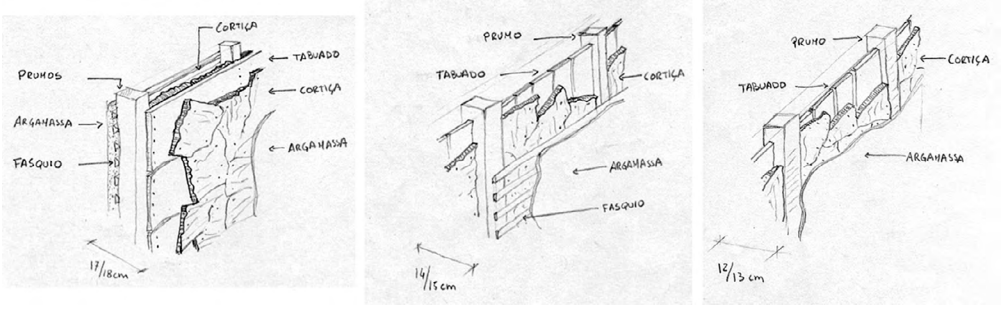


Fig. 9 - Esquema construtivo de tabiques com cortiça (Silva 2009).

ANTT. 1758. Memórias Paroquiais, Vol. 33, nº 8, pp. 43 a 50: Sabóia, 1758, Maio, 19 - Memória Paroquial da freguesia de Sabóia, comarca de Beja. Consultado em: http://portugal1758.di.uevora.pt/index.php/lista-memorias/72-odemira/3383-odemira-saboia.

Ballesteros, Carmen & Jorge de Oliveira. 1993. "A Judiaria e a Sinagoga de Castelo de Vide." IBN Maruán. Revista Cultural do Concelho de Marvão. Edição da Câmara Municipal de Marvão. Tipografia Guedelha; Portalegre (3):123-152.

Bluteau, Raphael. 1712 - 1728. Vocabulario Portuguez & Latino: aulico, anatomico, architectonico... 8v. vols. Coimbra: Collegio das Artes da Companhia de Jesus.

Carvalho da Costa, António. 1708. Corografia portuguesa, e descripçam topografica do famoso reyno de Portugal... Vol. 2. Lisboa: Na officina de Valentim da Costa Deslandes ...

Chancelaria Régia. 1496. Lopo Afonso, Lavrador, Morador na cidade da Idanha, tinha uma casa coberta de cortiça... ANTT, Chancelaria de D. Manuel I, liv. 32, fl. 75.

Conde, Manuel Sílvio Alves. 1997. "O Médio Tejo nos finais da Idade Média: a Terra e as Gentes." Tese de Doutoramento em História Medieval, Universidade dos Açores.

Duarte de Armas. 1495-1521. Livro das Fortalezas situadas no extremo de Portugal e Castela por Duarte de Armas, escudeiro da casa do Rei D. Manuel I.

Duarte de Armas. 1990. Livro das Fortalezas. Fac-Simile do Ms. 159 da Casa Forte do Arquivo Nacional da Torre do Tombo Lisboa: ANTT & Edições INAPA.

Ferreira, Rui Fontes. 199-. Conjunto de fotografias a cores. Colecção Particular.

Ferreira, Rui Fontes. 2005. "Cortiça na arquitectura tradicional portuguesa: um material construtivo ignorado." In Arquitectura de Terra em Portugal, edited by Maria Fernandes&Mariana Correia. Lisboa: Argumentum.

Lichnowsky, Felix Maria Vincenz Andreas. 1844. Portugal. Recordações do anno de 1842. Lisboa: Imprensa Nacional.

Loureiro, Francisco de Sales de Mascarenhas. 1984. Uma jornada ao Alentejo e ao Algarve: a alteração das linhas de força da política nacional, Colecção Horizonte histórico, nº 3. Lisboa: Livros Horizonte.

Magalotti, Lorenzo, Ángel Sánchez-Rivero & Ángela Mariutti. 1933. Viaje de Cosme de Médicis por España y Portugal (1668-1669), edicion y notas por Angel Sánchez Rivero y Angela Mariutti de Sánchez Rivero. 2 vols. Madrid: Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas, Centro de Estudios Históricos.

Murphy, James Cavanah. 1795. Travels in Portugal; through the provinces of Entre Douro e Minho, Beira, Estremadura, and Alem-tejo, in the years 1789 and 1790, consisting of observations on the manners, customs, trade, public buildings, arts, antiquities, &c. of that kingdom. London: A. Strahan [etc.].

Oliveira, Ernesto Veiga de, Fernando Galhano & Benjamim Pereira. 1988. Construções primitivas em Portugal. 2ª ed ed, Portugal de Perto 17. Lisboa: Dom Quixote.

Quaresma, António Martins. 2003. "Sudoeste Alentejano: materiais de construção tradicionais." A terra na Arquitectura, Sines, 8 de Novembro.

Quaresma, António Martins. 2006. Odemira Histórica. Estudos e Documentos. Odemira: Câmara Municipal de Odemira.

Quaresma, António Martins. 2014 [2003]. "Sudoeste Alentejano: materiais de construção tradicionais." In. Vila Nova de Milfontes. https://independent.academia.edu/Ant%C3%B3nioMartinsQuaresma.

Schwalbach, Luís. 1943. "Excursão através de montados – valor das pequenas indústria." Boletim da Junta Nacional da Cortiça (58, Agosto).

Silva, Joana Guerreiro & Clara Pimenta Vale. 2010. "A utilização da cortiça em paredes de adobe. Con-

texto histórico e perspectivas futuras." 6º ATP / 9º SIACOT, Coimbra, 20-23 de Fevereiro.
Silva, Joana Isabel M Guerreiro. 2009. "A utilização da cortiça na arquitectura tradicional portuguesa." Prova Final de Licenciatura, Faup.
Teixeira, Joaquim José Lopes. 2004. "Descrição do sistema construtivo da casa burguesa do Porto entre os séculos XVII e XIX. Contributo para uma história da construção arquitectónica em Portugal." Provas de aptidão pedagógica e capacidade científica, Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto.
Vasconcelos, José Leite de. 1975. Etnografia Portuguesa. Vol. 3. Lisboa: Imprensa Nacional Casa da Mpoeda.
Viana, Abel. 1960. "Notas Históricas, Arqueológicas e Etnográficas do Baixo Alentejo: Nossa Senhora da Cola." Separata do "Arquivo de Beja".
Vieira, José António Neiva. 1988. "Legislação relativa ao sobreiro e à cortiça." Boletim Cortiça, Suplemento do nº 600. Instituto dos Produtos Florestais.

A introdução dos Transformados Derivados de Cortiça na Construção Portuguesa

Entre os Ecos do Estrangeiro e a Implementação Nacional

Vale, Clara Pimenta do[(1)]*; Silva, Joana Guerreiro[(2)]**

[(1)]clara_vale@arq.up.pt, [(2)]joanaguerreirosilva@gmail.com

** Centro de Estudos de Arquitectura e Urbanismo, Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto (CEAU/FAUP)*

*** Investigadora Independente*

RESUMO

A Cortiça esteve presente na construção desde tempos imemoriais sem nunca se estabelecer verdadeiramente como um material de construção. A partir do século XVIII, com o advento da produção e exportação vinícola, o material vê-se valorizado economicamente pela indústria das rolhas, e outras indústrias subsidiárias, que utilizam os desperdícios da primeira numa miríade de materiais transformados e de usos, nos quais, mais tardiamente, se incluirá novamente a construção.

Neste artigo abordaremos o período inicial de afirmação da cortiça como material de construção a partir da análise das patentes internacionais, das referências aos novos produtos em bibliografia técnica e de divulgação nacional e de um conjunto de licenças de obra na cidade do Porto, onde se percebe que as novas utilizações decorrem do desempenho técnico (acústico e térmico) do material mas também de uma associação a uma imagem de modernidade.

Palavras-chave: cortiça, sistemas construtivos, História da Construção, industrialização.

INTRODUÇÃO E ENQUADRAMENTO

Apesar de marginalmente referida na bibliografia disponível, a cortiça foi largamente utilizada na construção tradicional, como se pode analisar em trabalhos anteriores (Ferreira 2005, Silva 2009, Quaresma 2014 [2003], Silva & Vale 2010, Silva & Vale 2015). Essa utilização – como aplicação direta de material não transformado – foi decaindo naturalmente à medida que toda a produção começou a ser dirigida para o seu uso *mais nobre*, a indústria das rolhas de cortiça, a partir do século XVIII. Se das descrições do período anterior à industrialização se consegue constatar o valor do material na edificação, alvo até de furtos depois de aplicado, no momento em que o mesmo se torna um elemento importante no processo de produção e exportação vinícola, percebe-se que a sua utilização seria melhor rentabilizada nesse âmbito do que na construção de edifícios. Contudo, se a indústria de rolhas é a sua utilização preferencial e mais rentável, a mesma também significa um desperdício considerável de matéria prima, uma vez que cerca de 2/3 da cortiça é desaproveitada entre o corte da rolha e deficiências do próprio material que o tornam impróprio para esse uso. Com o tempo, a inteligência humana procura formas de utilização desses desperdícios, e um dos que se prova importante é a utilização a granel, após trituração, como enchimento de vários elementos, por exemplo, das primeiras câmaras refrigeradas ou dos coletes salva-vidas (cuja neces-

Fig. 1 - Enchimentos de cortiça a granel (Armstrong Cork Company 1909).

Fig. 2 - Descarregando cortiça na estação do Romeu em 1912 ([S.N.] 1912).

sidade se amplia com o crescimento das viagens transatlânticas), entre outras utilizações [Figura 1]. Aumentos de procura que vão significando um reforço progressivo da produção mundial, feita ao ritmo lento da exploração do montado de sobro, que vê as gerações humanas sucederem-se, quase três até uma rentabilização da produção.

Durante o século XIX, Portugal e Espanha são os maiores produtores e exportadores, sendo do entreposto de Sevilha de onde partem a maior parte dos navios com fardos de cortiça destinados aos Estados Unidos. Portugal vai reforçando a sua produção, ao longo do século, não apenas no Alentejo, mas também no Nordeste Transmontano, neste segundo caso resultado fundamentalmente da ação da empresa Clemente Menéres (Alves 2014), cujo principal negócio é o vinho e onde a exploração da cortiça aparece em relação direta [Figura 2]. Portugal irá ainda beneficiar da guerra civil espanhola (Mendes 2002, 50) que acaba a separar a parte de produção, centralizada na Andaluzia e Estremadura, da parte de transformação e comercialização, localizada essencialmente na Catalunha, ao mesmo tempo que danifica as instalações industriais. Um reforço estratégico do montado, feito pelo Estado Novo, acaba a colocar-nos francamente na dianteira da produção mundial, lugar que ainda hoje ocupamos.

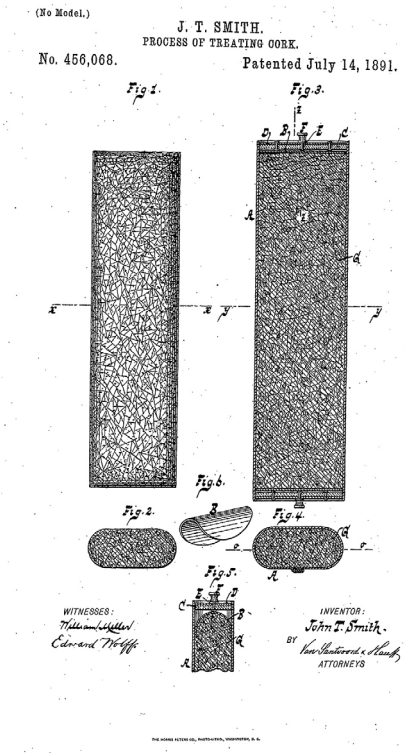
AS PATENTES DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

No final do século XIX, com o desenvolvimento, fundamentalmente em Inglaterra, França, Estados Unidos e Alemanha, de um conjunto de patentes para a transformação da cortiça, abre-se um mundo de novas possibilidades. Estas patentes, que num primeiro nível se dedicam a formas mais eficientes de produção de rolhas, num segundo nível vão no sentido de aproveitar o que é o enorme desperdício dessa indústria, para a produção de aglomerados, de abrangente utilização, incluindo a construção. Algumas dessas patentes referem-se especificamente a materiais e elementos de construção, como 'tijolos' e 'telhas' executados com aglomerados à base de cortiça, e que usavam diferentes ligantes, dos betuminosos aos cimentícios, passando pela borracha e óleos oxidados, este últimos geralmente mais relacionados com materiais de revestimento. Graffigny (1888, 170-171) refere que provavelmente a primeira ideia patenteada de um aglomerado de cortiça foi registada em França, em 1877, por uma senhora de sobrenome Coster sob a denominação *"simili-liége"*. Na composição, para além do pó de cortiça, entraria serradura muito fina de madeira, borracha dissolvida em óleo, oxicloreto

de magnésio e uma cola forte. Na opinião do autor, apesar de a inventora ter previsto uma grande quantidade de utilizações do novo material, não chegou a tirar diretamente partido do mesmo.

Momento digno de menção é o da descoberta acidental, por John Smith, em 1891 (Smith 1891, 1892), do processo de fabricação do aglomerado negro (obtido por cozedura em autoclave da cortiça triturada, usando a temperatura e pressão para 'fundir' o agregado num bloco único, sem adição de qualquer ligante) [Figura 3 e 4].

Se já bastante relatado na bibliografia da área (Thomas 1928, 29-30), continua a merecer referência pelo facto de corresponder ao início de um processo que ainda hoje se emprega, e que faz cada vez mais sentido pelas preocupações com a sustentabilidade e ciclo de vida dos materiais que devem informar atualmente as nossas escolhas. Efetivamente, na segunda metade do século XIX procuravam-se aditivos que pudessem ser usados para agregar a cortiça triturada, ou mesmo o pó de cortiça, para o fabrico de novos materiais, rentabilizando o desperdício. Descobrir que a cortiça encerrava em si própria o 'aditivo' necessário à re-aglomeração da matéria prima, valorizou-a do ponto de vista comercial e do ponto de vista ambiental.


(No Model.)

J. T. SMITH.

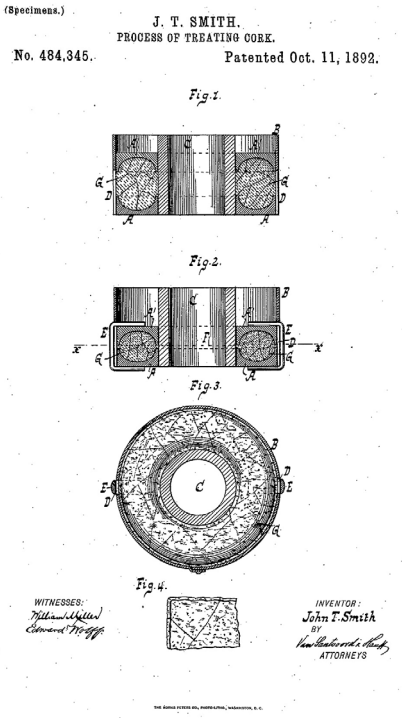
PROCESS OF TREATING CORK.

No. 456,068. Patented July 14, 1891.

Fig. 1. Fig. 3. Fig. 6. Fig. 2. Fig. 4. Fig. 5.

WITNESSES: INVENTOR: John T. Smith. BY ATTORNEYS

Fig. 3 - Imagem que acompanha a primeira patente do aglomerado negro de cortiça (Smith 1891).


(Specimens.)

J. T. SMITH.

PROCESS OF TREATING CORK.

No. 484,345. Patented Oct. 11, 1892.

Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.

WITNESSES: INVENTOR: John T. Smith BY ATTORNEYS

Fig. 4 – Patente para a produção de aglomerado negro em forma de anel (Smith 1892).

Do conjunto de patentes analisadas relativas ao final do século XIX e primeiros anos do século XX, vale a pena referir, a título de exemplo, máquinas para triturar a cortiça (Armstrong 1891), necessárias para a regularização dimensional do agregado, que seriam usadas quer para a utilização a granel quer como preparação do material para os primeiros aglomerados, utilizados também na construção civil [Figura 5]. Ou o desenvolvimento de aglomerados, tendo como fim a produção de rolhas, mas que facilmente poderiam ser também utilizados para materiais de construção e isolamento (King 1876). Com interesse direto na presente investigação, algumas patentes relativas especificamente a materiais de construção e acabamentos, como blocos aligeirados com cortiça (Jones 1903), revestimentos de paredes para isolamento acústico (Dolmetsch 1907), blocos de isolamento térmico com encaixe macho fêmea e face com acabamento decorativo (Kammerer 1910).

O registo nos Estados Unidos da patente do *Linoleum* (Walton 1874), inventado em Inglaterra, em 1860, por Frederick Walton, permite o início da produção deste novo material do outro lado do Atlântico pela empresa Joseph Wild Co. (mais tarde American Linoleum Company). Pelo registo de um grande número de patentes relacionadas com o *linoleum*, como melhorias no seu fabrico ou ferramentas para a aplicação, se percebe a importância que este material teve, e que se manteve até meados do século XX.

Portugal, nessa primeira fase da industrialização, atua unicamente como produtor e utilizador

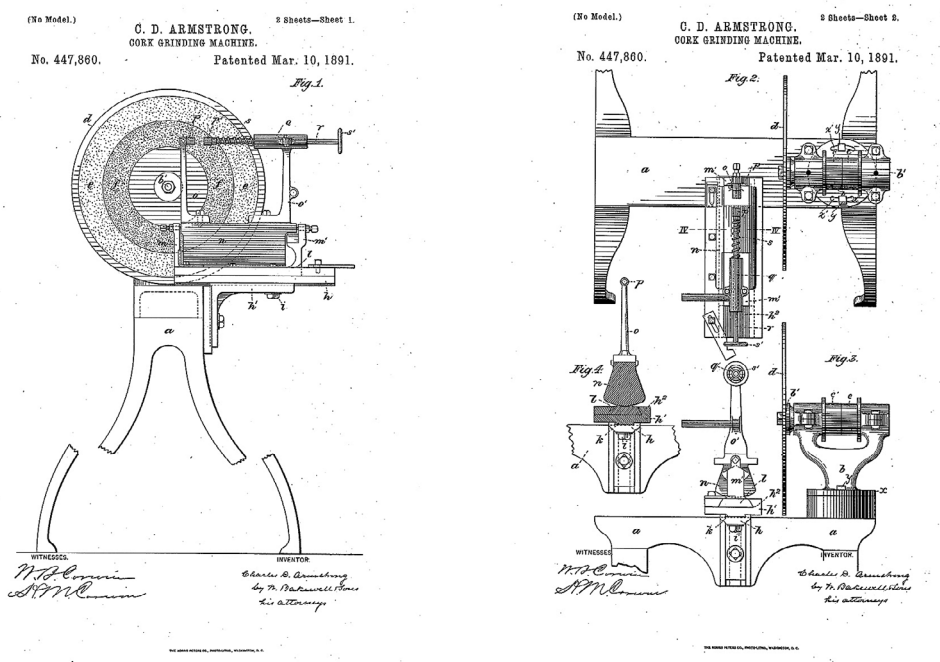


Fig. 5 - Máquina para triturar cortiça (Armstrong 1891).

final, exportando a matéria prima e importando a cortiça transformada à medida que as diferentes formas industrializadas vão sendo desenvolvidas quer nos Estados Unidos quer no Continente Europeu. A história desses primeiros tempos de utilização de materiais transformados derivados da cortiça, prévia à instalação de unidades industriais de transformação em Portugal, ainda não está feita, sendo aqui dado um pequeno contributo, baseado fundamentalmente em investigação sobre referências à cortiça na bibliografia da época.

A CORTIÇA NA LITERATURA TÉCNICA E DE DIVULGAÇÃO

Nos livros técnicos e nas nossas revistas de Arquitectura as notícias dessas novas formas de utilização vão chegando. Algumas, pelo tom como são escritas, aparentemente serão traduções de outras notícias, publicadas em revistas congéneres estrangeiras e não indiciam ainda o uso nacional do produto transformado. Outras são publicidades de representantes (estrangeiros ou nacionais), outras ainda tentativas nacionais de replicar produtos estrangeiros.

O livro *'Construções Rurais'*, publicado em 1905 (escrito provavelmente em 1904), corresponde a um manual de construção dedicado não apenas aos edifícios de exploração agrícola, como também a todas as construções que se possam localizar em espaço rural. O mesmo consegue dar-nos importantes pistas sobre as introdução de aglomerados de cortiça em Portugal. O autor, Augusto de Figueiredo, relatava que em 1901 tinham sido incorporadas nas coleções do Instituto de Agronomia alguns exemplares de *"pedras artificiais"* constituídas por cortiça (em serradura ou serrim) e uma *"substancia aglutinativa que não pósso precisar, mas parece ser um misto d'alcatrão e, acáso, um pouco de coáltar ou 'bôrra de gaz' d'iluminação"*. Refere ainda a publicidade a que teve acesso, da empresa *"Denniel & C.º, de Paris"* relativa a *"tijólos, têlhas (?) e manilhas, sem indicação do misto nem do fabrico"*. Avaliando as características destes tijolos, que considera que podem *"prestar bons serviços como material mau condutor do calor e do som"*, alerta contudo para o facto de os mesmo terem *"o defeito de se comprimirem e deformarem sob pressão"*, para além de poderem ser perigosas em caso de incêndio (Figueiredo 1905, 34-35).

Assim refere que encetou ele próprio, em 1904, um conjunto de experiências de formulações diversas de tijolos com a incorporação de cortiça, como alternativa ao material importado, e com melhores características. Na experiência foram testadas 4 formulações diferentes, ou "mistos" pela designação da época[1], e 'ensaiados' empiricamente os tijolos, com cerca de 116 cm^3, relativamente ao peso e resistência.

Considera haver vantagens na utilização da cortiça, dando "*maior coerencia que a do tijolo d'argamassa ordinária*" e por ter uma densidade muito menor, podendo ser aplicados "*em muros de mansardas e outras construções lijeiras*". E termina comparando com os tijolos vindos de Paris, referidos anteriormente, dizendo que os de argamassa de cal, por não serem compressíveis e serem resistentes ao fogo, devem ser preferidos. Em relação aos tijolos com incorporação de gesso, considera que os mesmos são mais quebradiços, apesar de apresentarem sensivelmente as mesmas características da amostra n.º 3, com cal gorda (Figueiredo 1905, 283-284). Assumindo que este tipo de materiais não se adequa às construções rurais, justifica a sua opção de inclusão como um "*despertar a atenção da industria fabril do país*",

[1] *Os traços testados, e os pesos respectivos, foram os seguintes:*
1.º - "...cal gorda e areias grossas gordas ou de mina, cujo traço é de 1:2" – 270 gr.
2.º - "...areias finas do mar 120 c.c.; cal gorda, 120 c.c.; cortiça em farinha grôssa ou serradura, 60 c.c.. O misto amassou-se com 60 c.c. d'agua" – 140 gr.
3º - "...80 c.c. de cal gorda, 160 c.c. de serradura de cortiça, amassando-se com 60 c.c. d'agua" – 57 gr.
4º - "Um tijolo mais pequeno com 1 de cal gorda; ½ de jêsso e 1 de cortiça (serradúra)" – não referido o peso (Figueiredo 1905, 283-284).

deixando também uma sugestão ao produtores e industriais portugueses: *"que pensem no caso. A grande exportação de cortiça no estado de desperdicio tem aqui, me parece, meio facil d'obstar a uma valorisação pelos estranjeiros perdida para os interesses nacionais*" (Figueiredo 1905, 35).

A *'Biblioteca de Instrução Profissional'*, publicada a partir de 1904, corresponde à primeira edição sistemática de um conjunto de manuais técnicos para diversos ofícios, entre eles várias atividades ligadas à Construção Civil (Vale 2015). Vocacionados para apoio ao ensino industrial, tornam-se rapidamente obras de consulta dos profissionais da diversas áreas, dos projetistas aos executantes. No primeiro dos títulos publicados na *'3ª série - Construção Civil'*, o livro *'Materiais de Construção'* (Segurado [1904-1906]), o aglomerado de cortiça aparece referido na parte final do segundo volume, num capítulo sobre *"substâncias diversas"*, juntamente com o alcatrão e o fibrocimento. Apesar de não ser uma descrição muito extensa é um elemento importante para caracterizar a utilização da cortiça em Portugal no início do século XX. Neste livro, publicado em fascículos entre 1904-1906, refere-se que o emprego da cortiça *"nas construções é relativamente recente*", evidenciando o esquecimento das utilizações vernaculares (Silva & Vale 2015). Indica-se ainda que esse emprego geralmente é feito *"sob a forma d'aglomerados, formados pelas aparas de cortiça provenientes do fabrico de rolhas, etc, a que se juntou uma substância aglomerante especial, com a qual formam pasta, que em seguida se comprime em moldes especiais com a forma de tijolos, ladrilhos, painéis moldurados ou lisos, etc"* (Segurado [1904-1906], 80). O aglomerado negro de cortiça, patenteado nos Estados Unidos uma década antes, ainda não aparece referido, podendo indiciar que o mesmo ainda não era utilizado em Portugal nessa altura, nem por fabricação nacional nem por importação[2].

Refere ainda que as substâncias que podem ser usadas como ligantes são de diversos tipos, *"o gêsso, o cimento, diversos silicatos, betumes, alcatrões, etc.*", e influenciam as propriedades e qualidade geral dos aglomerados, enunciando-se as características, quase todas desvantajosas, dos 'tijolos' executados com esses ligantes. Exceção feita nesta má avaliação para os *"aglomerados constituídos pela cortiça e por uma substância aglutinante de formula privilegiada, o cimento 'Robur', hydraulico e refractário ao mesmo, (e que) teem a vantagem de conservar as propriedades da cortiça consideravelmente melhoradas"*. Não foi ainda possível identificar utilizações deste tipo de aglomerado aqui referido.

Mas a informação mais interessante constante deste pequeno artigo sobre a cortiça, é a referente à *'corticite'* – mas que não devemos tomar por equivalente à que atualmente se fabrica. Assim, é referido que a "*Corticite é um produto (...) fabricado no nosso paiz, sôb a forma de tijolos, de placas que se fixam ás paredes e aos pavimentos, ou em massa applicada pelo fabricante, directamente ás superficies a revestir, formando depois um todo contínuo sem juntas apparentes, o que torna o seu uso muito util nos pavimentos dos hospitais, asylos e em geral de todas as construcções frequentadas pelo publico*". Todavia ressalva que "*como é porém um material de recente emprego devemos aguardar, para formar sobre elle opinião definida, que o tempo confirme todas as vantagens apregoadas pelos seus fabricantes, não deixando comtudo de lhe reconhecer já as propriedades que não dependem d'aquelle factor*" (Segurado [1904-1906], 81).

A partir da revista *'A Construção Moderna'*, publicada entre 1900 e 1919, conseguimos datar com mais rigor o início da produção em Portugal desta '*corticite*'. No artigo publicado em 10 de Outubro de 1904, com o título *'Quercina'*, o editor discorre sobre a necessidade de aproveitar os desperdícios da cortiça, as vantagens da mesma e continua

[2] *O seu fabrico em autoclave determinaria um maior investimento na implementação do processo de industrialização nacional do que os aglomerados que eram obtidos por adição de outros materiais ligantes.*

enunciando alguns dos aglomeradas que estão disponíveis no mercado estrangeiro: em França, a partir das informações de Graffigny (1888), sem indicar composição, e na Alemanha, referindo a utilização, como ligante, da cal, gesso e alcatrão. Termina falando de um novo material, a 'Quercina', *"productos de fabricação especial que muito conviria trazer para o nosso país"*, evidenciando que nos poderíamos tornar exportadores destes produtos aglomerados para *"as nações do norte, onde teem grande consumo e venda certa"*. Expõe os possíveis usos deste material, entre isolamento térmico e acústico de paredes divisórias, amortecedor de choques, barreira à humidade na conjugação com uma camada asfáltica, isolamento de condutas de frio ou vapor, e para revestimento de pavimentos, *"em ladrilhos de 25 cm de lado e 2, 3 ou 4 cm de espessura"* (Matos 1904a, 203-204).

Na Edição de 1 de Novembro do mesmo ano aparece novo artigo com o mesmo título, em esclarecimento ao anterior, dando conhecimento que o Arquiteto Lino de Carvalho já teria pensado há mais de 3 anos (portanto 1901) em fabricar um material idêntico *"aos aglomerados atribuidos aos constructores allemães"* (Matos 1904b, 219), tendo mesmo enviado um exemplar para um dos diretores técnicos da Revista, o Engenheiro Mello de Matos, para ensaio e determinação das suas características.

O assunto é retomado em 10 de Maio de 1905, num artigo não assinado, mas que se percebe ser do Arquiteto Lino de Carvalho, em que o mesmo se escusa por não ter continuado *"estudando o assumpto"*, mas onde informa que *"a solução que se procurava, embora por outrem foi (...) encontrada"*. Comunica assim que acaba de ser *"lançado no nosso mercado por uma importante casa industrial de Lisboa com o nome 'corticite', parecendo-nos por isso opportuna e logica a sua apresentação"* ([S.N.] 1905, 70).

Deste conjunto de artigos podemos datar o início da produção nacional de 'Corticite' em 1905, socorrendo-nos da publicidade na Revista 'Arquitectura Portugueza' (AA.VV. 1908) ou do livro "Acabamento das Construções" (Segurado [1911?], 318) para identificarmos *O. Harold* e C.ª, com sede em Lisboa, como a empresa responsável pelo seu fabrico e comercialização [Figura 6]. Neste livro explica-se que a mesma se *"emprega em camadas de pequena espessura, oito a doze milimetros, sobre soalhos de madeira (novos ou velhos) ou ainda sôbre massâme, betom, lagedo, etc., necessitando apenas que o piso sôbre que assenta seja bem firma, não sujeito a assentamentos ou vibrações, que poderiam fender a corticite depois de sêca"* (Segurado [1911?], 318). O mesmo informa ainda sobre o modo de execução, evidenciando as características de um pré-doseado, aplicado em duas fases, primeiro um primário de colagem ao suporte, seguido da massa pré-doseada, propriamente dita, com dois componentes. Assim, a *"lencite (produto fornecido pelo fabricante)"* deve ser preparado na *"proporção de 2 litros para 3 de água, com o qual se pinta à broxa, a superficie a revestir"* e antes que o mesmo seque será aplicada, à colher, a camada de corticite, que poderá ser polida quando seca – *"12 horas no verão e 30 no inverno"* – e encerada. A massa de corticite será preparada pela junção dos produtos fornecidos pelo fabricante, na proporção de *"40 litros de massa (...) e 19 litros do liquido"*. Apesar da corticite ser *"assente por operários especialistas, (...) um bom pedreiro ou estucador facilmente pode executar um pavimento desta natureza"* (Segurado [1911?], 319).

David Xavier Cohen publica a partir de 1880 o seu livro *'Base para Orçamentos'* (Cohen 1880). Na terceira edição, datada de 1913, a corticite aparece pela primeira vez referenciada, quer na lista de composição de preços, quer no caderno de encargos mais alargado que passou a fazer parte desta edição revista e aumentada. Desta referência confirma-se a utilização como uma massa executada *in-situ*, em uma ou duas camadas, e resolução habitual do rodapé por meio de uma

meia cana, executada no mesmo material (Cohen 1913) [Figura 7].

Na sexta edição do livro '*Materiais de Construção*", publicado provavelmente em 1947, já são referidos *"os ladrilhos de cortiça, fabricados no nosso país, em fábricas especiais, (que podem ser) de cores diversas, imitando o desenho dos parquet de madeira, cercaduras ou faixas para rematar os mesmos*" (Segurado [1947]), mantendo-se contudo o texto relativo à 'Corticite', na forma anterior, evidenciando, à época, uma diferenciação entre os dois, permitindo inferir um posterior alargamento da designação corticite aos pavimentos executados com ladrilhos, como hoje ainda os designamos.

Em relação ao *linoleum*, cujas patentes acima mencionamos, não existe qualquer referência no conjunto de livros analisados.

A criação da Junta Nacional da Cortiça, em 1938, e a publicação periódica do seu Boletim, é também determinante neste processo de reintrodução da cortiça na construção. Logo a partir dos primeiros números do Boletim começam a ser publicados artigos sobre a utilização da cortiça na construção, alguns deles com republicações em meios destinadas a um público mais alargado como as revistas da Ordem dos Engenheiros, a Arquitectura Portuguesa, entre outras. Em fases posteriores, já no pós segunda guerra, os artigos dedicados à cortiça na construção nessas revistas são mais extensos, tendo menos um carácter de divulgação e mais um carácter técnico. Exemplo disso é o artigo publicado em 1958 na Revista Binário, por Alfredo de Andrade, Engenheiro--Director do Laboratório da Junta Nacional da Cortiça, no qual, logo na introdução, questiona a não utilização de cortiça nos isolamentos quando Portugal é o seu maior produtor, remetendo as razões para "*a falta conhecimentos tecnológicos, o modo especial por que se tem desenvolvido a construção entre nós, a falha de um Regulamento que considere de um modo total e eficiente o isolamento das construções, e um certo gosto pela aplicação de materiais não naturais embora até mais onerosos*" (Andrade 1958). O resto do artigo tem um carácter muito mais técnico, indicando as características da cortiça, mas também as definições importantes para a escolha e cálculo de isolamentos, as respectivas fórmulas de cálculo, exemplificando a determinação de valores das resistências térmicas para paredes não isoladas e isoladas com aglomerado negro. Acrescenta-se ainda algumas formas de aplicação do aglomerado negro, terminando com uma tabela onde se identifica, para diversas soluções construtivas, a melhoria de isolamento conseguida pela aplicação de aglomerado de diversas espessuras, providen-

CORTICITE

AGGLOMERADOS DE CORTIÇA — FABRICAÇÃO PRIVILEGIADA

Chão hygienico garantido — N'uma massa que se solidifica no proprio local, impermiavel, inatacavel por acidos, muito hygienico, de facil limpeza, proprio para casas de banho, retretes, cosinhas, corredores, salas de jantar, etc.

Chapas e tijolos — Material de isolamento contra o calor, o frio, e o som; extremamente leve; proprio para forrar tectos e paredes, de grande utilidade nas mansardas e nas divisorias nos ultimos andares.

Forro para tubos e caldeiras de vapor — Para evitar ou reduzir a condensação.

Attestados e referencias de obras executadas

O. HEROLD & C.ª

14, 1.º Rua da Prata, 14, 1.º

Fig. 6 - Publicidade à 'Corticite' na Revista 'Arquitectura Portugueza' (AA.VV. 1908).

IV

FABRICADO COM PRIVILEGIADA

MATERIAES DE ISOLAMENTO

CORTICITE

O. HEROLD & C.ª

REGISTADA

CORTICITE

O MELHOR CHÃO

para Hospitaes, laboratorios, quarteis, lazaretos, repartições publicas, cosinhas, casas de banho, salas de jantar e de jogo, etc., etc.

TIJOLOS E CHAPAS

para paredes interiores e isolamento do calor e do frio

Isolamentos frigorificos e para caldeiras a vapor

O. HEROLD & C.ª — RUA DA PRATA, 14

LISBOA

Fig. 7 - Publicidade à Corticite no Livro 'Bases para Orçamentos' (Cohen 1913).

ciando 'ferramentas' para um público menos apto para o cálculo.

Na sequência desse artigo, Alfredo de Andrade publica o livro pioneiro no nosso país "*Isolamentos Térmicos e Acústicos*". Inicialmente, em 1961, é editado como separata do Boletim da Junta Nacional da Cortiça, e pouco depois, como livro individualizado. Apesar de ser um livro sobre as noções fundamentais de térmica e de acústica, destinado a *"orientar os técnicos"*, o patrocínio da Isola *"a maior Organização Comercial de Aglomerados de Cortiça de todo o mundo"* (Andrade 1962), a referência exclusiva dos aglomerados de cortiça como isolamento, e um apêndice final especificamente sobre os aglomerados, não deixam dúvidas sobre o papel que queria desempenhar na (re)introdução da cortiça na construção de uma forma efetiva e consistente, numa altura em que outros materiais de isolamento começavam a aparecer no mercado nacional.

A CORTIÇA NOS PROCESSOS DE LICENCIAMENTO

Nas licenças de obras, e no caso da cidade do Porto, a utilização da cortiça, como material transformado, só começa a aparecer referenciada explicitamente na década de 30, mas a forma como essa referência é feita mostra o carácter nobre e moderno que lhe era atribuído nessa altura – considerado por alguns como um material mais nobre que a madeira, a avaliar pelo facto de se encontrar a utilização de cortiça em pavimentos das salas e quartos de moradias enquanto as dependências dos empregados são revestidos com 'parquet' de madeira.

A utilização das características isolantes acústicas e térmicas da cortiça também são valorizadas. Não sendo a análise das licenças de obra (Vale 2011) uma investigação exaustiva mas direcionada para edifícios específicos, projetados por alguns dos arquitetos portuenses de referência, temos consciência que será certamente uma perspectiva sectorial. Contudo, sabemos também o papel desempenhados por estes arquitetos, alguns ligados ao ensino na Escola Superior de Belas Artes, na formação dos seus colegas e o papel desempenhado pelos seus ateliers como complemento da própria escola. São todavia exemplos de uma outra fase de industrialização e onde a disponibilidade de materiais de produção nacional contrasta com a situação do início do século XX. Portugal tem agora várias unidades fabris instaladas e em pleno funcionamento em algumas regiões nacionais, como a fábrica Robinson em Portalegre, a Mundet no Seixal, ou a Corticeira Amorim em Santa Maria da Feira.

Encontramos, assim, nos processos de licenciamento referência diversas à utilização de cortiça. No isolamento térmico das primeiras coberturas em terraço, como na Casa Maria Borges, projeto de Viana de Lima (CMPorto & Viana de Lima 1951). No bloco de habitação e escola de música Parnaso, projeto de José Carlos Loureiro, onde a cortiça é indicada como um dos materiais possíveis para o isolamento acústico entre funções distintas (CMPorto & Loureiro 1955). Ou nos projetos de Agostinho Ricca, onde a questão da qualidade construtiva e espacial eram tratadas com especial cuidado, e a cortiça aparece como isolamento acústico entre fogos, como é o caso do edifício Montepio Geral (CMPorto & Ricca Gonçalves 1961).

[EM JEITO DE] CONCLUSÃO

Com o incremento da produção de isolamentos térmicos a partir de derivados de petróleo no último quartel do século XX, mas ao mesmo tempo, com o aumento de preocupação no uso destes materiais de isolamento impulsionados pela emissão de legislação na área do comportamento térmico e do consumo de energia nos edifícios, pelo aumento das condições de conforto requeri-

das nas edificações (pela via legal mas também pela exigência do público) e pelo aumento exponencial da construção de edifícios novos até 2004, temos um situação em que a aplicação da cortiça na construção aumenta em termos absolutos mas perde penetração em termos relativos. Se no dealbar do século XX, material de isolamento térmico e cortiça eram praticamente sinónimos, atualmente as hipóteses são muitas, incluindo algumas de base mais tecnológica, como a utilização de nano partículas, ou materiais com comportamento inteligente. Contudo várias das características da cortiça continuam a ser mais valias cada vez mais valorizadas neste novo século – o seu aspecto estético, a sua permeabilidade ao vapor de água e a sua condição de material natural, retentor de CO_2, e reciclável. E são essencialmente essas características, que em conjunto ou individualmente, têm impulsionado o desenvolvimento de novas soluções e a aposta na investigação de novas hipóteses de utilização da cortiça em novos contextos e em conjugação com outros materiais.

Falamos claro, como o aspecto mais emblemático e visível, na utilização da cortiça como revestimento exterior aparente usada pela primeira vez, na arquitectura contemporânea, no pavilhão de Hanôver de Álvaro Siza e Eduardo Souto Moura e desde então com mais de uma dúzia de exemplos em todo o país e no estrangeiro. Mas referimo-nos também ao uso dos desperdícios de menor dimensão da cortiça - pó ou granulado fino - na execução de rebocos à base de cal com características térmicas melhoradas, a investigação sobre a inclusão de granulados de cortiça em paredes de taipa, na sua introdução no fabrico de adobes como estabilizador do material, ou, já não ligado especificamente à construção, a utilização da cortiça em peças de vestuário, marroquinaria ou mesmo mobiliário. O Futuro já chegou e o limite será a imaginação sustentada na investigação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[S.N.]. 1905. "A cortiça na Habitação " *A Construção Moderna* 165 - 10 de Maio:70-71.

[S.N.]. 1912. Descarregando cortiça na estação do Romeu em 1912. Quinta do Romeu.

AA.VV. 1908. "Publicidade à Corticite." *A arquitectura portugueza. Revista mensal de arte arquitectural antiga e moderna*.

Alves, Jorge Fernandes. 2014. De pedras fez terra : um caso de empreendedorismo e investimento agrícola no Nordeste Transmontano (Clemente Meneres).

Andrade, Alfredo de. 1958. "A cortiça nos isolamentos térmicos." *Binário* (4):41-45.

Andrade, Alfredo de. 1962. *Isolamentos térmicos e acústicos*. Lisboa: Isola.

Armstrong, C. D. 1891. Cork-grinding machine. Google Patents.

Armstrong Cork Company. 1909. *Cork; being the story of the origin of cork, the processes employed in its manufacture & its various uses in the world to-day*. Pittsburgh: Armstrong Cork Company.

CMPorto & José Carlos Loureiro. 1955. "Title." Rua Nossa Senhora de Fátima, nº231, Porto.

CMPorto & Agostinho Ricca Gonçalves. 1961. "Title." Rua de Júlio Dinis, 648-656, Porto.

CMPorto & Alfredo Evangelista Viana de Lima. 1951. "Title." Avenida de Montevideu, 580, Porto.

Cohen, David Xavier. 1880. *Bases para orçamentos*. Lisboa: Typ. de Gutierres.

Cohen, David Xavier. 1913. *Bases para orçamentos*. Terceira edição revista e muito aumentada ed. Lisboa: J. Rodrigues & C.ia - Editores.

Dolmetsch, H. 1907. Internal wall-covering. Google Patents.

Ferreira, Rui Fontes. 2005. "Cortiça na arquitectura tradicional portuguesa: um material construtivo ignorado." In *Arquitectura de Terra em Portugal*, edited by Maria Fernandes&Mariana Correia. Lis-

boa: Argumentum.
Figueiredo, Augusto de. 1905. *Construções rurais habitações, estábulos, oficínas e arrecadações agrícolas (incluindo materiais e sua preparação)*. Porto: Livraria Chardron.
Graffigny, Henry de. 1888. *Le liège et ses applications*, *Bibliothèque Instructive*. Paris: Librairie Furne, Jouvet et Cia, Éditeurs.
Jones, J. H. 1903. Concrete or cement building-block. Google Patents.
Kammerer, W. C. 1910. Insulation-slab. Google Patents.
King, William. 1876. Improvement in composite--cork. Google Patents.
Matos, Mello de. 1904a. "Quercina." *A Construção Moderna* 146 - 10 de Outubro:203-204.
Matos, Mello de. 1904b. "Quercina." *A Construção Moderna* 148 - 1 de Novembro:219.
Mendes, Américo M. S. Carvalho. 2002. "A Economia do sector da cortiça em portugal. Evolução das actividades de produção e de transformação ao longo dos séculos XIX e XX."
Quaresma, António Martins. 2014 [2003]. "Sudoeste Alentejano: materiais de construção tradicionais." In. Vila Nova de Milfontes. https://independent.academia.edu/Ant%C3%B3nioMartinsQuaresma.
Segurado, João Emílio dos Santos. [1904-1906]. *Materiaes de construcção*. [1ª Ed.] ed. Vol. I e II, *Bibliotheca de Instrucção Profissional*. Lisboa: Bibliotheca de Instrucção e Educação Profissional.
Segurado, João Emílio dos Santos. [1911?]. *Acabamento das Construções*. [1ª Ed.] ed, *Bibliotheca de Instrucção Profissional*. Lisboa: Bibliotheca de Instrucção Profissional.
Segurado, João Emílio dos Santos. [1947]. *Materiais de construção*. 6ª Ed., actualizada ed, *Biblioteca de Instrução Profissional*. Lisboa: Livraria Bertrand. Editora Paulo de Azevedo, Lda.
Silva, Joana Guerreiro & Clara Pimenta Vale. 2010. "A utilização da cortiça em paredes de adobe. Contexto histórico e perspectivas futuras." 6º ATP / 9º SIACOT, Coimbra, 20-23 de Fevereiro.
Silva, Joana Guerreiro & Clara Pimenta do Vale. 2015. "A cortiça na construção: do passado para o futuro." Congresso Internacional «O Montado de sobro e o setor corticeiro: uma perspetiva histórica e transdisciplinar», Ponte de Sor, 11-13 de Junho.
Silva, Joana Isabel M Guerreiro. 2009. "A utilização da cortiça na arquitectura tradicional portuguesa." Prova Final de Licenciatura, Faup.
Smith, John T. 1891. Process of treating cork. Google Patents.
Smith, John T. 1892. Process of treating cork. Google Patents.
Thomas, Pearl Edwin. 1928. *Cork insulation*. Chicago: Nickerson & Collins Co.
Vale, Clara Pimenta do. 2011. "Um alinhamento urbano na construção edificada do Porto. O eixo da Boavista (1927-1999). Contributo para a História da Construção em Portugal no século XX." Tese de Doutoramento, Faculdade de Arquitectura da U. do Porto.
Vale, Clara Pimenta do. 2015. "«Biblioteca de Instrução Profissional» como fuente para la Historia de la Construcción del siglo XX." IX Congreso Nacional y I Congreso Internacional Hispanoamericano de Historia de la Construcción, Segovia, 13-17 de Outubro.
Walton, Frederick. 1874. Improvement in the manufacture of floor-cloths and similar fabrics. Google Patents.

Índice de Autores

A

Addis, Bill 61
Afonso, J. Ferrão 909
Almeida, Luís 153
Alves, Ueslei Domingos 895
Andrade, Roberta Aparecida de 331

B

Barata, Francisco 343
Barros, Fernando C. 493
Barros, Francisco Toledo 691
Barroso, Carlos E. 493
Belgas, Lurdes 971
Bellinha, Paulo Roberto Tavares 811
Benincasa, Vladimir 895
Borde, Andréa de Lacerda Pessôa 811
Branco, Fernando G. 971
Brasileiro, Vanessa Borges 1179

C

Cachioni, Marcelo 787
Camargo, Arildo 949
Candeias, P. X. 413
Cardoso de Matos, Ana 1157
Carita, Helder 881
Carrasco, Edgar 823
Carvais, Robert 33
Casal Ribeiro, Helder 1135
Castro, Caio Alexandre Maronese Rodrigues de 1085
Cerqueira, Karina Matos de Araújo Fadigas 305
Chagas, Humberto Neto das 799
Cortés Rocha, Xavier 861
Costa, André 983
Costa, Aníbal 191, 203, 227, 241, 269, 281, 291, 469, 1219

D

D'Amelio, Maria Grazia 43
Dangelo, André Guilherme Dornelles 1179
Da Silva, Ana 983
Delgado, João Paulo 663
De Paris, Sabine Ritter 1009
Dias, Adalberto 191
Diniz, Luciana Nemer 747
Dos Santos, Roberto E. 177, 773

E

Etxepare, Lauren 545

F

Farah, Ana Paula 787
Ferreira, J. P. 413
Ferreira, Rui Fontes 873
Ferreira, Teresa Cunha 961, 1203
Fernández Rodríguez 1071
Fialho, Thiago A. 773
Flávia Cerullo 921
Fonseca, Jorge 281, 291
Franco de Mendonça, Lisandra 1031
Freitas, Pedro Murilo Gonçalves de 1057

G

Garofalo, Emanuela 163
Gato de Pinho, Inês 627
Genin, Soraya M. 481
Grimoldi, Alberto 1203
Guimarães, Ana 119

H

Hijioka, Akemi 357
Huerta, Santiago 17

I

Inglez de Souza, Diego B. 1097

J

Joaquim, Bianca dos Santos 357

K

Kapp, Silke 1109

L

Lacerda Lopes, Carlos Nuno 1009
Landi, Angelo 1203
Lemos, Rubiana Cardoso Campos 1233
Licordari, Mariangela 1189
Lizundia, Iñigo 545
Lopes, João Marcos de Almeida 357, 371, 691, 1045
Lourenço, Paulo B. 493
Luisa María 1071

M

Maciel, Patrícia de Lima 1169
Magalhães, Ana Cristian 383
Maira Vidal, Rocío 849
Malheiro, Miguel 469
Manuel, João 255
Marcos, Micheline 949
Mariz, Luís 443, 455
Marques, A. I. 413
Martins, Mateus de Carvalho 319, 331
Mascarenhas, Jorge 971
Mascarenhas-Mateus, João 579
Matos, R. Bruno 343
Melo, Arnaldo Sousa 559
Melo, Carina Mendes dos Santos 677
Melo Miranda, Selma 567
Mendes, Carlota 281
Mendes, Pedro 713
Miranda, Antonio 949
Miranda, Elisiário 1121
Mirão, José 153
Moreira, Anabela 215, 935
Muñoz, Rosana 383

N

Neves, António 1145

O

Oliveira, Danie V. 493
Oliveira, Filipe X. 713
Oliveira, Mário Mendonça de 75, 305
Oliveira, Roseline 921

P

Palazzo, Pedro Paulo 1233
Palomares Alarcón, Sheila 143
Paupério, Esmeralda 1219
Pereira, António 129
Pereira, Fernando Baptista 837
Pereira Coutinho, Maria João 997
Pinheiro, Levi 119
Pinto, Paulo Tormenta 663
Pires, Helena 909
Póvoas, Rui Fernandes 703

Q

Quinta, Ana Luísa 399

R

Radaik, Carlos Eduardo 371
Ramos, Luís F. 493
Rangel, Bárbara 119
Rei, João 91, 105
Ribeiro, Maria do Carmo 129
Ribeiro, Nelson Pôrto 653, 799
Ribeiro dos Santos, Maria Helena 1219
Riveiro, Belén 493
Rocha, Ricardo 605, 617

S

Sagarna, Maialen 545
Salema, Sofia 837
Sampaio, Zita 727
Santa, Rita 255

Santos, Fabiano Teixeira dos 1019
Santos, Inês Moreira dos 593
Santos Silva, António 153
Sarrazola Martins, João 425
Serrano, Inês 215, 935
Silva, Adeíldo 119
Silva, Geraldo Ângelo A. 177
Silva, Joana 1109
Silva, Joana Guerreiro 509, 519
Silva, Larissa 823
Sousa, Ana Teresa de 641
Sousa, André Luís Santos 319
Sousa Gago, António 91, 105, 425

T

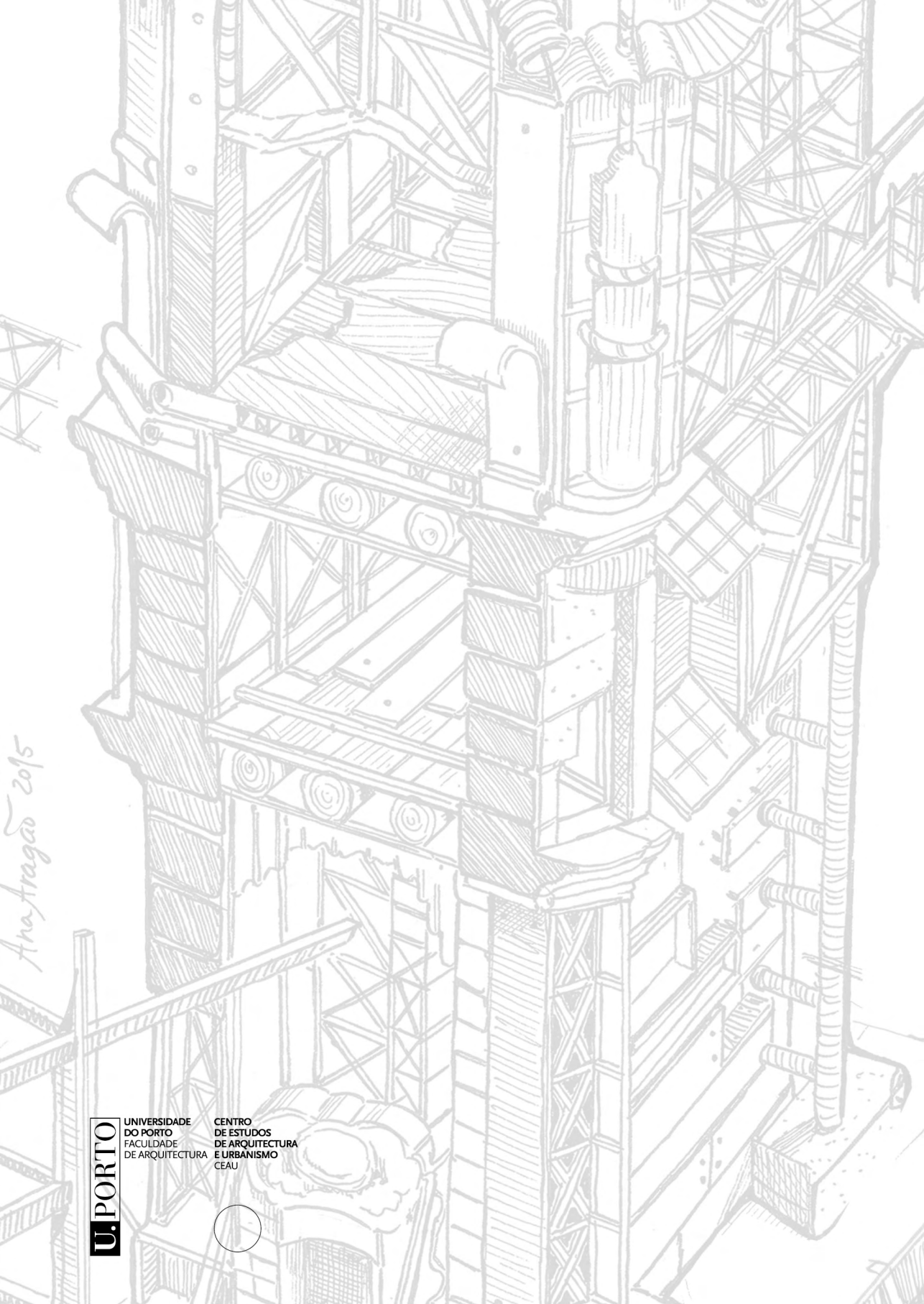
Tavares, Alice 203, 227, 241, 281, 291
Tavares, Domingos 3
Tavares, Maria 1085
Tavares, Pedro 837
Tavares, Rui 1169
Teixeira, Joaquim 703
Terán Bonilla, José Antonio 759
Tirello, Regina Andrade 1057
Tostões, Ana 737

U

Uranga, Eneko Jokin 545
Urias, Patrícia 537

V

Vale, Clara Pimenta do 509, 519, 593
Valentim Lopes, Nuno 269
Veiga, Maria do Rosário 153, 413
Vesco, Maurizio 163
Vicente, Romeu 281, 291
Vieira, Eduarda 823, 909



U.PORTO
UNIVERSIDADE DO PORTO
FACULDADE DE ARQUITECTURA
CENTRO DE ESTUDOS DE ARQUITECTURA E URBANISMO
CEAU