

DM

Reabilitação de Edifícios de Alvenaria de Pedra na Ilha da Madeira

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Luís Filipe Gouveia da Conceição

MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL



UNIVERSIDADE da MADEIRA

A Nossa Universidade

www.uma.pt

setembro | 2019

Reabilitação de Edifícios de Alvenaria de Pedra na Ilha da Madeira

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Luís Filipe Gouveia da Conceição

MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

ORIENTAÇÃO

José Manuel Martins Neto dos Santos



Reabilitação de edifícios de alvenaria de pedra na ilha da Madeira

Tese submetida para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil na Universidade da
Madeira

Luís Filipe Gouveia da Conceição

Orientador:

José Manuel Martins Neto dos Santos

Setembro 2019

Título: Reabilitação de edifícios de alvenaria de pedra na ilha da Madeira

Palavras-chave: Alvenaria de Pedra, Construção Local, Edifícios Antigos, Reabilitação, Tipologias Construtivas.

Keywords: Stone Masonry, Local Construction, Ancient Buildings, Rehabilitation, Constructive Typologies.

Autor: FILIPE CONCEIÇÃO

FCEE – Faculdade de Ciências Exatas e da Engenharia

Campus Universitário da Penteada

9020 - 105 Funchal – Portugal, s/n

Telefone + 351 291 705 230

Correio eletrónico: secretariado.cee@mail.uma.pt

Júri:

Presidente: Doutor Paulo Renato Camacho da Silva Lobo

Vogal: Doutor José Manuel Martins Neto dos Santos (Orientador)

Vogal: Doutora Fátima Maria Pereira Gouveia

Funchal, Madeira

RESUMO

Tendo em conta a situação de Portugal, onde se inclui do mesmo modo a da ilha da Madeira, como país com considerável riqueza de património antigo construído proveniente de diferentes períodos históricos havendo o interesse da sociedade portuguesa em geral em preservar e valorizar esse mesmo património. Tendo também em vista os diferentes benefícios adquiridos provenientes da preservação desse património, considera-se importante o seu estudo, levantamento, acompanhamento e discussão por parte das diferentes áreas científicas e tecnológicas que constituem os diferentes campos de atuação envolvidos na sua recuperação, conservação e potenciação.

Assim, esta dissertação foi concretizada com o intuito de contribuir para esta atividade, onde se começou por apresentar a construção em alvenaria de pedra com ênfase no tipo de construção praticada em Portugal, aquando da altura em que os edifícios antigos em alvenaria de pedra foram construídos. Seguidamente fez-se uma caracterização do tipo de construção relativa a este tipo de edifícios na ilha da Madeira, através de um trabalho de pesquisa que englobou os diferentes tipos de edifícios existentes na ilha, incidindo naqueles que podem ser requalificados para os tempos atuais. Posteriormente, foram expostas diferentes técnicas e metodologias de reabilitação praticadas em Portugal referentes a estes edifícios, assim como sobre as suas anomalias mais comuns. Por fim, foram expostos diferentes exemplos de casos práticos de obras de reabilitação praticadas recentemente na ilha da Madeira para seguidamente ser comparada a reabilitação praticada nesses exemplos com aquela encontrada na bibliografia consultada.

A presente dissertação permitiu concluir que, face aos casos analisados, existe na ilha da Madeira um tipo de reabilitação bastante interventivo alterando consideravelmente o edifício em si, no entanto considera-se importante um maior levantamento de exemplos de obras de reabilitação executadas recentemente de forma a que seja obtida uma visão mais ampla deste da reabilitação na ilha.

ABSTRACT

Being Portugal a country with a considerable richness regarding the ancient heritage of old buildings constructed during different historical periods with Madeira island being part of this context, at the same time, the existent interest of the Portuguese society of preserving and value this heritage, considering also the different benefits that can be obtained with it's own preservation, we consider important it's study, survey, surveillance and also the discussion between the different scientific and technologic fields that constitute the different areas involved in the recovering, maintenance and valuing of this heritage.

This thesis was made with the aim of contributing to this activity, where it starts by explaining about the stone masonry construction focusing on the one that was practiced in Portugal at the time of the construction of the old stone masonry buildings that are existent today. Afterwards it was made a description of the kind of construction regarding those buildings existent on Madeira island. That was made through a research work that encompassed the different kinds of old stone masonry buildings that exist on Madeira island focusing on those who could be reused in these modern times. Then, there were explained different rehabilitation technologies and methodologies that are practiced in Portugal, together with the more common anomalies that are found in these buildings. Finally, there were exposed different examples of rehabilitations of this kind of buildings that happened recently on Madeira island, for then, to be made a comparison between the rehabilitation that was practiced on those buildings with the one that was found on the bibliography.

The present thesis enabled to get the conclusion that the rehabilitation practice that is being carried at the moment on Madeira island, looking at the different cases that were analysed, is a very interventive one that makes considerable changes on the buildings, but we still consider that it's important to make a more extensive survey of examples of recent rehabilitations that occurred on the island, so that the conclusions can be better.

ÍNDICE

Resumo.....	iii
Abstract	v
Índice.....	vii
Índice de figuras	xi
Agradecimentos.....	xv
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Enquadramento geral e motivação	1
1.2. Objetivos.....	2
1.3. Estrutura da dissertação	2
2. CONSTRUÇÃO EM ALVENARIA DE PEDRA.....	5
2.1. Enquadramento histórico.....	5
2.2. Edifícios Pré-Pombalinos	6
2.2.1. Caraterização construtiva dos edifícios pré-pombalinos	7
2.2.1.1. Fundações.....	7
2.2.1.2. Paredes	8
2.2.1.3. Paredes resistentes.....	9
2.2.1.4. Paredes de compartimentação.....	13
2.2.1.5. Pavimentos	13
2.2.1.6. Coberturas de edifícios antigos	15
2.2.1.7. Escadas de edifícios antigos.....	17
2.2.1.8. Revestimentos	17
2.3. Edifícios pombalinos	18
2.3.1. Enquadramento histórico dos edifícios pombalinos	18
2.3.2. Caracterização construtiva dos edifícios pombalinos	19
2.3.2.1. Fundações e rés-do-chão.....	19
2.3.2.2. Paredes	19
2.3.2.3. Pavimentos	21
2.3.2.4. Escadas	21
2.3.2.5. Coberturas	21
2.4. Edifícios gaioleiros	22
2.4.1. Enquadramento histórico dos edifícios gaioleiros	22
2.4.2. Caraterização construtiva dos edifícios gaioleiros	22
3. CARACTERIZAÇÃO DOS EDIFÍCIOS DE ALVENARIA DE PEDRA NA ILHA DA MADEIRA..	25
3.1. Breve referência sobre a história da ilha da Madeira	25
3.2. Evolução da construção ao longo da história na ilha da Madeira	26

3.3. Exemplos de edifícios de alvenaria de pedra na ilha da Madeira	28
3.3.1. Sé do Funchal	28
3.3.2. Convento de Santa Clara	29
3.3.3. Fortaleza de São Lourenço	31
3.3.4. Alfândega do Funchal	32
3.3.5. Palácio Conde de Carvalhal	33
3.4. Tipologias habitacionais dos edifícios de alvenaria de pedra na ilha da Madeira	34
3.4.1. Identificação das tipologias	34
3.4.1.1. Casa antiga ou secular	35
3.4.1.2. Casa elementar de cobertura de telha cerâmica e casa elementar de duas empenas	38
3.4.1.3. Casa elementar de dois pisos	41
3.4.1.4. Casa em esquadria e casa duplicada	42
3.4.1.5. Casa torreada	44
3.4.1.6. Casa complexa de cobertura de telha	45
4. ANOMALIAS E TÉCNICAS DE REABILITAÇÃO EM EDIFÍCIOS DE ALVENARIA DE PEDRA	47
4.1. Fundações	47
4.1.1. Anomalias em fundações	47
4.1.2. Consolidação e reforço de fundações	49
4.1.2.1. Intervenção sobre o solo de fundação	49
4.1.2.2. Intervenção sobre as fundações	49
4.2. Paredes resistentes	51
4.2.1. Anomalias em paredes resistentes	51
4.2.1.1. Desagregação	51
4.2.1.2. Esmagamento	52
4.2.1.3. Fendilhação	52
4.2.1.4. Anomalias por ação da água	54
4.2.1.5. Anomalias por deficiente isolamento térmico	55
4.2.1.6. Anomalias por ação de agentes biológicos em paredes com elementos de madeira	55
4.2.2. Consolidação e reforço de paredes resistentes	55
4.2.2.1. Paredes resistentes de alvenaria simples	55
4.2.2.2. Paredes resistentes com elementos de madeira	58
4.3. Paredes de compartimentação	60
4.3.1. Anomalias em paredes de compartimentação	60
4.3.2. Reabilitação de paredes interiores de compartimentação	61
4.4. Pavimentos	62
4.4.1. Anomalias em pavimentos	62
4.4.2. Consolidação e reforço de pavimentos	64
4.4.2.1. Pavimentos de madeira	64
4.4.2.2. Pavimentos com estrutura de alvenaria	67
4.5. Coberturas	68

4.5.1. Anomalias em coberturas	68
4.5.2. Consolidação e reforço de coberturas	69
5. CASOS PRÁTICOS DE REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS DE ALVENARIA DE PEDRA NA ILHA DA MADEIRA.....	71
5.1. Reabilitação estrutural das abóbadas das capelas de São João e do espírito santo da igreja da Nossa Senhora da Conceição de Machico	71
5.1.1. Introdução	71
5.1.2. Estado inicial	72
5.1.3. Soluções de reabilitação aplicadas no edifício	73
5.1.4. Disposições finais	78
5.2. Soluções de reabilitação aplicadas num edifício da Rua da Carreira no Funchal.....	80
5.2.1. Introdução	80
5.2.2. Estado inicial	80
5.2.3. Soluções de reabilitação aplicadas no edifício	80
5.2.4. Disposições finais	82
5.3. Reabilitação de um edifício da Rua do Surdo no Funchal	83
5.3.1. Introdução	83
5.3.2. Estado inicial	83
5.3.3. soluções de reabilitação aplicadas no edifício	84
5.3.4. Disposições finais	86
5.4. Reabilitação de edifício na rua da carreira no funchal.....	87
5.4.1. Introdução.....	87
5.4.2. Estado inicial	88
5.4.3. Soluções de reabilitação aplicadas no edifício.....	89
5.4.4. Disposições finais	90
6. CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS	91
6.1. Conclusões	91
6.2. Perspetivas futuras	92
7. REFERÊNCIAS.....	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Tipos de edifícios em Portugal [8]	5
Figura 2.2 - Arcos de fundação assentes sobre poços de alvenaria de diferentes configurações [12]	7
Figura 2.3 - Fundação por estacas (a) transmissão de cargas ao solo firme; (b) consolidação do solo [10].....	8
Figura 2.4 - Paredes exteriores de um edifício de alvenaria de pedra ordinária.....	9
Figura 2.5 - Comportamento de uma parede de alvenaria de pedra em relação à humidade [9]	10
Figura 2.6 - Lintel de pedra [14]	12
Figura 2.7 - Arco de descarga	12
Figura 2.8 - Arco de descarga triangular [15]	13
Figura 2.9 - Pavimento em abóbadas de alvenaria [16]	14
Figura 2.10 - Pavimento de madeira [17].....	15
Figura 2.11 - Cobertura em abóbada	16
Figura 2.12 - Coberturas inclinadas de edifícios antigos [18].....	16
Figura 2.13 - Estrutura de suporte em madeira de uma cobertura inclinada [19]	17
Figura 2.14 - Representação esquemática do funcionamento de um revestimento multicamada no que se refere à deformação e ao transporte de água [20]	18
Figura 2.15 - Gaiola Pombalina [23].....	19
Figura 2.16 – Esqueleto de madeira dos frontais pombalinos [24]	20
Figura 2.17 - Tabique de prancha ao alto [25]	21
Figura 2.18 – Edifícios gaioleiros. Exemplos a) e b) [26].....	22
Figura 3.1 - Sé do Funchal (exterior) [32]	28
Figura 3.2 - Interior da Sé do Funchal. Perspetivas a) e b) [33] [34]	28
Figura 3.3 - Exemplo de janela em que apresenta ombreiras, verga e contraverga em cantaria basáltica	29
Figura 3.4 - Terraços e coberturas nas dependências anexas	29
Figura 3.5 – a) Perspetiva do claustro e torre da igreja (33) b) Pormenor do claustro (34)	30
Figura 3.6 – a) Cantaria mole utilizada em arcos b) Cantaria rija utilizada em verga e ombreiras de uma porta	30
Figura 3.7 - Fortaleza de São Lourenço. Perspetivas a) e b) [36] [37].....	31
Figura 3.8 – Edifício da Alfândega do Funchal. Perspetiva a) (exterior) e perspetiva b) (interior) [38] [39].....	33
Figura 3.9 - Palácio Conde de Carvalhal [40]	33
Figura 3.10 - Pormenor do teto de alfarge da Igreja da Calheta [30].....	35
Figura 3.11 - Armações de telhados de casas antigas ou seculares. Exemplos a) e b) [30].....	36
Figura 3.12 - Cruzes de Santo André de casas seculares. Exemplos a) e b) [30].....	37

Figura 3.13 - Esquema e imagem do Solar dos Esmeraldos na Ponta do Sol [30].....	38
Figura 3.14 - Casa elementar de cobertura de telha no Porto da Cruz [30].....	39
Figura 3.15 - Esquema de uma casa elementar de telha cerâmica no Porto da Cruz [30].....	39
Figura 3.16 - Casa elementar de duas empenas no Curral das Freiras [30].....	40
Figura 3.17 - Esquema de uma casa elementar de duas empenas no Curral das Freiras [30]	40
Figura 3.18 - Casa elementar de dois pisos com balcão na Fajã da Ovelha [30]	41
Figura 3.19 - Esquema de uma casa elementar de dois pisos na Calheta [30]	42
Figura 3.20 - Casa em esquadria na Corujeira [30]	42
Figura 3.21 - Casa em esquadria com dois pisos no Porto da Cruz [30].....	43
Figura 3.22 - Casa duplicada no Caniço [30]	43
Figura 3.23 - Casa torreada no Funchal [30]	44
Figura 3.24 - Esquema de uma casa torreada no Curral das Freiras [30]	44
Figura 3.25 - Esquema de uma casa complexa na Boaventura [30]	45
Figura 3.26 - Casa demerarista na Calheta [30]	46
Figura 3.27 - Pavimento em seixo rolado de uma casa demerarista na Calheta [30]	46
Figura 4.1 - Injeção de alvenaria de fundação solta ou desagregada [9].....	50
Figura 4.2 - Reforço com microestacas [9]	51
Figura 4.3 - Abaulamento de uma parede [13].....	53
Figura 4.4 - Impulsos laterais, que podem provocar fendas horizontais nas paredes [13]	53
Figura 4.5 - Esquema do mecanismo de formação de eflorescências e criptoflorescências, numa parede de cantaria [13].....	54
Figura 4.6 - Reforço de alvenaria com reticulado cementado, varões de aço inseridos na parede em furos executados e posteriormente injetados [9].....	57
Figura 4.7 - Substituição parcial do nó de estrutura de madeira [9].....	59
Figura 4.8 - Reforço de rebocos com rede de aço distendido [9]	60
Figura 4.9 - Substituição de topo de viga de madeira de um pavimento [9]	65
Figura 4.10 - Viga transversal ao vigamento do pavimento [9]	66
Figura 4.11 - Reforço de resistência de pavimento com novas vigas de madeira e chapas de aço [9]..	66
Figura 4.12 - Substituição de apoio de asna de madeira [9]	69
Figura 4.13 - Consolidação de asna de madeira por reconstituição de zona deteriorada através de injeções com resinas e varões de reforço [9]	70
Figura 5.1 - Igreja da Nossa Senhora da Conceição [41]	71
Figura 5.2 - Deslocamento das aduelas das nervuras da capela do Espírito Santo [41]	72
Figura 5.3 – a) Fissuras e deslocamentos na capela do Espírito Santo [41] b) Fissuras na capela de São João [41].....	72
Figura 5.4 - Extradorso da abóbada da capela do Espírito Santo com a armação inicial do telhado em madeira [41]	74

Figura 5.5 - a) Extradorso da abóbada da Capela do Espírito Santo antes da limpeza da argamassa; b) A mesma situação mas após a limpeza da argamassa [41].....	74
Figura 5.6 - Extradorso das abóbadas da capela de São João antes da intervenção [41]	75
Figura 5.7 - a) Varões de fixação colocados entre elementos de pedra na abóbada da capela do Espírito Santo b) Elementos metálicos para a estabilização das aduelas na abóbada da capela do Espírito Santo [41]	75
Figura 5.8 - Malha de fibra de carbono colocada no extradorso da abóbada da capela do Espírito Santo [41]	76
Figura 5.9 - Injeção de caldas nas fissuras das paredes das capelas [41]	77
Figura 5.10 - Localização dos tirantes de “amarração” nas paredes envolventes da Capela do Espírito Santo [41]	77
Figura 5.11 - Localização dos tirantes de “amarração” nas paredes envolventes da Capela de São João [41]	78
Figura 5.12 - Nova armação em perfis metálicos do telhado da capela de São João [41]	78
Figura 5.13 - Capela do Espírito Santo e da abóbada pertencente à mesma Capela após conclusão da obra. Perspetivas a) e b)	79
Figura 5.14 - Perspetivas da Capela de São João e da abóbada da mesma. Perspetivas a) e b).....	79
Figura 5.15 – a) Elementos estruturais em aço b) Pilar em betão armado	80
Figura 5.16 - Paredes e arcos em alvenaria de pedra preservados do edifício original e pavimentos em tacos de madeira e ladrilhos de pedra	81
Figura 5.17 – a) Teto preservado da estrutura original b) Pavimento superior em madeira	81
Figura 5.18 – a) Parede em alvenaria de blocos de betão b) Escadas metálicas	82
Figura 5.19 – a) Fachada principal b) Fachada posterior	82
Figura 5.20 – a) Fachada principal do edifício original b) Torre central do edifício	83
Figura 5.21 – Tabiques em madeira. Exemplos a) e b).....	84
Figura 5.22 - Viga de betão armado, pilares de betão armado e arco em alvenaria de pedra da estrutura original.....	84
Figura 5.23 – a) Cobertura demolida b) Remoção dos alicerces.....	85
Figura 5.24 - Utilização de guindaste.....	85
Figura 5.25 -a) Construção de sapatas e lintéis de fundação em betão armado b) Construção de pilares em betão armado	86
Figura 5.26 – Aplicação de vigotas de betão armado em: a) lajes b) cobertura.....	86
Figura 5.27 - Imagem da fachada principal do edifício	87
Figura 5.28 – a) Pavimento superior em madeira b) Tabiques em madeira preenchidos com pedra e extremidade de parede mestra.....	87
Figura 5.29 – a) Calçada em seixo rolado b) Varandas em ferro	88
Figura 5.30 – a) Parede em alvenaria de blocos de betão b) Escadas e varanda em betão armado	88

Figura 5.31 – a) Instalações elétricas inseridas nas paredes b) Instalações elétricas colocadas no exterior das paredes.....	89
Figura 5.32 - Trabalhos de revestimento de paredes exteriores em alvenaria de pedra	90
Figura 5.33 - Fachada principal do edifício após concluída a obra	90

AGRADECIMENTOS

A realização desta dissertação foi um marco importante na minha vida pessoal e académica, tendo só sido possível a sua concretização devido ao apoio de várias pessoas e instituições. Devido a isso, eu quero agradecer a todos eles pela sua disponibilidade e apoio. Deste modo agradeço:

Ao Professor Doutor José Santos pela sua orientação e apoio ao longo de todo este trabalho.

À PATRIRAM e ao Sr. Engenheiro Duarte Moniz por terem permitido o acesso à obra da Secretaria Regional da Saúde e do Museu da Fotografia.

À empresa de construção Máxima Dinâmica e ao Sr. Engenheiro Sílvio Madureira, por terem permitido o acesso e registo fotográfico da obra da Rua do Surdo e também pelo fornecimento de registo fotográfico dessa obra assim como de outras obras.

À empresa de construção Socicorreia e ao Sr. Engenheiro Francisco Jesus pelo fornecimento de registo fotográfico da obra do Museu da Fotografia.

Ao Sr. Engenheiro Santos Costa e ao Sr. Arquiteto Dino Olim pelo apoio prestado por ambos aquando da pesquisa de obras em execução para a elaboração da presente dissertação.

À minha família e especialmente aos meus pais pois sem eles seria praticamente impossível a concretização deste trabalho.

E finalmente a todos os meus amigos e pessoas que me apoiaram direta ou indiretamente ao longo do meu percurso académico.

Funchal, setembro 2019

Filipe Conceição

1

INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO GERAL E MOTIVAÇÃO

Atualmente, a falta de espaço é um problema que afeta todas as grandes cidades, aliando a isso, a fragilidade estrutural, nomeadamente relativa a problemas de comportamento sísmico de muitos edifícios antigos de alvenaria de pedra [1], leva à necessidade da requalificação e reabilitação das diversas construções antigas das grandes cidades.

É do conhecimento de todos, que a construção em alvenaria de pedra foi o tipo de construção utilizada pelo homem para a maior parte dos seus edifícios até meados do século XX, daí ser natural que a grande maioria dos edifícios antigos das grandes cidades sejam edifícios de alvenaria de pedra estrutural.

Portugal enquadra-se dentro desta situação e a ilha da Madeira, como território português que é, encontra-se também nesta mesma situação. Torna-se assim importante proceder à reabilitação dos diversos edifícios em alvenaria de pedra na ilha da Madeira, motivação pela qual a presente dissertação pretende dar o seu contributo.

Comparativamente às outras tipologias construtivas, os edifícios em alvenaria de pedra apresentam um comportamento sísmico menos eficiente [2], apesar disso estes apresentam diversas vantagens. Uma delas é a durabilidade, visto que caso haja uma boa seleção dos materiais, estes podem permanecer num estado de serviço eficiente durante muitas décadas ou até séculos requerendo relativamente pouca manutenção. Outra vantagem é o facto de apenas um elemento concretizar diversas funções incluindo funções estruturais, proteção contra o fogo, isolamento térmico e acústico, proteção contra as condições climáticas e subdivisão do espaço [3]. Também relativamente a aspetos ambientais, energéticos e socio culturais a construção em alvenaria de pedra traz várias vantagens [4].

Todos estes pontos positivos relativamente aos edifícios em alvenaria de pedra podem servir como forma de valorização deste tipo de construção, motivando-nos a preservar o seu conhecimento tecnológico e científico aliando-se à vontade de preservar a identidade cultural e histórica dos portugueses.

Segundo Penazzi [5], não é recomendável a utilização de técnicas de reparação usadas nos séculos passados com recurso a materiais modernos sem que se tenha em conta aspetos como por exemplo os problemas de compatibilidade. Posto isto, convém fazer um levantamento do tipo de construção aplicada neste tipo de edifícios na ilha da Madeira para posteriormente poder ser realizada uma análise que tenha em conta os aspetos referidos. Isto proporcionará uma maior eficácia nas diversas intervenções futuras no edificado antigo da ilha trazendo benefícios tanto para as empresas como para os donos das obras.

1.2. OBJETIVOS

Nesta dissertação pretende-se analisar a reabilitação de edifícios de alvenaria de pedra na ilha da Madeira de maneira a que sejam compreendidas as técnicas, tecnologias e materiais aplicados nesse tipo de reabilitação. De forma a que isso seja concretizado são propostos os seguintes objetivos:

- Expor as práticas vigentes em Portugal no passado relativamente à construção de edifícios antigos em alvenaria de pedra.
- Fazer uma caracterização dos edifícios de alvenaria de pedra existentes na ilha da Madeira.
- Expor as anomalias comuns nos edifícios de alvenaria de pedra e as técnicas de reabilitação que podem ser aplicadas para colmatar essas anomalias.
- Apresentar vários casos práticos onde foram aplicadas técnicas de reabilitação em edifícios de alvenaria de pedra existentes na ilha da Madeira.
- Comparar as técnicas de reabilitação aplicadas na ilha da Madeira relativamente ao tipo de edifícios em estudo e as técnicas de reabilitação vigentes no momento atual.

1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação encontra-se dividida em 6 capítulos designados da seguinte forma: 1. Introdução, 2. Construção em alvenaria de pedra, 3. Caracterização dos edifícios de alvenaria de pedra na ilha da Madeira, 4. Anomalias e técnicas de reabilitação em edifícios de alvenaria de pedra, 5. Exemplos de casos práticos e 6. Conclusões e perspetivas futuras. Na parte final do documento encontram-se ainda as referências bibliográficas referentes à documentação consultadas na elaboração da dissertação.

No capítulo 1, “Introdução” é feita uma explicação geral da importância do tema e ao mesmo tempo um enquadramento deste. Posteriormente são expostos os diversos objetivos propostos para esta dissertação, e por fim, é feita uma descrição do que será abordado em cada capítulo.

No capítulo 2, “Construção em alvenaria de pedra”, é debruçado sobre a forma como ocorreu a construção dos edifícios em alvenaria de pedra em Portugal, expondo os diferentes tipos de edifícios antigos vigentes em Portugal nos diversos períodos históricos dedicando diferentes secções a cada um deles. Em cada secção referente a cada tipo de edifício é feito respetivo enquadramento histórico do tipo

de edifício em questão em que a explanação das diferentes técnicas, tecnologias, materiais e diferentes particularidades encontram-se divididas em subsecções dedicadas cada uma delas a cada elemento construtivo.

No capítulo 3, “Caracterização dos edifícios de alvenaria de pedra na ilha da madeira”, é feita uma breve referência sobre a história da ilha da Madeira e posteriormente uma explicação da evolução da construção ao longo da história da ilha da Madeira. Seguidamente são expostos diferentes exemplos de edifícios de alvenaria de pedra na ilha da madeira onde é feita a sua descrição constitutiva e também o contexto em que foram construídos. Por fim é feita uma exposição das diferentes tipologias habitacionais de edifícios de alvenaria de pedra existentes na ilha da Madeira.

No capítulo 4, “Anomalias e técnicas de reabilitação em edifícios de alvenaria de pedra”, são expostas as diferentes anomalias comuns neste tipo de edifícios, juntamente com as correspondentes soluções de reabilitação que podem ser aplicadas para resolver estas anomalias. O capítulo encontra-se dividido em secções onde cada uma delas dedica-se a um determinado elemento construtivo em que são analisadas as diferentes anomalias comuns nesse elemento e as respetivas soluções de reabilitação.

No capítulo 5, “Exemplos de casos práticos”, são expostos diferentes exemplos de casos práticos de reabilitação de edifícios de alvenaria de pedra na ilha da Madeira, onde é apresentado registo fotográfico e descritas as diferentes soluções de reabilitação e processos construtivos aplicados em cada um desses exemplos.

No capítulo 6, “Conclusões e perspetivas futuras”, é feita uma análise dos diferentes casos práticos globalmente e posteriormente realiza-se uma comparação entre as diferentes soluções de reabilitação aplicadas nos diferentes exemplos de casos práticos com as soluções sugeridas na bibliografia consultada. Seguidamente são tiradas diversas conclusões relativamente ao tipo de reabilitação aplicada a este tipo de edifícios na ilha da Madeira juntamente com algumas sugestões relativas a procedimentos.

CONSTRUÇÃO EM ALVENARIA DE PEDRA

2.1. ENQUADRAMENTO HISTÓRICO

A construção em alvenaria em edifícios remonta à antiguidade mais longínqua. Os edifícios antigos são considerados aqueles que eram construídos com base em tecnologias tradicionais, em que estas sofreram poucas alterações até ao advento do betão armado, que surgiu em meados do século XIX e que se generalizou na segunda metade do século XX [6].

A alvenaria de pedra apresenta-se então como um dos materiais estruturais de construção mais antigos utilizados pelo homem que há registo. A sua utilização abrangia o mais variado tipo de construções quer comuns ou monumentais [7]. Em Portugal é possível dividir os edifícios construídos ao longo da história em três tipos: Edifícios antigos, edifícios de transição e edifícios recentes.

Como é indicado na (Figura 2.1) dentro dos edifícios antigos tem-se os pré-pombalinos, os pombalinos e os tardo-pombalinos. Os edifícios de transição dividem-se entre os Gaioleiros e os edifícios de betão 1ª fase. Finalmente nos edifícios recentes tem-se os de betão 2ª fase, betão 3ª fase e os de aço e aço/betão.

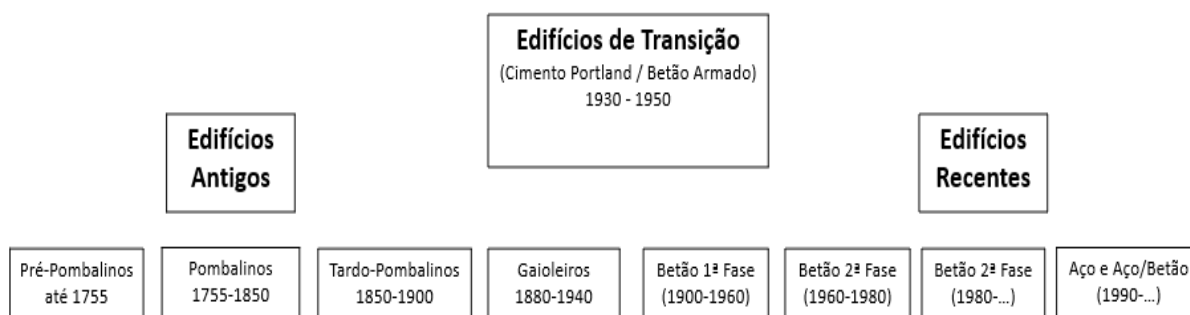


Figura 2.1 - Tipos de edifícios em Portugal [8]

Relativamente à Figura 2.1 note-se que:

- a) As datas de início e fim de cada época correspondente a uma dada tipologia são indicativas, podendo sobrepor-se, o que significa que num dado momento coexistem diferentes soluções construtivas.
- b) A arquitetura do ferro desenvolve-se num período que praticamente coincide com o dos edifícios “Gaioleiros”.
- c) Cada tipologia construtiva apresenta soluções vanguardistas e tardias, o que significa que as datas referidas podem ser alargadas [8].

Para esta dissertação interessam os edifícios de alvenaria de pedra, daí irão ser analisados os edifícios pré-pombalinos, os pombalinos e os gaioleiros, visto estes serem as principais tipologias de edifícios de alvenaria de pedra construídos em Portugal.

É de realçar que o desenvolvimento e o início da construção dos edifícios pombalinos e gaioleiros deu-se em Lisboa, no entanto as tecnologias construtivas características desses edifícios influenciaram a construção no resto do país incluindo na ilha da Madeira. Isto será demonstrado no capítulo 3 desta dissertação, na subsecção dedicada à exposição das tipologias habitacionais dos edifícios de alvenaria de pedra na ilha da Madeira, onde constata-se que as cruces de Santo André eram usadas na tipologia denominada por casa antiga ou secular.

2.2. EDIFÍCIOS PRÉ-POMBALINOS

Ao longo da história da construção em alvenaria de pedra as técnicas construtivas evoluíram de forma pouco significativa ao longo dos séculos. Apenas no início do século XIX com o surgimento das tecnologias do ferro e do aço e no século XX com o aparecimento do betão armado e pré-esforçado, é que se deu uma evolução significativa das técnicas construtivas, ocorrendo simultaneamente com a progressiva evolução destes materiais e também com a evolução da engenharia das estruturas [9].

Na construção pré-pombalina o edificado divide-se essencialmente em dois tipos de edifícios. Os edifícios correntes (habitações comuns) e os edifícios especiais (conventos, igrejas, palácios etc.).

Apesar de ambos os tipos de edificado serem de alvenaria de pedra, existem diferenças nas tecnologias de construção de cada conjunto de edifícios. Nos edifícios especiais, como os recursos económicos dos donos de obra eram superiores, era usado em maior escala a alvenaria de pedra moldada (cantaria), nomeadamente na execução de paredes, colunas, arcos e abóbadas, em que as duas últimas constituam coberturas em terraço e pavimentos [8].

Nesta secção irá ser abordado cada tipo de elemento construtivo separadamente um do outro.

2.2.1. CARATERIZAÇÃO CONSTRUTIVA DOS EDIFÍCIOS PRÉ-POMBALINOS

2.2.1.1. FUNDAÇÕES

À semelhança das paredes, as fundações dos edifícios antigos também eram executadas com alvenaria de pedra, com tijolo cerâmico, ou mesmo até com uma mistura de materiais como alvenaria de pedra, tijolo cerâmico e madeira, isto de forma seca ou com ligante.

Uma maneira comum era a execução de valas ou poços, em que eram lançados enrocamentos de pedra ordinária misturados ou não com argamassa, isto principalmente no caso de estruturas importantes e pesadas. Nos casos de edifícios mais nobres como irá ser tratado mais à frente, as fundações eram executadas com pedra trabalhada arrumada à mão ou com tijolo cerâmico [10].

As fundações dos edifícios antigos podiam ser de três tipos. Diretas, semi-diretas e indiretas [11]. Nas fundações diretas, quer de pilares ou paredes mestras, em que estas eram isoladas para os pilares e contínuas para as paredes, podiam ser consideradas como um prolongamento destes elementos estruturais. Dependendo da resistência do solo de fundação, este prolongamento poderia ser feito com a mesma espessura do elemento estrutural ou com o aumento da mesma. No caso do solo ter uma boa resistência a espessura mantinha-se, caso contrário havia um aumento desta em relação à parede ou pilar [10].

Já no caso das fundações semi-diretas, eram executados poços quadrangulares de três em três metros com um metro de lado com uma profundidade suficiente para que fosse possível chegar aos estratos resistentes do terreno. Estes poços eram preenchidos com alvenaria de boa qualidade. Esses poços eram conectados entre si no topo através da construção de arcos geralmente de tijolo maciço ou pedra em que sobre estes apoiavam-se as paredes resistentes do edifício. Esta solução apresentava a vantagem de evitar uma escavação total do terreno, que além de apresentar dificuldades técnicas acrescidas também apresentava custos mais elevados [11]. Na Figura 2.2 temos um exemplo de uma fundação deste tipo.

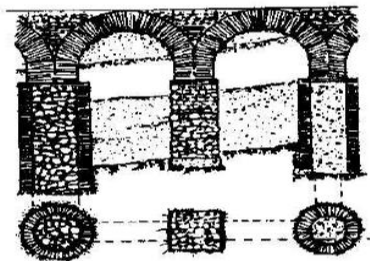


Figura 2.2 - Arcos de fundação assentes sobre poços de alvenaria de diferentes configurações [12]

Abordando agora as fundações indiretas, pode-se dizer que estas eram constituídas por estacas de madeira (Figura 2.3), em que estas eram usadas ou não dependendo das características das camadas de terreno subjacentes ao solo firme. O uso desta tecnologia era condicionado pela disponibilidade de

elementos com boa capacidade resistente, que eram provenientes de espécimes de grande dimensão, sendo estes frequentemente destinados a funções mais nobres. A utilização de estacas de madeira poderia ter como finalidade a transmissão das cargas a estratos profundos mais resistentes, ou então para melhoramento das características resistentes do solo, isto através da cravação de várias estacas com grande proximidade entre si confinando e consolidando o solo. O processo terminava quando a elevada compacidade do solo, devido á densidade de estacas cravadas, impedia a cravação de novas estacas.

No caso dos estratos de solo firme se encontrarem em elevadas profundidades poderiam ser realizados poços de alvenaria assentes sobre estacaria de madeira (4).

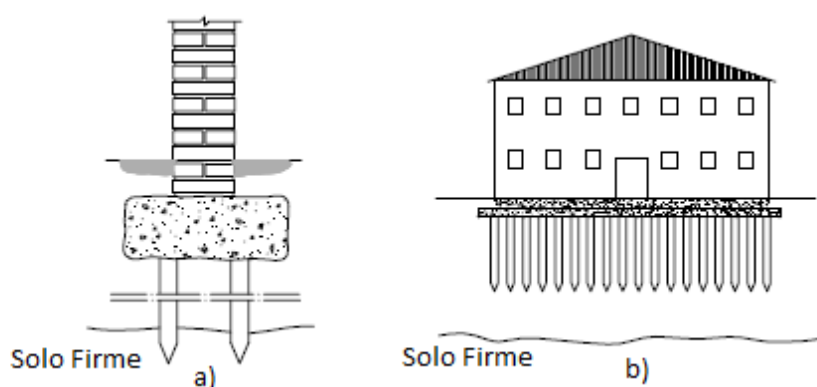


Figura 2.3 - Fundação por estacas (a) transmissão de cargas ao solo firme; (b) consolidação do solo [10]

2.2.1.2. PAREDES

Paredes ou muros de edifícios antigos são definidos como os elementos de alvenaria ou cantaria cuja espessura é largamente excedida pelo comprimento e altura do elemento. Caso estes elementos façam parte de um edifício são designados por paredes, que podem ser interiores ou exteriores, em que as paredes exteriores são divididas em paredes de fachada e paredes laterais.

As paredes que têm uma influência importante na resistência de um edifício, são frequentemente designadas por paredes mestras. Estas paredes costumam ter uma grande espessura. Caso essas paredes sejam paredes interiores, também podem ser designadas por frontais.

As paredes exteriores que atingem o espigão do telhado são designadas por empenas, estas costumam ser paredes laterais. Este nome também costuma ser atribuído apenas à parte triangular que as encima. A Figura 2.4 apresenta um exemplo de paredes exteriores de um edifício de alvenaria de pedra ordinária [13].

Os diferentes compartimentos no interior de um edifício são limitados pelas paredes interiores divisórias ou de compartimentação, em que estas podem ser construídas em alvenaria de pedra ou tijolo. As paredes divisórias podem ser de dois tipos, os frontais e os tabiques, a diferença prende-se com as diferentes

resistências mecânicas que são muito inferiores no caso dos tabiques, geralmente com uma espessura à volta de 0,10 m, comparavelmente aos frontais.



Figura 2.4 - Paredes exteriores de um edifício de alvenaria de pedra ordinária

A pedra utilizada na execução das paredes podia apresentar-se sob a forma de fragmentos irregulares com diferentes formas cujas dimensões dependiam da importância da construção e da espessura da parede a ser executada, em blocos simplesmente desbastados com formas mais ou menos regulares, ou então totalmente aparelhada formada por sólidos geométricos regulares, sendo assim designada por enxilharia ou silharia, ou então por cantaria [13].

No entanto nos edifícios correntes pré-pombalinos, grande parte do volume das paredes eram executadas com pedra irregular, designada por alvenaria ordinária. A cantaria poderia ser utilizada em certas partes das estruturas nomeadamente nas aberturas das paredes (portas e janelas).

2.2.1.3. PAREDES RESISTENTES

Neste trabalho são consideradas como paredes resistentes aquelas que desempenham um importante papel no funcionamento estrutural do edifício, isto tanto em relação às cargas verticais como às horizontais, que podem ser o vento ou os sismos. Na linguagem corrente costumam ser designadas por paredes mestras.

Na constituição deste tipo de paredes dos edifícios antigos, existem características comuns nos edifícios em geral e fatores de diferenciação. Como características comuns tem-se a elevada espessura das paredes sendo constituídas por materiais heterogêneos, resultando em elementos pesados e rígidos com uma resistência à tração baixíssima ou nula. Já os fatores de diferenciação relacionam-se com a diferença dos materiais utilizados, sendo estes de cariz regional devido à disponibilidade dos materiais em cada local, ao elevado peso das paredes, devido ao baixo valor unitário dos materiais locais, e também, devido à necessidade de reduzir os custos tanto de tempo de execução como de transporte, sendo este último fator um problema acrescido nos tempos antigos em relação ao tempo atual.

A grande espessura apresentada por estas paredes prende-se a várias razões, sendo estas mecânicas e não só. Os materiais constituintes destas paredes não resistem a esforços de tração, resistem razoavelmente à compressão e menos em relação a esforços de corte. Tendo em conta estas características mecânicas dos seus materiais constituintes, a sua largura aparentemente excessiva é justificada pela soma de várias razões: a largura elevada da parede faz com que ela seja pesada, em que a compressão resultante tem um efeito estabilizador, equilibrando as diversas forças horizontais que podem advir de impulsos de terras, de elementos estruturais como arcos e abóbodas, de choques acidentais e devido ao vento e sismos. Por outro lado, quanto mais larga é a parede menos esbelteza esta possui, logo, menor é o risco de instabilidade por encurvadura. Outra razão estrutural deve-se ao fato de uma maior largura da parede implicar uma maior área do núcleo central, permitindo uma maior capacidade de suporte de forças de derrubamento sem que sejam instalados esforços de tração nas secções, associando-se a isso problemas de fendilhação do material.

Estas razões de natureza estrutural seriam suficientes para entender a lógica da elevada espessura das paredes dos edifícios antigos. Contudo, no caso particular das paredes exteriores, existem outras razões para a sua grande espessura e estas estão relacionadas com a proteção do interior do edifício em relação aos agentes atmosféricos, nomeadamente em relação à ação do vento e da água da chuva.

A elevada espessura das paredes está associada ao longo e acidentado percurso que a água e o ar têm que percorrer do ambiente exterior para o interior do edifício. Como esse percurso é um percurso longo, faz com que para que a água alcance o interior do edifício seja necessário um longo período de tempo, normalmente mais longo que o período chuvoso ou húmido. O percurso inverso dar-se-á com a chegada do tempo seco, ocorrendo assim de novo a secagem da parede, preparando-a para novo Inverno (Figura 2.5). Acontece que esse ciclo não se fecha de forma perfeita, sobretudo no caso dos Invernos prolongados ou muito chuvosos. Por outro lado, as humidades infiltradas podem alcançar definitivamente o interior do edifício devido a diversas condições associadas ao uso dos edifícios, ocorrendo o surgimento de “salitres”, bolores e fungos que costumavam aparecer nos edifícios antigos [9].

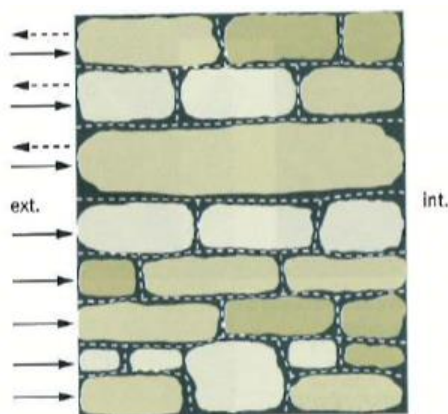


Figura 2.5 - Comportamento de uma parede de alvenaria de pedra em relação à humidade [9]

Existe uma solução comum, que era implementada sobretudo em construções rurais, que consistia em construir as paredes com alvenaria seca, ou seja, incompletamente argamassada, levando a uma redução do custo da construção. Juntamente com isso, os vazios no interior da parede faziam com que a humidade se acumulasse neles, em que esta não prosseguia assim o seu caminho para o interior. Pode-se inferir que os vazios funcionavam como câmaras de descompressão da humidade no interior da parede. O problema desta solução prende-se com as dificuldades e perigos de natureza estrutural, sobretudo quando a alvenaria usada era de pedra irregular, pequena e mal ajustada.

Esta característica das paredes antigas, em cujas construções apresentam um bom conforto térmico sendo secas no Inverno e frescas no Verão, tem como desvantagem a grande dificuldade em secá-las em certas situações quando humidificadas, como por exemplo no caso do contato das paredes com solos saturados de água, em que devido à grande capacidade das paredes de armazenar água pode tornar muito difícil a secagem da parede.

Na construção em alvenaria de pedra, qualquer solução construtiva adotada deve respeitar um conjunto de regras da arte de bem construir. O perpianho, pedra que atravessa o pano de parede de uma face à outra, tem um papel essencial e deve ser utilizado tanto na alvenaria de boa qualidade como na alvenaria de pedra irregular. Certas anomalias estruturais em alvenarias defeituosas são explicadas pela sua inexistência.

Nas zonas de ligação entre paredes resistentes ortogonais, como por exemplo de fachadas com empenas, em que é necessário haver um bom travamento para assegurar a resistência e estabilidade do conjunto, também são necessárias preocupações do mesmo tipo que na ligação dos diferentes panos de parede através do perpianho. Para complementar a imbricagem dos elementos de pedra ou tijolo podiam ser usadas peças metálicas de ligação que, nas construções antigas, eram de ferro forjado.

Outro aspeto construtivo muito importante prende-se com a execução das aberturas nas paredes para a implementação das portas e janelas, em que é necessário um cuidado acrescido devido à delicadeza dessas zonas, pois dá-se uma interrupção da estrutura da parede devendo-se reforçar a periferia da abertura. Através da aplicação de critérios de análise experimental, análise matemática e também empiricamente, sabe-se que nestas zonas singulares das paredes ocorrem elevadas concentrações de esforços, que por exemplo quando há ocorrência de sismos intensos, leva a vários danos observados.

A natureza da parede e dos seus materiais constituintes, a dimensão da abertura, a importância estrutural da parede, e outras causas mais, levam a que os materiais implementados e as técnicas de aplicação nesses reforços sejam variados.

Uma forma simples mas que no entanto não é sempre a mais adequada, consiste na criação de um elemento horizontal, denominado por padieira, lintel ou verga (Figura 2.6), que atravessa a abertura e se apoia nas suas extremidades na própria parede, no contorno da abertura. Devido ao fato de as

dimensões disponíveis dos materiais usados para a execução dessa solução limitarem bastante a capacidade resistente do elemento, esta solução adequa-se mais para os casos de pequenas aberturas, principalmente no caso de paredes interiores de menor importância estrutural.

É comum o recurso a lintéis de madeira principalmente no caso de construção rural, geralmente em toros redondos, cujo número varia com a espessura da parede e com o seu próprio diâmetro sendo estes justapostos lateralmente.

Os lintéis podem também ser de pedra da região, caso na zona exista disponível pedra de boa qualidade em elementos de grande dimensão, onde a descarga da parede ocorre nesses elementos. É comum o uso de pedra talhada como por exemplo nas zonas de granito. Mas também é usada a pedra na forma e dimensões em que é extraída. Isto ocorre por exemplo nas zonas calcárias dos arredores de Lisboa, em que a pedra é usada como extraída com o mínimo de tratamento [9].

Os lintéis de madeira têm como principal desvantagem o seu apodrecimento, já no caso dos de pedra, o seu principal problema é a fragilidade do material, que pode dar surgimento a danos violentos devido à fendilhação e colapso destes elementos.



Figura 2.6 - Lintel de pedra [14]

Devido aos diferentes condicionalismos de natureza estrutural das soluções descritas, houve a necessidade do recurso a técnicas mais evoluídas, de utilização comum, como por exemplo o recurso a arcos de descarga [9]. Na Figura 2.7 tem-se um exemplo de um arco de descarga em alvenaria.



Figura 2.7 - Arco de descarga

Os arcos de descarga podem se apresentar de formas mais simples como por exemplo em arcos com forma triangular, constituída pela colocação de três elementos de pedra ou madeira, formando assim uma forma triangular isósceles ou equilátera (Figura 2.8).

Nas faces laterais de pelo menos as aberturas de grandes dimensões, é necessário haver um reforço. Uma solução comum consiste em colocar fiadas de pedra de cantaria e tijolo na periferia da abertura. De qualquer maneira, nestas zonas da estrutura costumam ocorrer danos importantes quando por exemplo ocorrem sismos de elevada intensidade, sendo assim consideradas zonas frágeis [9].



Figura 2.8 - Arco de descarga triangular [15]

2.2.1.4. PAREDES DE COMPARTIMENTAÇÃO

Como foi referido, todas as paredes de um edifício antigo contribuem para a capacidade resistente deste pois a interligação entre todas as paredes, resistentes e de compartimentação, pavimentos e cobertura, contribuí para o travamento geral da estrutura. Daí apesar de as paredes de compartimentação não receberem diretamente cargas verticais, pode-se inferir que estas também desempenham funções estruturais importantes.

Este fenómeno de interligação dos elementos estruturais de um edifício antigo tem especial importância durante a ocorrência de um sismo, contribuindo para a sua capacidade resistente ajudando na dissipação da energia.

Além disso, com o passar do tempo, as condições de equilíbrio estático da estrutura vão se modificando devido a razões como o aumento das sobrecargas, envelhecimento e fluência dos materiais, ou movimentos diferenciais das fundações e outras degradações resultantes da ação dos sismos [13].

2.2.1.5. PAVIMENTOS

Os pavimentos térreos dos edifícios antigos costumam ter uma constituição muito simples, baseando-se normalmente em terra batida ou então constituídos por enrocamentos de pedra arrumada à mão em que

é colocado um revestimento de desgaste, podendo ser em ladrilhos, tijoleiras cerâmicas, sobrados de madeira ou então lajedo de pedra. Devido a isso, irão ser tratados apenas dos pavimentos elevados nesta secção.

Os pavimentos elevados podem ter a madeira ou a alvenaria como elementos estruturais, no entanto a madeira apresenta-se como material predominante.

Os pavimentos de alvenaria eram comumente mais aplicados em construções de maior nobreza, constituídos estruturalmente por arcos e abóbadas. Na Figura 2.9 tem-se um exemplo de um pavimento em abóbadas de alvenaria no convento de Santo Antão O Novo, sendo este um exemplo de um edifício nobre. Isto porque nesse tipo de construções eram desejadas soluções de maior durabilidade e também havia a necessidade de vencer vãos mais exigentes. No entanto, esta solução também era usada com frequência em tetos de caves, pois nestas zonas havia mais contato com as humidades associadas ao terreno, que poderiam causar uma rápida deterioração da madeira caso esta fosse utilizada como solução estrutural, devido ao ataque de fungos da podridão e sobretudo de fungos da podridão húmida [9].



Figura 2.9 - Pavimento em abóbadas de alvenaria [16]

Os revestimentos podiam ser executados através de uma estrutura de madeira apoiada nos elementos da alvenaria, formando um vigamento que servia de suporte ao soalho. Outra solução podia ser o enchimento do arco com entulho, podendo este ser areia argilosa, terra ou pedra solta, em que sobre o qual se colocava uma camada de argamassa, servindo de base para o assentamento do soalho, lajedos de pedra ou então placas de materiais cerâmicos.

Tratando agora dos pavimentos de madeira, estes organizavam-se de forma muito simples, em que os vigamentos principais são colocados paralelamente com um afastamento que varia, tendo em conta diversos fatores, entre cerca de 0,20 m e 0,40 m. Diferentes condicionalismos da estrutura e dos materiais utilizados influenciavam a altura dos perfis dos vigamentos, estes podiam ser os vãos a vencer, as distâncias entre vigas, a espécie utilizada e as cargas em jogo [9]. Na Figura 2.10 tem-se um exemplo

de um pavimento em madeira onde pode-se visualizar os vigamentos e as tábuas que formam a laje em madeira.



Figura 2.10 - Pavimento de madeira [17]

Na execução da ligação entre os pavimentos e as paredes de apoio, eram utilizadas aberturas dispostas nas paredes, com as respectivas dimensões e posição apropriadas ao encaixe das vigas de madeira. No caso das paredes de alvenaria de pedra irregular, eram colocados blocos de pedras com a face superior aparelhada e horizontal formando assim uma base de apoio para as vigas. Esta tecnologia construtiva tinha como intuito evitar uma concentração indesejável de compressões na alvenaria repartindo assim as cargas.

Caso se quisesse criar uma maior interligação entre os diferentes elementos estruturais do edifício, neste caso entre os pavimentos e as paredes, poderiam ser utilizadas peças metálicas pregadas às vigas de madeira e embebidas nas paredes. Este tipo de solução era mais comumente utilizada em regiões sísmicas [9].

2.2.1.6. COBERTURAS DE EDIFÍCIOS ANTIGOS

Nos edifícios antigos existe uma predominância de coberturas inclinadas, sendo que, as coberturas planas ou curvas (abóbadas e cúpulas) apresentam-se em menor número.

No caso das coberturas em terraço a estrutura baseia-se em arcos e abóbadas, que seguidamente levam os enchimentos, as camadas impermeabilizantes, a proteção mecânica e a camada de acabamento.

As coberturas curvas são mais comuns em edifícios de arquitetura religiosa, cobrindo geralmente pequenas partes dos edifícios baseando-se nas formas estruturais de arcos e abóbadas (Figura 2.11). Como acontece com os terraços, estas estruturas têm o problema de assegurar uma solução de qualidade para a sua estanquidade, no entanto, nestas estruturas o problema é menor pois devido à sua forma a água das chuvas permanecerá em contato com esta durante períodos reduzidos [9].



Figura 2.11 - Cobertura em abóbada

Em relação às coberturas inclinadas, estas apresentam formas e constituições variadas como pode ser visto na Figura 2.12. A sua inclinação variava conforme a probabilidade da queda de neve e quantidade de precipitação da zona em que o edifício se encontrava. O tipo de utilização que se dava ao espaço entre o teto do último piso e a cobertura, por exemplo, sótãos, mansardas, águas-furtadas, também tinha influência na inclinação da cobertura.



Figura 2.12 - Coberturas inclinadas de edifícios antigos [18]

Em construções mais pobres e de menor dimensão, caso a forma da captação da água das chuvas permitisse, a cobertura reduzia-se a uma única água orientada segundo a menor dimensão do edifício [9].

A estrutura de madeira era constituída por várias vigas dispostas paralelamente vencendo os vãos disponíveis. O teto podia ser inclinado ou então haver uma estrutura horizontal, idêntica à da cobertura, suportando o forro de teto.

Nestes casos, era natural haver uma interligação das barras inclinadas com as barras horizontais (Figura 2.13). Eram constituídas assim as asnas de madeira na sua forma mais simples. Sempre se soube que quanto mais simples é a cobertura, mais económica ela se torna e é mais fácil garantir a sua eficácia [9].



Figura 2.13 - Estrutura de suporte em madeira de uma cobertura inclinada [19]

2.2.1.7. ESCADAS DE EDIFÍCIOS ANTIGOS

Nos edifícios antigos as escadas são na maioria dos casos de madeira e em menor número de casos, de pedra. No entanto, com frequência era utilizada a pedra no primeiro lanço de escadas até ao rés-do-chão alto, isto por razões de durabilidade evitando assim o contato da madeira com o solo. Nesses laços de arranque de escadas a pedra era utilizada como estrutura portante ou como revestimento de abóbadas.

Em edifícios de melhor qualidade, como é o caso de edifícios nobres da arquitetura civil e religiosa, as escadas podiam apresentar não só a função de ligação entre os diferentes pisos do edifício, mas também uma função decorativa por vezes com uma expressão muito marcante [9].

2.2.1.8. REVESTIMENTOS

Os revestimentos de paredes exteriores antigos normalmente eram constituídos por argamassas de cal aérea e areia, cujos acabamentos se baseavam em barramentos ou pinturas de cal. Já os revestimentos interiores tinham constituição semelhante, no entanto continham frequentemente gesso na sua composição.

Com o passar do tempo, tem-se verificado que as argamassas de cimento Portland aplicadas em paredes modernas são incompatíveis com a generalidade das construções antigas, além disso, ao contrário do que se pensava, têm menor durabilidade que as de cal, quando estas são aplicadas corretamente.

O modelo de constituição dos revestimentos antigos era um modelo multicamada, em que a cal era utilizada como ligante quase único. As camadas principais eram obtidas a partir de várias subcamadas e tinham funções específicas.

Existiam as camadas de regularização e proteção: emboço, reboco e esboço. E as camadas de acabamento e decoração: barramento (ou guarnecimento), pintura (em geral mineral) simples ou de ornamentação (fingidos, pintura mural).

As composições e traços das diferentes camadas de regularização e proteção dos revestimentos eram realizadas de forma diferente, tendo em conta a natureza dos materiais usados, as características do suporte e o fim a que se destinavam.

As camadas internas tinham frequentemente traços mais ricos em ligante e granulometria mais grosseira que as camadas externas. Assim, a deformabilidade e porosidade iam aumentando das camadas internas para as externas (como pode ser visualizado no esquema da Figura 2.14), favorecendo um bom comportamento às deformações estruturais e à água [20].

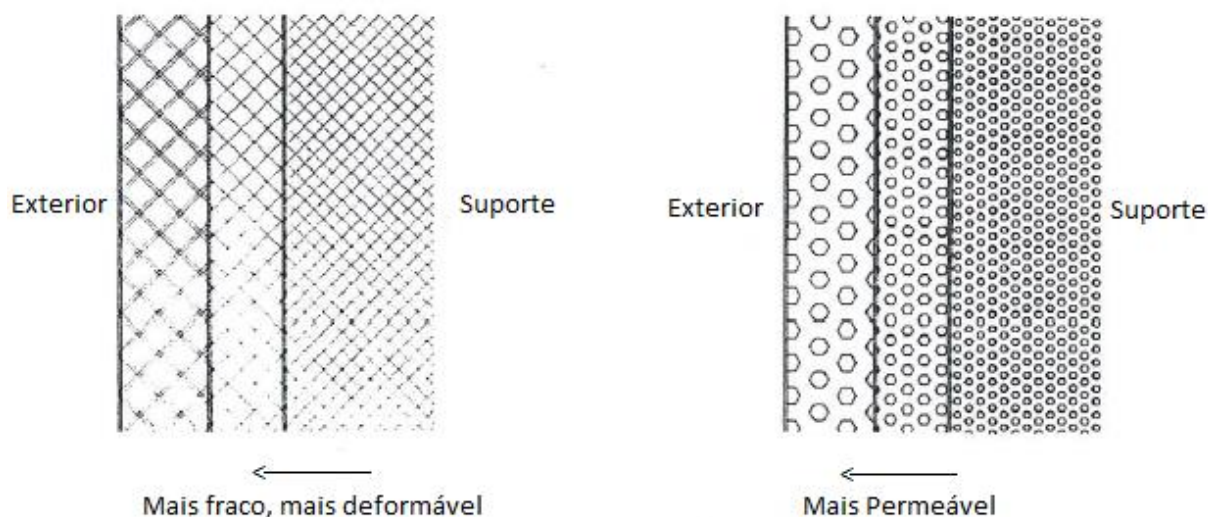


Figura 2.14 - Representação esquemática do funcionamento de um revestimento multicamada no que se refere à deformação e ao transporte de água [20]

2.3. EDIFÍCIOS POMBALINOS

2.3.1. ENQUADRAMENTO HISTÓRICO DOS EDIFÍCIOS POMBALINOS

Em 1755, no dia de Todos os Santos, ocorreu a maior catástrofe que Portugal já conheceu devido à ocorrência de um violento terramoto, seguido de um tsunami e um incêndio. Esse sismo foi tão violento que foi sentido em todo o Portugal. O sismo destruiu cerca de 10% dos edifícios de Lisboa, danificou 60% e poupou os restantes 30%, em que os edifícios mais afetados foram os edifícios com maior altura.

A reconstrução da baixa de Lisboa apresentou novos desafios tendo em conta a viabilidade perante as novas situações de risco, a grandiosidade da obra e a necessária rapidez de execução. De maneira a ultrapassar estes problemas, deu-se a implementação de um processo construtivo novo, em que eram tidos em conta aspetos que até então não tinham sido tratados, como a estabilidade dos edifícios perante as ações sísmicas, a segurança contra incêndio e a standardização dos elementos construtivos tomando

em consideração a economia e a rapidez de execução. Estes edifícios com uma estrutura mista de madeira com alvenaria são designados por edifícios pombalinos [21].

2.3.2. CARACTERIZAÇÃO CONSTRUTIVA DOS EDIFÍCIOS POMBALINOS

2.3.2.1. FUNDAÇÕES E RÉ-DO-CHÃO

Nas fundações e no rés-do-chão nomeadamente nas paredes, pavimentos, escadas e teto dos edifícios pombalinos, eram utilizadas tecnologias que já eram aplicadas nos edifícios de alvenaria de pedra pré-pombalinos. Essas tecnologias já foram expostas previamente nas subsecções anteriores.

É de salientar que os tetos do rés-do-chão eram constituídos por arcos e abóbadas de alvenaria de pedra e não de madeira, isto para evitar que na eventualidade de haver uma subida das águas não houvesse o problema da deterioração da madeira que iria afetar negativamente o funcionamento da estrutura de madeira típica destes edifícios [22].

2.3.2.2. PAREDES

Como já foi referido, as paredes do rés-do-chão tinham as mesmas tecnologias que as paredes dos edifícios pré-pombalinos, sendo estas constituídas por alvenaria de pedra ordinária.

Acima do primeiro andar existia a gaiola de madeira (Figura 2.15), em que a sua estrutura era baseada em paredes de frontal, que formavam uma malha ortogonal recebendo os vigamentos de piso, sendo esta complementada por uma estrutura simples colocada do lado interior dos paramentos das paredes exteriores, confinando assim toda a estrutura de alvenaria. A estrutura de madeira era ligada às paredes de alvenaria através de travessas, que eram dotadas de peças de ligação designadas por ‘mãos’, ficando embebidas na alvenaria. A gaiola era essencial para o travamento da estrutura e era a chave do bom funcionamento sísmico destes edifícios. O interior da gaiola era constituído por um esqueleto de madeira todo interligado, formado por frontais nas duas direções, pavimentos, frechais, contra-frechais e escadas [22].

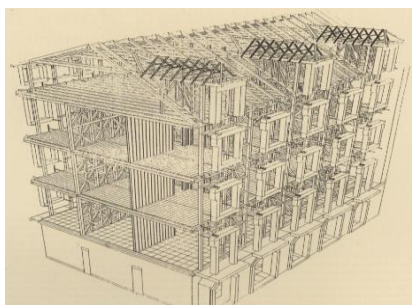


Figura 2.15 - Gaiola Pombalina [23]

Os frontais pombalinos eram constituídos pelas cruzes de Santo André formadas por elementos de madeira verticais (prumos), horizontais (travessas ou travessanhos) e diagonais (escoras), em que eram preenchidas com alvenaria (na Figura 2.16 pode-se visualizar as cruzes de Santo André como parte constituinte dos frontais pombalinos). Esses elementos encontravam-se todos ligados entre si e eram envolvidos por alvenaria de tijolo maciço, fragmentos cerâmicos ou de pedra irregular argamassada de cal. Os frontais e os tabiques formavam as divisões das habitações, onde a madeira utilizada na construção dos frontais eram o carvalho, o pinho bravo e a casquinha e tinham espessuras entre 15 e 22 cm [21].

A localização das portas e janelas nos frontais era designada com um cuidado nítido, onde procurava-se que essas aberturas fossem contornadas por elementos verticais e horizontais de madeira.

Devido à pouca aderência entre a madeira e os rebocos, eram criadas endentagens na superfície de madeira. A resistência ao corte era assim mobilizada através da criação de um conjunto de «conetores» nas peças de madeira, possibilitando um bom desempenho da ligação entre a madeira e o revestimento. O reboco destas paredes era constituído à base de argamassas fracas de areia e cal estucadas de ambos os lados.



Figura 2.16 – Esqueleto de madeira dos frontais pombalinos [24]

O bom funcionamento sísmico destas estruturas deve-se à boa ligação entre elementos e ao travamento que esta implica. Os frontais ortogonais ficavam interligados através de prumos comuns às duas paredes e através de ligações pregadas. A ligação dos frontais com os pavimentos era assegurada pelos frechais, em que existia um a ligar o frontal ao piso inferior e outro a ligar ao piso superior, onde estas ligações podiam ser reforçadas com pregos/cavilhas. Os frechais eram ligados à alvenaria através de peças de madeira. Já os frontais conectavam-se às paredes de fachada através da pregagem e ancoragem dos elementos dos frontais à estrutura de madeira interior às fachadas, já referida anteriormente, onde também eram aplicados ferrolhos que se encaixavam na parede de alvenaria.

Outro tipo de paredes divisórias nos edifícios pombalinos eram as paredes de tabique que não destinavam a suportar qualquer tipo de carga. A sua espessura era inferior às paredes de frontal, costumando ter cerca de 10 cm. O tipo de tabique mais utilizado era o tabique de prancha ao alto,

constituídos por tábuas costaneiras que eram fixados sobre o vigamento do soalho e do teto (Figura 2.17) [21].

Os rebocos utilizados nos revestimentos destas paredes eram constituídos por argamassas fracas de areia e cal, em que a sua aderência à madeira era garantida pela configuração do próprio fasquiado [22].



Figura 2.17 - Tabique de prancha ao alto [25]

2.3.2.3. PAVIMENTOS

Nos edifícios pombalinos existe uma grande diferença entre o pavimento do piso do primeiro andar e os dos restantes andares. Como já foi referido os pavimentos do primeiro andar eram de alvenaria de pedra constituídos por arcos e abóbadas, enquanto que nos pavimentos dos outros andares mais elevados o material estrutural utilizado era a madeira, sendo estes pavimentos perfeitamente solidários com a gaiola. Estes pavimentos eram formados por vigamentos de madeira revestidos superior e inferiormente.

Os pisos eram conectados à alvenaria através da utilização de ferrolhos aplicados nas duas direções chumbados nas paredes de alvenaria e pregados às vigas. É possível notar que existia uma preocupação de que estes elementos tivessem uma boa ligação [21].

2.3.2.4. ESCADAS

No primeiro piso as escadas eram constituídas por alvenaria de pedra, enquanto que nos restantes pisos a caixa de escadas apresentava uma estrutura semelhante à dos frontais, ou seja, constituída por elementos de madeira ligados entre si e preenchidos por alvenaria de tijolo ou de pedra miúda. Os cobertores e os espelhos eram constituídos por pranchas em madeira muitas vezes simplesmente pregadas sobre as pernas [21].

2.3.2.5. COBERTURAS

As coberturas utilizadas eram as inclinadas já descritas na subsecção anterior.

2.4. EDIFÍCIOS GAIOLEIROS

2.4.1. ENQUADRAMENTO HISTÓRICO DOS EDIFÍCIOS GAIOLEIROS

Com o passar do tempo parece que a tragédia que abalou a cidade de Lisboa em 1755 foi sendo esquecida, e com isso, deu-se uma perda da qualidade construtiva. O período de construção pombalina durou até cerca de meados do século XIX.

O período gaioleiro deu-se quando houve um crescimento da população devido à fixação de pessoas que provinham do campo para a cidade, isto com as melhorias da cidade nomeadamente das condições de higiene, construção de esgotos, instalações para abastecimento de água potável, industrialização e desenvolvimento dos transportes. Com esse aumento da população deu-se a expansão da cidade comparável à que ocorreu na reconstrução pombalina. Este aumento da população levou a uma elevada procura imobiliária, fazendo com que houvesse a necessidade de uma construção de edifícios de modo económico e rápido. Foi neste contexto que surgiu uma nova tipologia construtiva, os edifícios gaioleiros, cujo principal objetivo era o aproveitamento do espaço. Neste tipo de edifícios houve uma simplificação e grandes alterações ao nível dos sistemas estruturais e construtivos que eram aplicados nos edifícios pombalinos [26]. Na Figura 2.18 tem-se dois exemplos de edifícios gaioleiros, onde pode-se visualizar as fachadas principais desses edifícios.



a)



b)

Figura 2.18 – Edifícios gaioleiros. Exemplos a) e b) [26]

2.4.2. CARATERIZAÇÃO CONSTRUTIVA DOS EDIFÍCIOS GAIOLEIROS

Nos edifícios gaioleiros foram aplicadas tecnologias anteriormente utilizadas em outros tipos de edifícios de períodos históricos anteriores, como no caso dos edifícios pré-pombalinos e nos edifícios pombalinos. Os edifícios gaioleiros foram uma evolução dos edifícios pombalinos em que deu-se grande perda de qualidade da construção, devido a motivos já referidos anteriormente nesta dissertação.

Essa perda de qualidade, deveu-se a alterações feitas no modelo pombalino, como por exemplo a adulteração da gaiola pombalina e o aumento da altura dos pisos [26].

Começando pelas semelhanças do modelo construtivo dos edifícios gaioleiros em relação a modelos superiores, pode-se inferir que as fundações, as paredes mestras, os pavimentos, e a cobertura tinham tecnologias já utilizadas tanto nos edifícios pombalinos como nos pré-pombalinos, não acrescentado nada de novo aos métodos construtivos utilizados em Portugal.

As fundações eram de um dos três tipos já referidos anteriormente neste trabalho, nomeadamente na subsecção 2.2.1.1 referente aos edifícios pré-pombalinos. O mesmo aplica-se às paredes mestras. Os pavimentos eram de terra batida nos pisos térreos juntamente com um enrocamento sobre o qual assentava uma camada de desgaste em laje de pedra, sendo que esta poderia ser revestida por ladrilhos cerâmicos [11]. Nos pisos superiores os pavimentos eram em madeira com tecnologias anteriormente utilizadas em edifícios de períodos anteriores. A cobertura utilizada era a cobertura inclinada também já vista anteriormente. As escadas interiores eram em madeira em todos os pisos, diferindo assim do modelo pombalino em que no rés-do-chão eram em pedra devido à eventualidade de ocorrência de cheias. Como os edifícios gaioleiros estavam localizados em zonas mais distantes do rio Tejo, já não existia a eventualidade de cheias, daí a escadaria ser em madeira em todos os pisos.

Agora tratando das diferenças em relação aos modelos de épocas históricas anteriores, pode-se começar pelas paredes em que uma característica dos edifícios gaioleiros era a redução da espessura das paredes na vertical. Esta redução deveu-se certamente a razões económicas e também devido à intenção de reduzir o peso próprio dos edifícios pois estes sofreram um aumento do número de pisos. Assim as divisões dos pisos eram mais leves, em que as paredes divisórias de alvenaria foram substituídas por paredes de madeira e tabiques. Com isto as áreas úteis dos espaços interiores aumentavam.

Outra perda de qualidade dos edifícios gaioleiros em relação aos pombalinos, prendia-se com a execução descuidada das paredes de alvenaria ordinária e também com as paredes de tabique que se apresentavam muito deformáveis, com escassa resistência a esforços de compressão, corte e flexão.

Os frontais dos pisos superiores podiam ser iguais aos frontais pombalinos, no entanto, o mais comum dos edifícios gaioleiros era uma execução mais simplificada dos frontais, sendo este idêntico ao anterior mas sem o travamento diagonal (escoras) para a simplificação do seu preenchimento com alvenaria de pedra e tijolo.

Os tabiques eram constituídos por uma ou duas ordens de tábuas de madeira de pinho bravo fasquiadas colocadas na vertical, às quais eram pregadas ripas de madeira horizontal onde assentava o reboco. Outro tipo de tabique utilizado neste tipo de edifícios eram a execução de um pano de alvenaria de tijolo maciço ou furado, sendo este posteriormente rebocado. Este segundo tipo de tabique era executado com mais facilidade, levando à sua utilização em grande escala neste período histórico [11]

3

CARACTERIZAÇÃO DOS EDIFÍCIOS DE ALVENARIA DE PEDRA NA ILHA DA MADEIRA

3.1. BREVE REFERÊNCIA SOBRE A HISTÓRIA DA ILHA DA MADEIRA

A ilha da Madeira foi descoberta pelos navegadores portugueses Tristão Vaz Teixeira, João Gonçalves Zarco e Bartolomeu Perestrelo em 1419 em que estes deram o respetivo nome à ilha, tendo em conta a presença em abundância dessa matéria prima na ilha. Isto aconteceu um ano após a descoberta da ilha do Porto Santo em 1418.

O início da colonização das ilhas dá-se em 1425 e a partir de 1440 é estabelecido o regime das capitânias em que a Tristão Vaz Teixeira é atribuída a capitania de Machico, seis anos mais tarde é atribuída a capitania do Porto Santo e em 1450 João Gonçalves Zarco é nomeado capitão-donatário de uma outra capitania que era a capitania do Funchal.

No século XV é iniciada na Madeira o cultivo da cana-de-açúcar ocorrendo uma rápida expansão desta indústria tornando o Funchal num centro comercial de excelência, frequentado por comerciantes de várias nacionalidades. O ponto alto da exploração da cana sacarina deu-se na década de 20 do século XVI coincidindo com a datação da maioria das obras de arte flamengas existentes na ilha, demonstrando assim o ambiente de prosperidade comercial que era notório.

Nos finais do século XVI devido ao declínio do comércio do açúcar os canaviais são substituídos por vinhedos, originando assim o ciclo do vinho em que este ganhou fama internacionalmente permitindo a ascensão de uma nova classe social, a Burguesia.

Nos séculos XVIII e XIX, devido às suas qualidades climatéricas e aos seus efeitos terapêuticos a Madeira destaca-se como estância para este fim, principalmente no que tocava à cura da tuberculose. Devido à crescente procura da ilha por estes doentes, houve a necessidade de serem criadas cada vez

mais infraestruturas de apoio como sanatórios e hospedagens, sendo dada resposta assim à presença destes doentes na ilha.

No século XIX deu-se os primórdios do turismo na ilha da Madeira em que os principais tipos de visitantes da ilha se resumiam a quatro grupos distintos: doentes, viajantes, turistas e cientistas. A maioria destes visitantes pertencia à aristocracia com bons recursos financeiros em que nesta lista se incluíam monarcas, príncipes, princesas e aristocratas. Ainda neste século, o interior da ilha passou a atrair a atenção dos viajantes deixando de se restringir assim apenas ao porto e à cidade do Funchal. Nos finais da década de quarenta foram lançadas as bases para a criação de infraestruturas de apoio ao interior. Em termos da infraestrutura hoteleira foram os ingleses e os alemães a lançar as bases para a construção da rede hoteleira madeirense.

No que toca ao desenvolvimento dos transportes na primeira metade do século XX as atenções concentraram-se no transporte aéreo. No início deste desenvolvimento a abertura ao mundo a partir deste meio deu-se a partir dos hidroaviões que começaram a operar a 15 de Maio de 1949.

Em 1960 dá-se a inauguração do aeroporto da ilha do Porto Santo e em 1964 há a construção do aeroporto de Santa Catarina na ilha da Madeira com uma pista de 1600 metros de extensão, beneficiando assim grandemente o mercado do turismo na região. No ano 2000 a pista foi ampliada para 2781 metros sendo construída parcialmente em laje sobre o mar assente em 180 pilares. Neste aeroporto operam tanto voos internacionais como voos domésticos.

Com o resultado da Revolução de 25 de Abril de 1974 a Madeira em 1976 tornou-se uma Região Autónoma da República Portuguesa ganhando assim a sua autonomia política administrativa.

Com a entrada de Portugal na União Europeia a Região Autónoma da Madeira beneficiou de subsídios que permitiram o desenvolvimento da rede viária através da construção de diversas infraestruturas que vieram reduzir as distâncias e aumentar a segurança. Houve também uma evolução no turismo madeirense com o aparecimento de novas infraestruturas hoteleiras devido ao elevado fluxo de turistas que a região passou a beneficiar.

Ainda na primeira metade deste século deu-se o aumento do Porto do Funchal dando-se o alargamento do cais em todo o seu comprimento e no seu prolongamento. Na mesma época também deu-se a construção de várias estradas que passaram a ligar diferentes localidades entre si [27].

3.2. EVOLUÇÃO DA CONSTRUÇÃO AO LONGO DA HISTÓRIA NA ILHA DA MADEIRA

A história da Madeira foi marcada por diferentes fases sendo umas de maior riqueza e outras de maiores dificuldades, marcando assim a evolução do património construído durante essas diferentes fases. As fases de maior riqueza foram a fase da exploração da cana de açúcar nos séculos XV e XVI, a fase da

exploração do vinho nos séculos XVII e XVIII [28] e por fim a fase pós Revolução 25 de Abril de 1974 em que a Madeira torna-se, anos depois, numa região autónoma e Portugal entra na União Europeia [27]. As fases de maiores dificuldades foram respetivamente as crises dos séculos XVII e XIX [28].

Atualmente encontram-se edificados edifícios das diferentes alturas da história do povoamento, inclusive edifícios do século XV como é o caso do convento de Santa Clara no Funchal [29].

Relativamente a edifícios antigos de habitação também ainda existem exemplares antigos como por exemplo o Solar dos Rei Magos (séculos XVII/XVIII) [30]. De entre todo o património construído ao longo dos séculos, os exemplares existentes até hoje são os edifícios mais nobres, como as igrejas, edifícios do estado ou os solares. As construções mais pobres, essas, naturalmente, a grande maioria não sobreviveu até os dias de hoje. Ou as que sobreviveram, não se encontram adequadas às exigências do modo de vida atual.

Na revista Mensário das Casas do Povo Nº 111 de setembro de 1955, há um artigo em que o autor A. Marques da Silva escreve em como as casas da cidade do Funchal no início do povoamento tinham um ar pobre sendo estas feitas com paredes de madeira e com coberturas de colmo. Nesse mesmo artigo o autor faz referência ao facto de o município do Funchal, na altura, ter determinado que as casas de colmo se cobrissem de telha. A partir daqui pode-se constatar o tipo de habitação construída pelo povo no início do povoamento.

Até inícios do século XX o estilo de vida da maior parte da população da ilha era um estilo de vida agrário rural e artesanal, sendo que os camponeses pobres passavam a vida a trabalhar no campo, pelo que o essencial da casa era um abrigo. As casas eram então construídas com recurso à pedra basáltica e a terra para preencher os espaços entre pedras.

A emigração da população em determinadas fases da história como por exemplo a partir de meados do século XIX, também teve influência na edificação do património construído pois com a ajuda do dinheiro que os emigrantes enviavam para os seus familiares presentes na ilha, foi possível um melhoramento das condições de habitação dos mesmos devido ao desafogo provocado no orçamento das famílias [31].

Neste capítulo são abordados os diferentes tipos de edifícios de alvenaria de pedra construídos na ilha da Madeira, tentando-se fazer uma descrição útil na perspetiva da engenharia civil desses respetivos edifícios.

3.3. EXEMPLOS DE EDIFÍCIOS DE ALVENARIA DE PEDRA NA ILHA DA MADEIRA

3.3.1. SÉ DO FUNCHAL

Nos finais do século XVI com o comércio do açúcar, o Funchal vive como uma vila portuária comercialmente próspera. Numa área de menor declive, a poente, entre as ribeiras de Santa Luzia e São João, organiza-se o desenvolvimento de um centro urbano aristocrático. A projeção da construção da Sé do Funchal (Figuras 3.1 e 3.2), mandada edificar por D. Manuel, enquadra-se com a subida deste para a administração da Ordem de Cristo e com o sucessivo crescimento da cidade.

As obras iniciaram-se em 1493 participando nelas vários operários especializados, destacando-se entre eles o mestre Pêro Anes, autor do projeto, e o pedreiro Gil Enes, auxiliar principal na empreitada.



Figura 3.1 - Sé do Funchal (exterior) [32]

Devido ao conjunto dos corpos arquitetónicos assumirem de início grandes proporções, o Rei D. Manuel financia por conta própria as despesas da edificação da capela-mor e cabeceira, oferecendo também peças importantes para a sua decoração, contribuindo assim no prosseguimento dos trabalhos. Isto porque o projeto se revelava como uma das mais importantes construções religiosas a ser projetada no espaço atlântico na gesta dos descobrimentos. Em 1508 aquando da elevação do Funchal à categoria de cidade, a Sé encontra-se praticamente concluída faltando proceder apenas aos acabamentos finais do teto.



a)



b)

Figura 3.2 - Interior da Sé do Funchal. Perspetivas a) e b) [33] [34]

A Sé encontra-se dentro da tradição estilística gótico tardio apresentando-se praticamente íntegra ao projeto inicial. Apresenta uma planta litúrgica em forma de cruz latina orientada no sentido este-oeste, com três amplas naves de cinco tramos, transepto, pronunciado no enfiamento transversal, e cabeceira tripartida. A torre sineira ergue-se a norte, adossada ao braço do transepto e num corpo independente situam-se a atual sacristia e a casa do cabido, mandadas edificar por volta de 1734 [29].

Trata-se de um edifício de alvenaria de pedra rebocada em que cantaria de arenito vermelho do Cabo Girão faz a junção entre paredes ortogonais proporcionando assim uma boa solidarização entre paredes. Também foi utilizada cantaria basáltica nomeadamente nas vergas, contra vergas e ombreiras (Figura 3.3). Pavimentos térreos executados com tijoleira e madeira. Lajes de pisos superiores construídas em madeira [35].



Figura 3.3 - Exemplo de janela em que apresenta ombreiras, verga e contra verga em cantaria basáltica

Coberturas de telha de uma água e duas águas respetivamente nas naves laterais e nave central e por sua vez nas dependências anexas de três a quatro águas. Existência também de terraços em alvenaria na cabeceira e na torre (Figura 3.4) [35].



Figura 3.4 - Terraços e coberturas nas dependências anexas

No interior destaca-se a presença de iluminação natural proveniente de clerestório, rosáceas e óculo [35].

3.3.2. CONVENTO DE SANTA CLARA

O convento de Santa Clara (Figura 3.5) foi fundado por João Gonçalves da Câmara, 2º capitão donatário do Funchal e filho do descobridor da ilha, em finais do século XV. A sua construção teve início em 1492 perto da terceira residência do seu pai que hoje corresponde ao Museu Quinta das Cruzes. Mais tarde a

pequena Igreja de Nossa Senhora da Conceição de Cima veio incorporar o edifício, construída para panteão da família, em que recebeu importantes modificações de forma a ficar adaptada à clausura. O claustro enquadrado pelos dormitórios desenvolveu-se para sul e para poente foram construídos dois coros, capelas e vários oratórios.

Durante o século XVII o edifício foi alvo de intervenções, no entanto estas afetaram minimamente a estrutura da igreja.

É de realçar que este convento apresenta tetos em madeira e em azulejos de estilo hispano-árabe, nas suas paredes com azulejos do século XVII, e uma coleção de telas restauradas dos séculos XVII e XVIII [29].



a)



b)

Figura 3.5 – a) Perspetiva do claustro e torre da igreja (33) b) Pormenor do claustro (34)

Trata-se de um edifício em alvenaria de pedra rebocada, apresentando peças de cantaria mole e cantaria rija nomeadamente em ombreiras, vergas e contravergas e também em arcos (Figura 3.6). Lajes dos pisos superiores executadas em madeira com a existência de amarrações entre as lajes, paredes e telhados. Telhados de duas, três e quatro águas em que a telha utilizada foi a chamada telha meia cana [35].



a)



b)

Figura 3.6 – a) Cantaria mole utilizada em arcos b) Cantaria rija utilizada em verga e ombreiras de uma porta

3.3.3. FORTALEZA DE SÃO LOURENÇO

O início da construção da Fortaleza de São Lourenço (Figura 3.7) dá-se no segundo quartel do século XVI, entre 1529 e 1540 com o intuito de ajudar na defesa do porto, da alfândega e também das casas do capitão donatário. Devido às fragilidades demonstradas aquando do ataque dos corsários franceses em 1566, é alvo de melhoramentos e de ampliações nos finais do século XVI e nos primeiros anos do século XVII.

Nos finais do século XVIII a fortaleza passa também a residência dos capitães donatários e dos governadores da Madeira daí a designação de “Palácio” tender a substituir a de “Fortaleza” [29].



a)



b)

Figura 3.7 - Fortaleza de São Lourenço. Perspetivas a) e b) [36] [37]

Em 1836 durante o Governo Constitucional, com a separação dos poderes civis e militares, o imóvel é partilhado por dois governadores, o governador civil e o governador militar. A área mais moderna do palácio, ocupada pelas salas nobres, jardins e pelos baluartes, sudeste, poente e norte reservada à residência oficial do governador civil e a parte de quartel mais antiga, à nascente, incorporada pelo baluarte joanino e pelas casas anexas à porta da fortaleza e sob o mesmo torreão, destinada ao governador militar.

Com a primeira república o palácio continua a ser local privilegiado para receções oficiais.

Em 18 de Agosto de 1943, este imóvel é classificado de monumento nacional, compreendendo nomeadamente a fortaleza iniciada na primeira metade do século XVI e concluída no período Filipino, e o Palácio que se reporta aos salões do andar nobre e os jardins.

Atualmente, o edifício é residência do representante da república para a Região Autónoma e do comandante militar [29].

Trata-se de um edifício de alvenaria de pedra regional rebocada, contendo alvenaria mole e rija nomeadamente por exemplo nos cunhais das paredes nos arcos e nas ombreiras, vergas e contravergas

de portas e janelas. Lajes de pisos superiores executadas em madeira com amarrações também em madeira entre as lajes, paredes e telhados. Telhados com águas múltiplas com telha de canudo assente em cornija. É de realçar o pormenor do telhado cónico sobre o baluarte leste e avançado ao mar e virados para a cidade os terraços ajardinados [35].

3.3.4. ALFÂNDEGA DO FUNCHAL

A Alfândega do Funchal (Figura 3.8) foi instituída por carta régia de 15 de Março de 1477 e a sua construção iniciada em 1514 por ordem de D. Manuel I, sob a direção do mestre de carpintaria Pêro Anes que orientava simultaneamente as obras da Sé do Funchal. Aquando da conclusão da alfândega nova, como era denominada, em 1519, esta passou juntamente com a Sé a ocupar um lugar de centralidade no tecido urbano que se organizava numa área de menor declive, a poente, entre as ribeiras de Santa Luzia e São João. A alfândega foi alvo de melhorias nos séculos XVII e XVIII com a construção de um reduto de artilharia e fortificação do edifício. Em 1715 houve a construção da capela anexa de invocação a Santo Antônio da Mouraria, mandada erguer pelo provedor e juiz desembargador, Dr. João de Aguiar, que aí se fez sepultar.

O terramoto de 1 de abril de 1748 obrigou à revisão geral do edifício devido aos danos causados. O mestre de obras reais Domingos Rodrigues Martins foi responsável pela direção das obras de intervenção, lhe configurando uma feição estilística pombalina, salvaguardando, no entanto, a preservação do núcleo primitivo e de vários elementos manuelinos como os arcos quebrados, os portais, as gárgulas exteriores e os tetos mudéjares, em particular o da sala dos contos.

No século XIX, com a necessidade de equiparar a alfândega do Funchal às demais do reino, tiveram lugar a realização de outras obras.

Com a construção da alfândega nova, em 1960, o edifício foi alvo de várias obras de valorização e recuperação, em que foram colocadas a descoberto diferentes fases construtivas e demolidos os vários acrescentos realizados durante o século XIX e inícios de XX.

Em abril de 1982 na alfândega passou a ser incorporada as instalações da assembleia legislativa regional. O arquiteto responsável pelo projeto foi Chorão Ramalho em que este procedeu à recuperação e adaptação do edifício respeitando o antigo núcleo manuelino e pombalino [29].

Trata-se de um edifício de alvenaria de pedra regional rebocada com cantaria mole e rígida em certos elementos como arcos, ombreiras, vergas e contravergas por exemplo. Lajes superiores construídas em madeira apesar de após a remodelação a que foi sujeita as lajes superiores passaram a ser de betão armado. Cobertura de quatro águas com os chamados tetos de alfarge com beiral assente em cornija de cantaria pintada. Planta retangular com pátio central interior e com uma pequena capela retangular anexada a leste [35].



a)



b)

Figura 3.8 – Edifício da Alfândega do Funchal. Perspetiva a) (exterior) e perspetiva b) (interior) [38] [39]

3.3.5. PALÁCIO CONDE DE CARVALHAL

O palácio Conde de Carvalho (Figura 3.9) era a residência da antiga família Albuquerque de Carvalho Esmeraldo incorporando agora a sede da Câmara Municipal do Funchal. Este edifício foi construído em 1758 por D. Joana Teresa de Carvalho Esmeraldo, tia-avó do 1º Visconde de Carvalho, e seu marido, o sargento-mor do Funchal Francisco Roque de Albuquerque Figueirôa.

O palácio continuou na propriedade da família Carvalho Esmeraldo apesar de em 1820, este ter sido alugado a uma firma inglesa exportadora de vinhos.

Em 1868 o palácio foi arrendado à Câmara do Funchal sendo que esta tomou posse definitiva do prédio em 1883.



Figura 3.9 - Palácio Conde de Carvalho [40]

Constituído primitivamente por um corpo principal coroado por quatro pináculos de cantaria, em 1940-1941 o conjunto foi remodelado seguindo as diretivas do projeto elaborado pelos arquitetos Raul Lino e Carlos Ramos.

Edificaram-se as alas norte e sul, que vieram a integrar-se harmoniosamente no corpo principal e substituiu-se a antiga torre por uma outra que surgiu recuada em relação ao corpo principal do edifício, ostentando as armas da cidade.

Estas intervenções e a recuperação dos elementos das construções anteriores, dentro do vocabulário da arquitetura senhorial madeirense, com “lojas” e andar de serviços intermédio a articular-se com o andar nobre, conferiram ao palácio da atual Câmara Municipal do Funchal a atual traça imponente.

A sua fachada principal abre-se ao Largo do Município, com um grande portal em cantaria cinzenta, encimado pelas armas do Funchal, distribuindo-se no andar nobre onze janelas de sacada com espessas molduras servidas por varanda corrida.

As janelas do rés-do-chão se encontram gradeadas com ferro, geralmente utilizadas em edifícios dos séculos XVII e XVIII. Sobre a fachada sul levanta-se a torre e na fachada norte integra-se o baixo relevo de São Tiago Menor, santo padroeiro do Funchal, cuja escultura é da autoria de Antônio Duarte, datada de 1944 [29].

Trata-se de um edifício de alvenaria de pedra rebocada com cantaria mole e rígida utilizada nomeadamente nos cunhais das paredes, em lintéis, ombreiras, contravergas e arcos por exemplo. As lajes superiores eram originalmente em madeira, no entanto, aquando da remodelação algumas passaram a ser em betão armado. As paredes tipo tabique foram substituídas por paredes de gesso cartonado. Existência de amarrações em madeira. Os telhados são de duas, três e quatro águas e a telha utilizada foi a chamada telha de meio canudo. A planta é retangular com pátio central aberto [35].

3.4. TIPOLOGIAS HABITACIONAIS DOS EDIFÍCIOS DE ALVENARIA DE PEDRA NA ILHA DA MADEIRA

3.4.1. IDENTIFICAÇÃO DAS TIPOLOGIAS

As tipologias habitacionais presentes nesta secção baseiam-se no trabalho do arquiteto Victor Mestre em seu livro “Arquitectura Popular da Madeira”. Os critérios de identificação das tipologias do respetivo autor basearam-se por um lado na antiguidade dos modelos nos casos em que foi possível estabelecer a datação e por outro, nos modelos em que isso não foi possível, o autor baseou-se nas características habitacionais de cada modelo agrupando-os de acordo com as suas semelhanças gerais. Nesta dissertação irão ser apenas abordadas as tipologias com algum interesse para a prática de reabilitação

moderna, visto que ao longo da história da ilha muitas das habitações eram muito simples, onde não faz sentido proceder à reabilitação das mesmas tendo em conta o estilo de vida moderno, que exige condições de conforto e segurança muito superiores às do passado.

3.4.1.1. CASA ANTIGA OU SECULAR

As casas antigas ou casas seculares são assim designadas por terem características que remetem para a memória coletiva da arquitetura continental característica das aldeias, das vilas, das cidades, das casas solarengas, das quintas de lavoura e de recreio, e dos chamados monumentos. Estas casas, segundo o autor, foram as casas que melhor receberam e transmitiram “os genes” dessa arquitetura, sendo também, aquelas que tiveram mais contato com os mestres ligados à corte e à igreja elaboradores da arquitetura civil, religiosa e militar, principalmente aquela que se implantou rapidamente no Funchal devido à grande quantidade de mestres e arquitetos presentes logo a partir do século XV.

Algumas destas casas continuam a existir resistindo a adversidades como o apagamento, o abastardamento, ou então a reabilitações desajustadas que prejudicaram a manutenção da sua identidade tipológica.

Nelas é notória a qualidade tanto da “fábrica” dos pedreiros como das carpintarias, destacando-se as armações dos telhados com semelhanças às dos tetos de alfarge (Figura 3.10) mas com uma síntese construtiva e decorativa, com boa qualidade construtiva e boa interpretação no escalonamento e dimensão das diversas peças componentes da armação, nomeadamente os frechais, as linhas, as tesouras e o forro.

Aparentemente dá a impressão que as armações dos telhados madeirenses têm a mesma proveniência ou filiação, atravessando as épocas com a mesma técnica construtiva [30].



Figura 3.10 - Pormenor do teto de alfarge da Igreja da Calheta [30]

Na casa antiga ou secular esses telhados de quatro águas caracterizam-se pela baixa altura da cumeeira e por um acentuado contrafeito, conseguido através de uma segunda linha de varas sobreposta aproximadamente a $\frac{1}{4}$ da distância entre a fachada e a cumeeira, assentando num segundo frechal sobrelevado ou diretamente na parede, solução idêntica à da arquitetura erudita.

Não é raro ver-se sucessivas amarrações individualizadas por compartimento com o aproveitamento da armação do telhado. Mas o mais comum é mesmo o uso de um telhado único com armação independente das armações individuais [30]. Na Figura 3.11 tem-se dois exemplos de armações de telhados de casas antigas ou seculares.

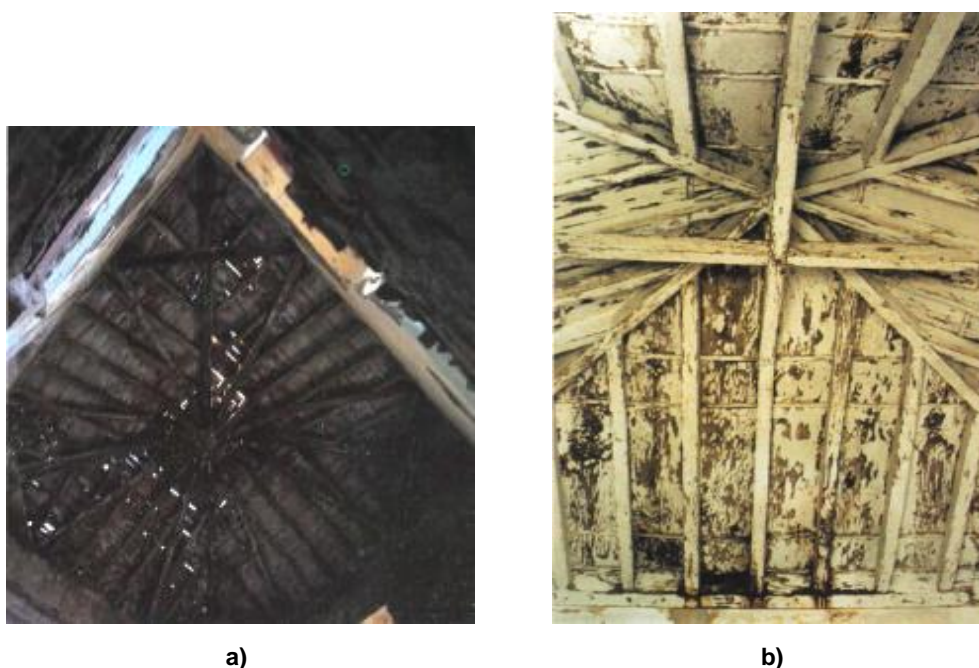


Figura 3.11 - Armações de telhados de casas antigas ou seculares. Exemplos a) e b) [30]

Para além da armação e do telhado, existem outros elementos que caracterizam a casa secular, como por exemplo as “janelas-portadas”, em que existe um caixilho justaposto exteriormente na portada. Este tipo de caixilharia remonta ao século XV em que originalmente a portada apresenta um postigo sem vidro, que mais tarde seria dotado com uma chapa de vidro fixa evoluindo depois para a vidraça também fixa nos finais do século XVIII. Está presente em quase toda a arquitetura civil, religiosa e militar dessa época no Continente, Açores e outras cidades fora da Europa fundadas por portugueses.

A madeira apresenta-se como um dos materiais mais utilizados no interior da casa, na estrutura resistente de paredes e pavimentos elevados, e também nos pavimentos térreos que são sobrelevados, formando uma caixa de ar. O tipo de madeira mais utilizado era nomeadamente o castanho, o pinho, ou então nas casas mais antigas o cedro.

A madeira era também utilizada nas vergas, cunhas, elementos resistentes, entalada entre grandes pedras em que nelas se efetuavam as pregagens das molduras das portas e janelas.

Finalmente, entre a armação da cobertura e a estrutura do(s) pavimento(s) constituindo a amarração do interior da casa, tem-se os frontais com a chamada Cruz de Santo André (Figura 3.12), preenchida com pequenas pedras, cacos de telha, ou mesmo ainda que raramente, aparas da madeira, sobre o qual era pregado o fasquio em caniço em que depois era coberto com argamassa fina [30].

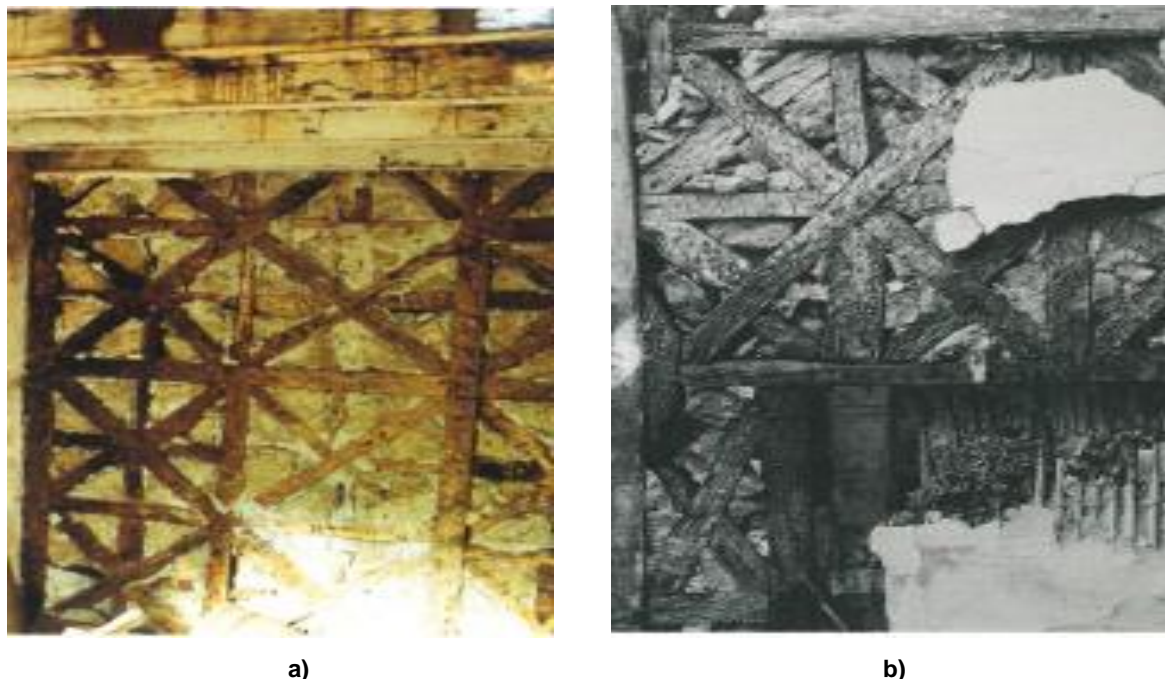


Figura 3.12 - Cruzes de Santo André de casas seculares. Exemplos a) e b) [30]

Já as paredes de tabique eram constituídas por pranchas de madeira dispostas ao alto, pintadas com base de cal, pigmentos e um fixador natural.

As casas seculares apresentam dois pisos apesar de haver casos pontuais de casas com apenas o piso térreo. A sua estrutura tipológica é correntemente elementar, com passagem entre compartimentos. O piso superior é destinado à zona nobre com salas mais generosas que os quartos de dormir, com a cozinha localizando-se num dos topos, com forno integrado no lar da chaminé de grandes dimensões, servida por escada e patamar exteriores, como é o exemplo na Calheta da Casa de Morgado com balcão. O piso inferior destinava-se à adega, à guarda de alfaias agrícolas e ao “despejo” dos produtos da terra.

As casas seculares constituem assim um núcleo à parte das demais que irão ser tratadas seguidamente, devido à sua condição de maior riqueza, por vezes nobre, que lhes confere um caráter erudito. Como já foi referido, são casas que receberam e transmitiram influências de um importante legado construtivo português [30]. Na Figura 3.13 temos um esquema de um exemplar de uma casa antiga ou secular, nomeadamente o Solar do Esmeraldo na Ponta do Sol.



Figura 3.13 - Esquema e imagem do Solar dos Esmeraldos na Ponta do Sol [30]

3.4.1.2. CASA ELEMENTAR DE COBERTURA DE TELHA CERÂMICA E CASA ELEMENTAR DE DUAS EMPENAS

A casa elementar de cobertura de telha (Figura 3.14) encontra-se um pouco por toda a ilha. Este modelo tendo em conta as suas proporções, tipologia e aspeto formal, é facilmente associado a uma casa antiga elementar: um volume baixo, retangular, com telhado “abatido” de quatro águas, porta, janela e porta, por vezes duas janelas e duas portas, se apresentando com caiação branca com pigmento cinzento no soco e nas molduras dos vãos ou com um tom ocre esbatido e molduras caiadas com pigmento cinzento ou vermelho de óxido de ferro. Apresentam molduras de tufo alaranjado, ou de basalto. Chaminés antigas de proporções significativas lembrando as do sul do Continente, ou ainda as mais modernas de forma prismática e esbeltas, erguidas sobre o forno em que este poderia se localizar no interior ou no exterior [30].

No interior, a casa é constituída pela cozinha, separada dos quartos por uma sólida parede de alvenaria com ou sem comunicação interior. Existência de dois, três ou raramente mais compartimentos de dormir comunicantes entre si, divididos por paredes tabique, formando compartimentos por vezes com tetos independentes.



Figura 3.14 - Casa elementar de cobertura de telha no Porto da Cruz [30]

Estes são os traços gerais da casa linear ou elementar. No uso quotidiano a cozinha é utilizada como entrada, sendo o centro da vida social desviado do centro geométrico da casa [30]. Na Figura 3.15 tem-se um esquema de um exemplar de uma casa elementar de telha cerâmica.

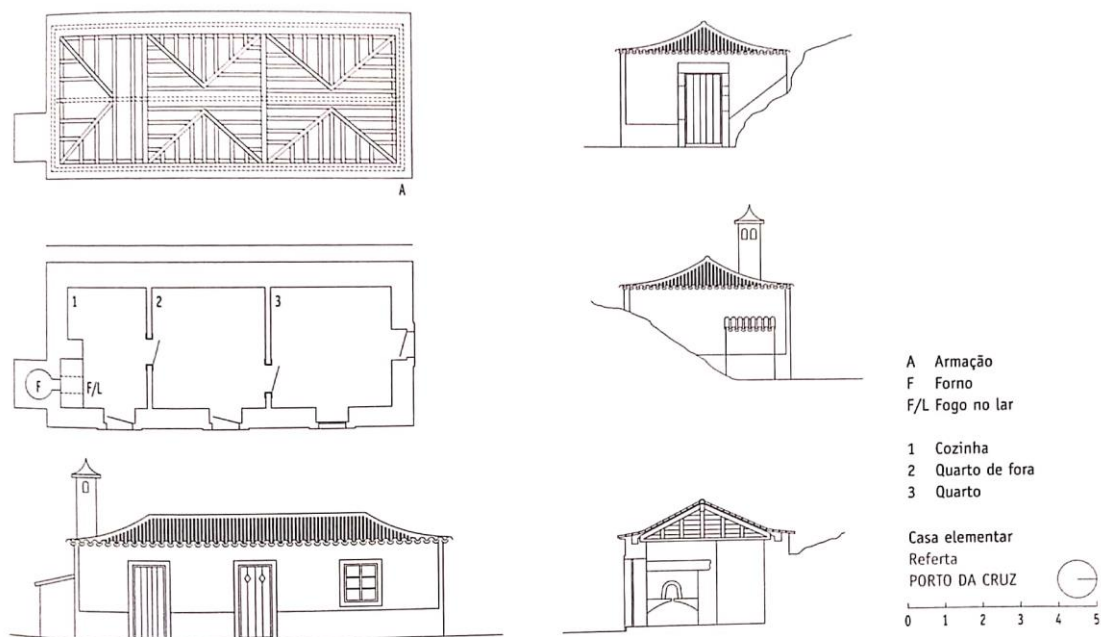


Figura 3.15 - Esquema de uma casa elementar de telha cerâmica no Porto da Cruz [30]

Ainda desta tipologia, existe um modelo praticamente autonomizável. É uma exceção às casas de telhado de quatro águas de um piso térreo. São as casas elementares de duas empenas (Figura 3.16) com aproveitamento do sótão, por vezes com dois pisos, em que se mantêm as empenas laterais. Encontram-se no Curral das Freiras, aqui com a particularidade de a cozinha se destacar noutra construção, e ainda na zona compreendida entre os Lombos e os Prazeres, no sudeste da ilha [30].

A entrada superior dá-se pela fachada de empena dando acesso aos quartos, dois, com passagem entre si e subdivididos por tabique de pranchas ou simplesmente por cortinas. O piso térreo é utilizado como zona mista de refeições e local de arrumos e apoio à lavoura, embora geralmente as refeições tenham lugar na cozinha ou no seu exterior. Não há ligação interior entre pisos.



Figura 3.16 - Casa elementar de duas empenas no Curral das Freiras [30]

Apesar de esta subtipologia se desenvolver em dois pisos denota uma grande elementaridade, ainda que na maioria das vezes se trate de um piso térreo com aproveitamento de sótão [30]. Na Figura 3.17 tem-se um esquema de um exemplar de uma casa elementar de umas empenas no Curral das Freiras.

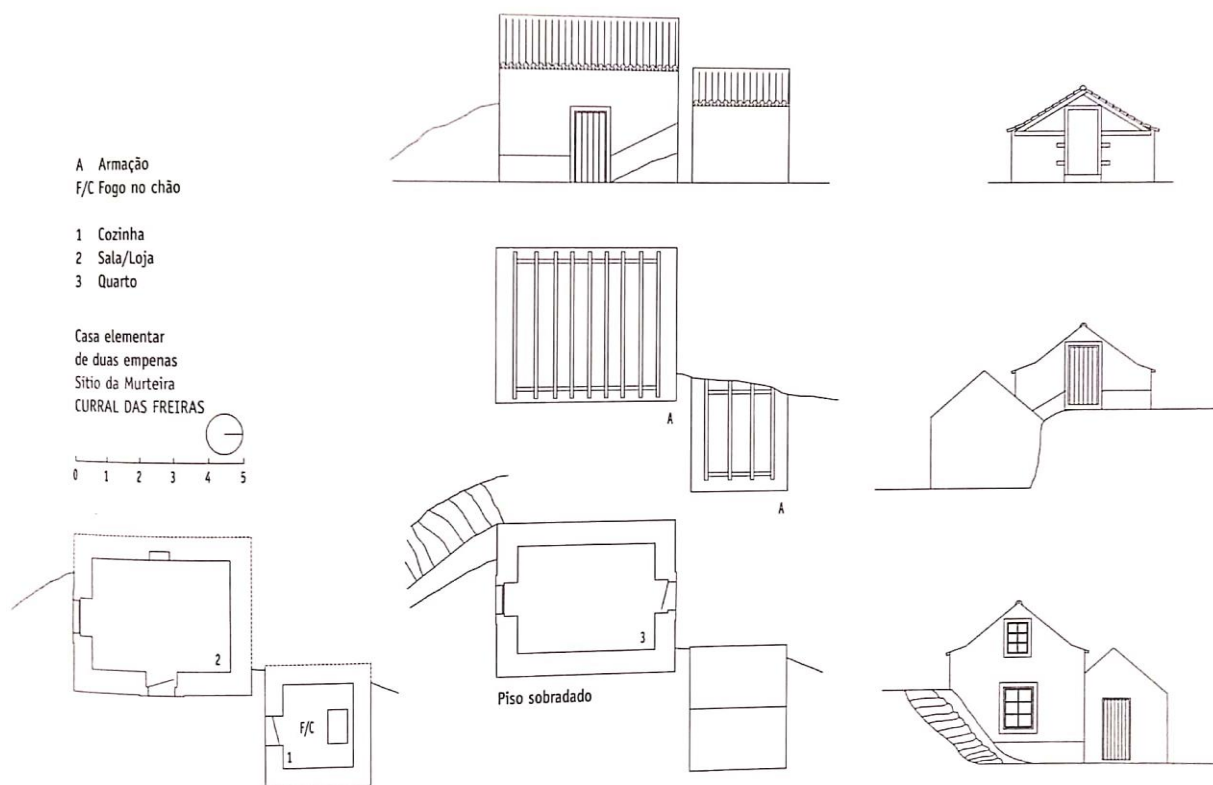


Figura 3.17 - Esquema de uma casa elementar de duas empenas no Curral das Freiras [30]

3.4.1.3. CASA ELEMENTAR DE DOIS PISOS

A casa elementar de dois pisos (Figura 3.18) apresenta-se em vários tipos ao longo da ilha, uma versão comum desta tipologia é a situação em que aproveitando o desnível natural do terreno há um ganho de mais um piso, em que a casa fica encostada em duas faces ao declive com as aberturas colocadas na fachada. O balcão de acesso à casa situa-se ou ao nível da rua ou ao nível da plataforma nivelada para o efeito. O piso inferior, sendo destinado a lojas, era constituído por duas divisões destinadas a esse fim variando entre a situação de serem divididas por uma parede mestra sem abertura, e a situação de uma parede de pranchas de madeira, com porta, a dividir as lojas. Este tipo de casa apresenta-se com uma grande diversidade na forma como era implantada [30].



Figura 3.18 - Casa elementar de dois pisos com balcão na Fajã da Ovelha [30]

Sem ser uma regra absoluta, há uma persistência nesta tipologia de a fachada das traseiras não apresentar vãos. Esta característica além de proporcionar uma economia pela não execução de mais carpintarias, também tem a vantagem de ao colocar esta fachada virada para norte por exemplo, a casa estar mais protegida da invernada e ventos dominantes. Os quadrantes mais favorecidos eram o nascente e sul, apesar de mais raramente também o poente.

A casa elementar de dois pisos é muito frequente em toda a ilha [30]. Na Figura 3.19 tem-se um esquema de um exemplar de uma casa elementar de dois pisos na Calheta.

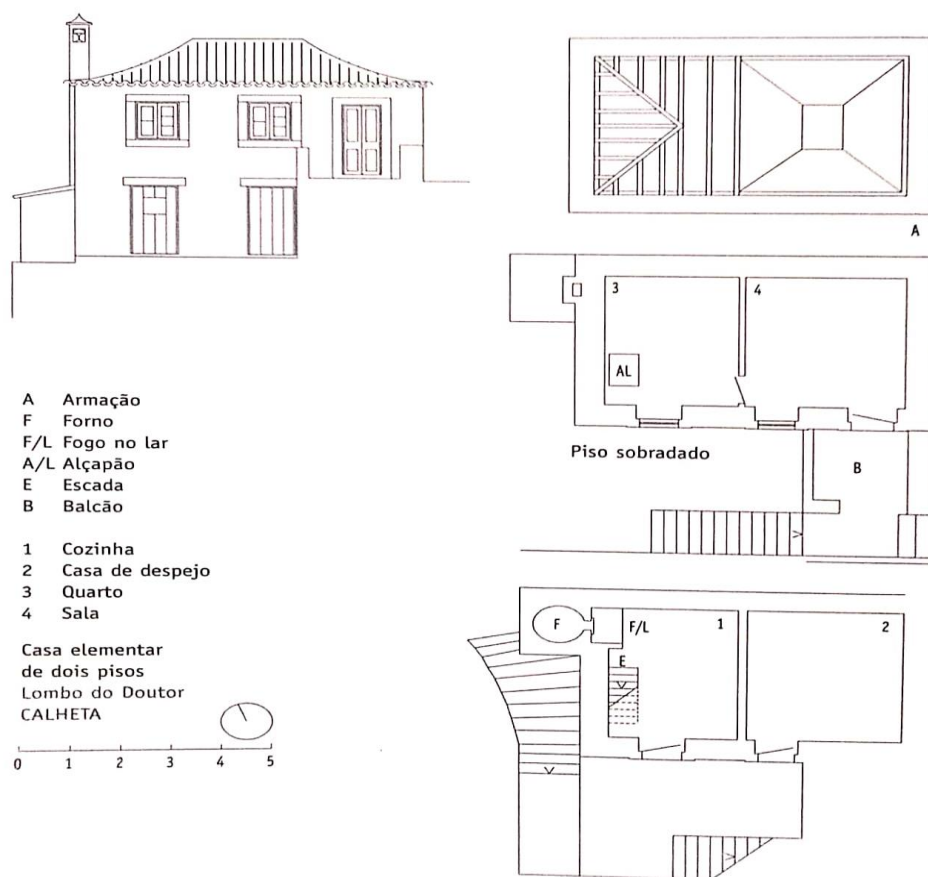


Figura 3.19 - Esquema de uma casa elemental de dois pisos na Calheta [30]

3.4.1.4. CASA EM ESQUADRIA E CASA DUPLICADA

A casa em esquadria (Figura 3.20) surge pela associação de um compartimento perpendicular ao topo de uma casa linear, onde habitualmente se localiza a cozinha, permitindo assim a adição de um quarto na zona onde esta outrora se localizava. Noutra situação mais evoluída, existe um “espaço corredor” que liga a cozinha (em ângulo reto ou esquadria) à sala no outro topo, ficando entre eles dois quartos com entrada individualizada. A cobertura resulta da adição do telhado lateral de três águas da cozinha ao telhado longitudinal de quatro águas do corpo principal [30]. Na Figura 3.21 tem-se um esquema de um exemplar de uma casa em esquadria.



Figura 3.20 - Casa em esquadria na Corujeira [30]

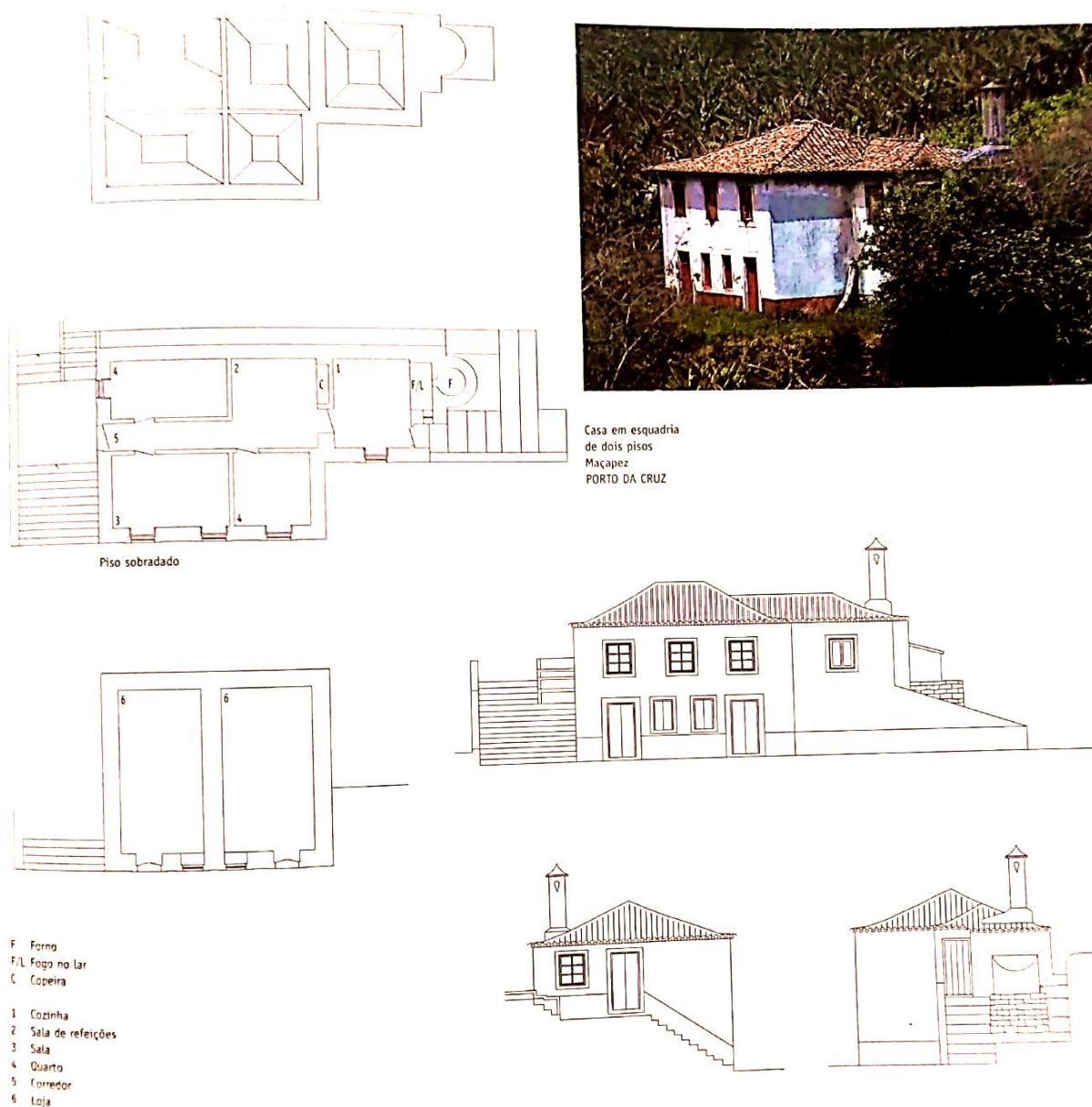


Figura 3.21 - Casa em esquadria com dois pisos no Porto da Cruz [30]

No caso da casa duplicada (Figura 3.22) dá-se a junção de duas casas elementares ficando paralelas entre si em que as coberturas ficam separadas, formando telhados paralelos. Tem-se neste caso, como numa casa elementar comum, a cozinha num dos topos com os compartimentos comunicando entre si. Numa situação mais evoluída tem-se um “espaço corredor” num dos módulos [30].



Figura 3.22 - Casa duplicada no Caniço [30]

3.4.1.5. CASA TORREADA

Pensa-se que a casa torreada (Figura 3.23) deverá remontar à fase inicial do povoamento podendo ser associada aos modelos antigos que chegaram à ilha. Devido à sua geometria pode ser associada à casa saloia dos arredores de Lisboa. O elemento que proeminentemente identifica esta tipologia é o seu torreão quadrangular com telhado de quatro águas. Nele temos dois pisos habitados, ligados por uma escada interior de madeira com a cozinha se situando no piso térreo.

Também é comum a associação de um pequeno volume de piso térreo onde se encontra a cozinha, com um telhado de uma ou duas águas [30].

O fator que distingue este modelo da casa saloia (torreada) dos arredores de Lisboa é o maior isolamento do torreão pois, no segundo caso, a regra é a associação de um piso térreo com três águas, divergindo assim do caso madeirense em que como já foi referido, quando há a associação desse piso, é algo mais modesto.

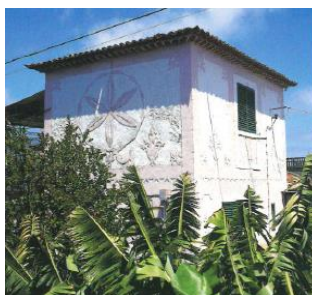


Figura 3.23 - Casa torreada no Funchal [30]

A evidência mais marcante nesta tipologia é a métrica exata, pois o modelo é transposto não só pela sua forma simples, mas também principalmente pela rigidez da escala e das dimensões modulares [30]. Na Figura 3.24 tem-se um esquema de um exemplar de uma casa torreada.

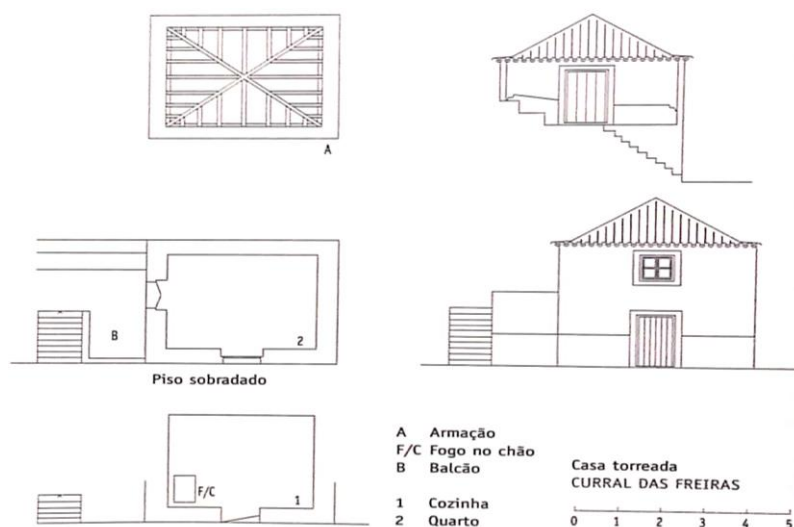


Figura 3.24 - Esquema de uma casa torreada no Curral das Freiras [30]

3.4.1.6. CASA COMPLEXA DE COBERTURA DE TELHA

Com esta tipologia dá-se o surgimento, sem ser como recurso ou ocasional, de um espaço exclusivamente de circulação, ou seja, o corredor. Este espaço torna-se o eixo estruturante da tipologia em que a casa é desenhada em função da sua existência, com implicações no processo construtivo.

O corredor associa-se a uma entrada centralizada por vezes com um alpendre, subdividindo-se por vezes logo à entrada, criando uma antecâmara permitindo um acesso “nobre” a uma saleta de receber no caso das casas mais desenvolvidas, ou então a uma sala de jantar nas casas de menor dimensão. No interior destaca-se a amplitude dos compartimentos, quer em altura como em largura. São casas com um aspeto exterior de “casarões” quadrangulares com um telhado único de quatro águas. Normalmente têm sempre dois pisos, em que o piso inferior se destina a adega, lojas de alfaías e produtos da terra.

A cozinha localiza-se sempre no piso superior sobre um maciço, ou natural ou artificial em que o último era construído em pedra de maneira a suportar o peso do forno e da lareira.

Neste tipo de casa todos os compartimentos ladeiam o corredor em que alguns deles podem ter mesmo duas portas, como no caso dos salões receber e das salas de jantar [30]. Na Figura 3.25 tem-se um exemplo de uma casa complexa de cobertura de telha esquematizada.

Estas casas complexas de cobertura de telha terão surgido entre o primeiro e segundo quartel do século XIX cujo maior incremento ocorreu nos finais desse século. Muitas estão ligadas à emigração para a América do Sul em que deu-se o surgimento de uma nova burguesia.

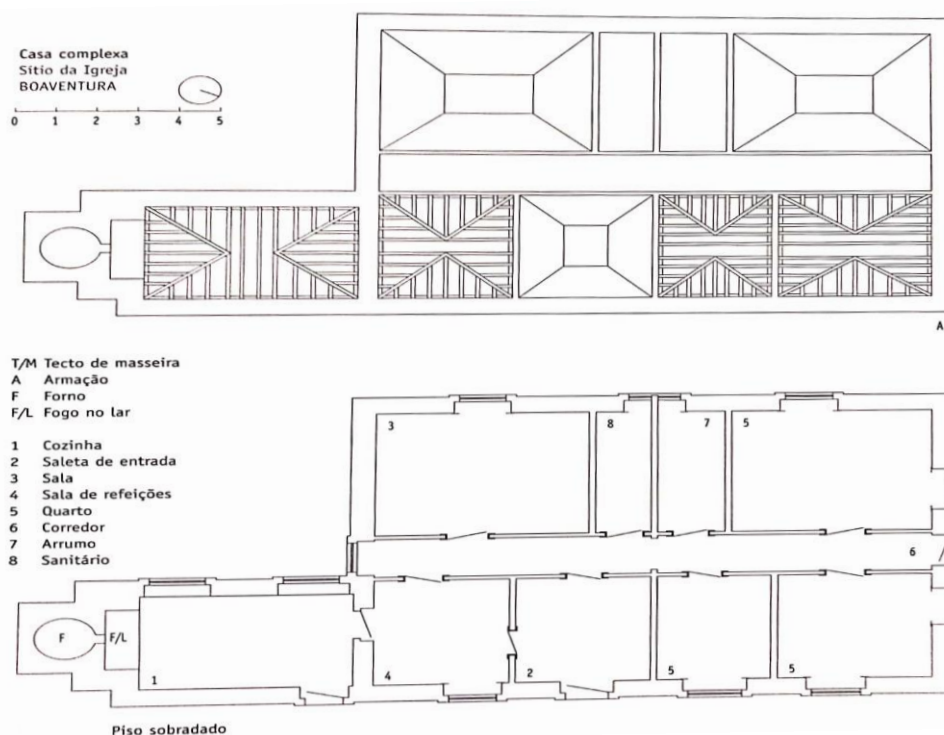


Figura 3.25 - Esquema de uma casa complexa na Boaventura [30]

Algumas delas são conhecidas como casas dos demeraristas (Figura 3.26), principalmente as de maior ostentação e aparato, sendo estas as mais recentes, apresentando quase sempre datas lavradas em seixo rolado (Figura 3.27) junto das entradas. No entanto, também pode ser inferido que algumas delas terão surgido na continuidade evolutiva das tipologias rurais de maior expressão, e das casas urbanas de famílias com posição social e económica dominantes. Apesar de não ser exclusivo desta tipologia, a ela estão associadas a janela de guilhotina com contrapesos, assim como as portas de grandes dimensões com bandeira e associações de almofadas em altura e largura [30].



Figura 3.26 - Casa demerarista na Calheta [30]

Em ambos os casos são casas modulares. Essa modulação é observada tanto nos compartimentos interiores como nas fachadas que são regulares e simétricas. Os vãos e panos de paredes mantêm as mesmas distâncias entre si e as mesmas proporções. Na maior parte dos casos o rigor da modulação chega às cantarias dos vãos, sendo estas idênticas no número e dimensão dos elementos de pedra que as compõem [30].



Figura 3.27 - Pavimento em seixo rolado de uma casa demerarista na Calheta [30]

4

ANOMALIAS E TÉCNICAS DE REABILITAÇÃO EM EDIFÍCIOS DE ALVENARIA DE PEDRA

De maneira a dar seguimento aos capítulos anteriores onde foi tratada a construção em alvenaria de pedra e a caracterização dos edifícios de alvenaria de pedra na ilha da Madeira, será exposto no presente capítulo as diferentes metodologias e técnicas de reabilitação existentes aplicáveis aos edifícios de alvenaria de pedra, com especial ênfase àquelas que podem ser aplicadas aos tipos de edifícios encontrados na ilha da Madeira.

Neste capítulo as diferentes técnicas de reabilitação serão enquadradas nas respetivas anomalias que levaram à necessidade de aplicação dessas mesmas técnicas reabilitativas. Ambas estarão dispostas relativamente a cada elemento do edifício de forma separada.

4.1. FUNDAÇÕES

4.1.1. ANOMALIAS EM FUNDAÇÕES

Em fundações de edifícios antigos as anomalias mais frequentes estão relacionadas com um conjunto variado de fatores associados ao terreno de fundação, às fundações ou ao edifício como conjunto. Estes fatores costumam interatuar com frequência dificultando assim a compreensão e resolução dos problemas. De particular importância são os problemas relacionados com os solos de fundação cujas alterações das suas características, geralmente associadas à presença de água ou a descompressões provocadas por perturbações dos equilíbrios pré-existentes, assim os provocam.

Quando dão-se alterações do nível freático, por exemplo devido a efeito de bombagens, o espaço ocupado pela água virá a ser posteriormente ocupado pelas partículas do solo levando a movimentos de assentamento. Este tipo de fenômenos são observáveis nas proximidades de escavações para a construção de novos edifícios, onde para estas poderem ser executadas a seco, faz-se o rebaixamento do

nível freático e não é tido em conta o facto de esse rebaixamento afetar o equilíbrio do terreno muito para além do contorno da escavação.

Infiltrações provenientes da água das chuvas ou de roturas de canalizações de água e esgotos geram também a presença de água nas fundações. A água ao procurar caminhos de escoamento através dos meios mais porosos cria regimes que podem conduzir ao arrastamento dos finos do solo levando assim a situações favoráveis à ocorrência de assentamentos. Quando se trata de infiltrações e escoamentos de águas agressivas esta situação torna-se frequente e especialmente grave pois aos efeitos físicos de arrastamento juntam-se efeitos químicos de reação entre o solo e os componentes agressivos que a água contenha.

Movimentos de assentamento nas fundações de edifícios antigos também podem estar relacionados com a execução de movimentos de terras nas suas imediações devido à descompressão lateral da terra primitivamente confinada. Este efeito pode ainda ser agravado pelas vibrações associadas a estes trabalhos e a demolições, principalmente quando os solos em questão são solos arenosos, em que com a vibração pode haver um aumento de compacidade do solo por rearranjo dos seus grãos, agravando assim os movimentos de assentamento das fundações.

As anomalias nas fundações podem também estar associadas a assentamentos. No caso de fundações indiretas em estacas de madeira a deficiência mais comum é o apodrecimento do material, causada normalmente por alterações das condições de humedificação da madeira relacionadas por exemplo com abaixamentos do nível freático.

Nas fundações diretas (sapatas) ou semidirectas (poços) as anomalias mais comuns estão relacionadas com o envelhecimento dos materiais constituintes e sobretudo, com alterações na constituição das fundações. As situações mais habituais estão relacionadas ou com a meteorização das fundações devido à sua exposição após escavações periféricas, superficiais ou profundas, ou então, com a lavagem das fundações por águas subterrâneas onde há o arrastamento dos elementos mais finos que constituem a sua alvenaria. Em qualquer dos casos dá-se a degradação das características mecânicas das alvenarias ou então a redução da área da superfície de contato entre a fundação e o solo. Também associadas ao projeto e à construção poderão existir anomalias, por exemplo em relação ao primeiro caso, as fundações são projetadas de modo inadequado em relação aos solos de fundação ou as dimensões das fundações são insuficientes. Nessas situações os efeitos desta deficiência são sofridos pelos edifícios de forma contínua até que se dê ou a estabilização do fenómeno ou o colapso do edifício.

Um exemplo de um erro de execução comum trata-se da construção da fundação a cotas tais que não se atinge os estratos de terreno com as capacidades exigíveis de resistência e deformabilidade [9].

4.1.2. CONSOLIDAÇÃO E REFORÇO DE FUNDAÇÕES

Na consolidação e reforço de fundações a intervenção coloca-se essencialmente nas seguintes situações:

- a) Alteração das condições do terreno de fundação levando a assentamentos diferenciais resultando na fendilhação de paredes.
- b) Largura ou profundidade das fundações inferiores ao requerido traduzindo-se também em movimentos de assentamentos e fendilhação de paredes, colunas, arcos e abóbadas.
- c) Aumento de cargas nas fundações associadas à ampliação do edifício ou alteração do seu uso. O mesmo efeito pode ser provocado pela construção de edifícios vizinhos pois pode dar-se uma interferência de fundações com efeito nas camadas mais profundas do terreno.

Para a resolução destes problemas é possível atuar de três formas diferentes:

- a) Sobre o terreno de fundação, melhorando as suas características e causas dos assentamentos através do aumento da capacidade resistente e de deformação do solo.
- b) Sobre as fundações através do melhoramento das suas características de resistência.
- c) Sobre o edifício atuando diretamente nas cargas ou na estrutura do edifício [9].

Nesta subsecção irá ser tratado a intervenção sobre o solo de fundação e a intervenção sobre as fundações, visto ser estas que se enquadram no tema da secção.

4.1.2.1. INTERVENÇÃO SOBRE O SOLO DE FUNDAÇÃO

Uma solução muito comum para a melhoria de capacidade resistente dos terrenos em zonas construídas trata-se da injeção do terreno com caldas de cimento ou então com materiais poliméricos expansivos. A aplicação desta técnica requer certas características de permeabilidade do terreno, ou seja, depende da capacidade do terreno admitir a injeção.

Por vezes para assegurar a impermeabilização do terreno quando existem problemas associados à sua permeabilidade excessiva ou então a possibilidade de arrastamento por percolação de águas subterrâneas, estas injeções são recomendadas [9].

4.1.2.2. INTERVENÇÃO SOBRE AS FUNDAÇÕES

Na intervenção sobre as fundações podem ser considerados, entre outros, os seguintes procedimentos:

a) Consolidação do material da fundação

Uma situação comum em fundações de alvenaria de pedra é a desagregação do material constituinte da fundação. Nestas situações, uma maneira de melhorar as características da fundação pode passar pela

injeção de caldas de cimento ou de resinas que preencherão os vazios existentes (Figura 4.1), alterando assim as características físicas e mecânicas do material da alvenaria de fundação. Os materiais de injeção a serem utilizados poderão ser, entre outros, caldas de cimento estabilizadas por bentonite ou cal, caldas de cimentos especiais, ou então caldas de silicatos de potássio. As injeções são executadas por gravidade ou a baixa pressão (0,1 a 0,2 MPa), isto para não serem provocados efeitos negativos na alvenaria existente. A graduação da pressão de injeção pode ser feita através de tentativas durante a execução começando por pressões mais baixas e avaliando os resultados obtidos (ou seja a capacidade de preenchimento dos vazios) corrigindo iterativamente, ou então a partir de ensaios prévios que permitam caracterizar a resistência e permeabilidade da alvenaria. Caso haja a necessidade de realizar a verificação da segurança da alvenaria da fundação no que se refere à resistência mecânica, pode ser admitido que com a injeção se passa a dispor de alvenarias enquadráveis nas alvenarias de boa qualidade [9].

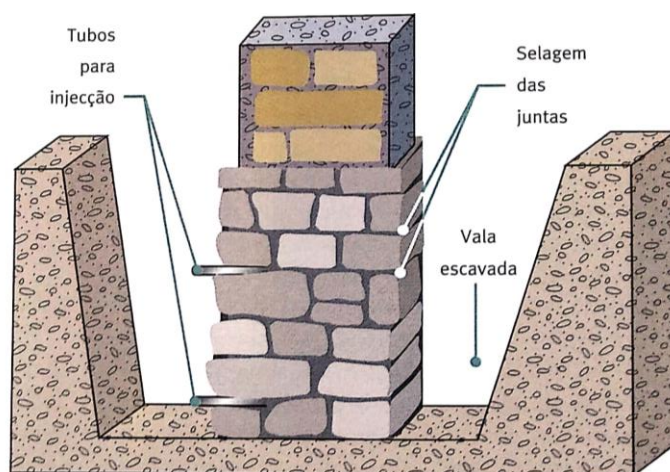


Figura 4.1 - Injeção de alvenaria de fundação solta ou desagregada [9]

b) Confinamento lateral das fundações

Nesta solução é efetuado o alargamento da base da fundação realizado com betão armado com pregagem lateral reforçando a ligação entre o betão novo e a alvenaria antiga. O incremento na área da fundação será mobilizado para as cargas que atuam na parede após a remoção de eventuais escoramentos e também para as sobrecargas de utilização do edifício.

c) Transferência de cargas para camadas profundas do terreno

Solução essencialmente passiva que consiste na execução de microestacas executadas de modo a atravessarem as próprias fundações (Figura 4.2). Esta solução atua com dois efeitos distintos. Por um lado, atua como uma fundação indireta mobilizando estratos profundos do solo, por outro, injeções sob pressão são executadas nas microestacas a várias alturas ou apenas na ponta provocando assim uma consolidação significativa do solo aumentando as suas características de resistência mecânica. Desta maneira são combinados o reforço do solo e o reforço da fundação [9].

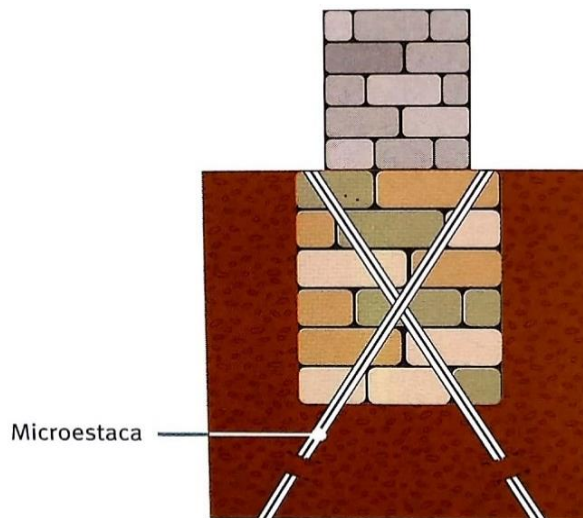


Figura 4.2 - Reforço com microestacas [9]

4.2. PAREDES RESISTENTES

4.2.1. ANOMALIAS EM PAREDES RESISTENTES

Nesta subsecção irão ser abordadas as anomalias mais comuns em paredes resistentes de edifícios antigos nomeadamente o esmagamento, a fendilhação, as anomalias por ação da água, anomalias provocadas por deficiente isolamento térmico e por fim anomalias causadas por ação de agentes biológicos em paredes com elementos em madeira.

4.2.1.1. DESAGREGAÇÃO

Em paredes resistentes de edifícios antigos a desagregação é uma anomalia muito generalizada que pode agravar a fendilhação existente e a sua progressão. Normalmente a desagregação das alvenarias deve-se à ação dos agentes climáticos como por exemplo a alternância do calor e do frio, levando a contrações e expansões sucessivas e também ao vento transportando poeiras e areias.

Associadas ao desgaste superficial das paredes as ações meteóricas provocadas ou não pelos efeitos da poluição não representam grandes problemas quando as paredes são conservadas periodicamente com reparações locais de rebocos degradados, substituição de elementos deteriorados de pedra ou tijolo, etc.

Outros fatores podem contribuir para a desagregação das paredes como por exemplo a água proveniente das chuvas, infiltrações de origens diversas, ou ainda a humidade do terreno que ascende por capilaridade. Este tipo de deteriorações é mais comum em paredes situadas ao nível do rés-do-chão dos edifícios, onde choques vários ou ações de vandalismo contribuem muito para o agravamento destes fenómenos naturais [13].

4.2.1.2. ESMAGAMENTO

Este tipo de anomalia costuma ocorrer normalmente em zonas localizadas como em pontos de aplicação de cargas concentradas excessivas, como por exemplo em zonas de descarga de vigas em paredes em que não foram tomadas as devidas precauções ou então as cargas aplicadas excedem em muito as previstas.

Outra situação relativamente comum onde também ocorre este fenómeno dá-se em paredes de pisos inferiores em que paredes resistentes foram substituídas por vigas metálicas.

Em zonas de contato lateral entre as vigas de madeira e a alvenaria, onde durante a secagem que pode ocorrer em obra as vigas poderão sofrer torções originando compressões muito elevadas e esmagamentos. Finalmente, uma outra situação, ocorre aquando de edifícios adjacentes a construções novas em que estas possuem caves onde os seus respetivos muros de suporte são ancorados. Nestes casos se a pressão de injeção das ancoragens for excessiva, poderá criar pressões ascendentes no solo sendo estas transmitidas às fundações e por sua vez às paredes, levando assim à provocação de esmagamentos ao nível do primeiro piso [13].

4.2.1.3. FENDILHAÇÃO

A fendilhação em paredes de alvenaria de pedra pode dar-se em zonas correntes das paredes, em zonas onde existam aberturas de portas, ou então na ligação entre paredes ortogonais. Uma das causas que mais contribuí para a fendilhação destas paredes são os movimentos de assentamentos diferenciais das fundações. Estas fendas apresentam inclinações características que permitem identificar as zonas críticas das fundações onde ocorreram os movimentos acentuados podendo estas atingir toda a largura da parede.

Se existirem grandes compressões isso pode levar à fendilhação vertical da parede originando abaulamentos (Figura 4.3) que podem ser agravados pela presença de água em que esta infiltra-se e acumula-se no vazio criado.

Os erros de construção também podem levar à fendilhação em paredes resistentes especialmente no caso das paredes de pedra irregular quando não são colocados os perpianhos. A qualidade e constituição das alvenarias são dois dos principais fatores que mais influenciam a amplitude da abertura das fendas, a formação de uma ou mais fendas, e a progressão destas. Nas situações mais graves as fendas dividem a parede em vários blocos quase separados, onde a sua ligação se processa apenas por atrito ao longo das suas superfícies de contato podendo se anteceder ao colapso das paredes [13].

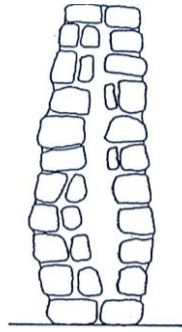


Figura 4.3 - Abaulamento de uma parede [13]

Os assentamentos diferenciais das fundações tendem a provocar efeitos graves nas estruturas de alvenaria de pedra onde as fendas resultantes desses assentamentos podem localizar-se nas zonas correntes das paredes, no entanto, normalmente estas tendem a concentrar-se nos pontos mais fracos da construção. Por este motivo é comum encontrarem-se casos onde as fendas infletem o seu caminho de maneira a irem ao encontro de fendas anteriores deficientemente reparadas, ou então de encontro de aberturas existentes.

As aberturas de portas e janelas são zonas em que se localizam grandes concentrações de tensões que são responsáveis pelo início do fenómeno de fendilhação. Assim pode-se afirmar que estas zonas, principalmente nos cantos, são pontos fracos das paredes. Também a falta de resistência adequada dos lintéis superiores ou dos arcos de descarga pode originar esforços de flexão exagerados levando assim ao surgimento de fissuras verticais. Outra situação comum ao aparecimento de fendas nestas zonas relaciona-se com o efeito da ação dos sismos em que elevados esforços de corte são produzidos gerando a ocorrência de fendas cruzadas inclinadas aproximadamente a 45°.

Outras situações que podem também provocar o aparecimento de fendas são por exemplo nos casos em que hajam coberturas em terraço onde o deficiente isolamento térmico poderá levar a variações dimensionais da estrutura, originando assim fendas horizontais na ligação parede-cobertura. Os impulsos horizontais relacionados com o abatimento de arcos, ou então com deficiências de funcionamento estrutural das asnas de cobertura, podem também levar a fenómenos de fendilhação nas paredes que os suportam. Estes impulsos que estão associados à geração de forças de corte no topo das paredes podem causar a rotação destas levando ao surgimento de dois níveis de fendas associados a este movimento, sendo uma inferior interna e uma superior externa (Figura 4.4) [13].

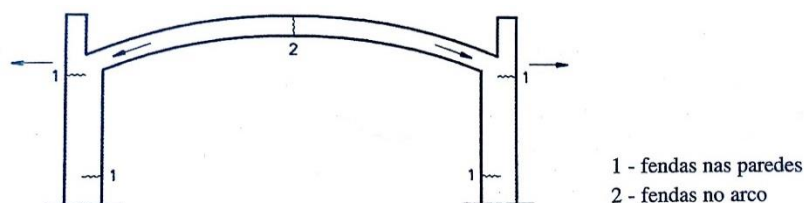


Figura 4.4 - Impulsos laterais, que podem provocar fendas horizontais nas paredes [13]

4.2.1.4. ANOMALIAS POR AÇÃO DA ÁGUA

A água é considerada como o principal agente que leva a desagregações das paredes de alvenaria de pedra pois as humidades ao se infiltrarem procuram os pontos mais fracos nomeadamente as fendas e vazios, criando uma rede de percursos preferenciais no interior dos elementos habitualmente através das juntas de argamassa entre pedras e tijolos [13].

Outra situação é a ocorrência de eflorescências e criptoflorescências. Em ambos os casos o fenómeno ocorre devido à água que ao ascender por capilaridade até alguns metros de altura dissolve ao longo do seu trajeto os sais solúveis provenientes do solo ou das argamassas e outros elementos constituintes da parede, onde esta vai ficando cada vez mais rica em sais dissolvidos até que se dê a evaporação da água. Quando esses sais se depositam à superfície do reboco dão origem às eflorescências, por sua vez, quando se depositam entre o reboco e o tosco da parede o consequente aumento do seu volume devido à sua cristalização gera as criptoflorescências (Figura 4.5). A repetição deste processo em sucessivos ciclos de secagem e molhagem pode levar à fendilhação e desagregação de rebocos existentes e consequentemente à degradação e empolamento da alvenaria [13].

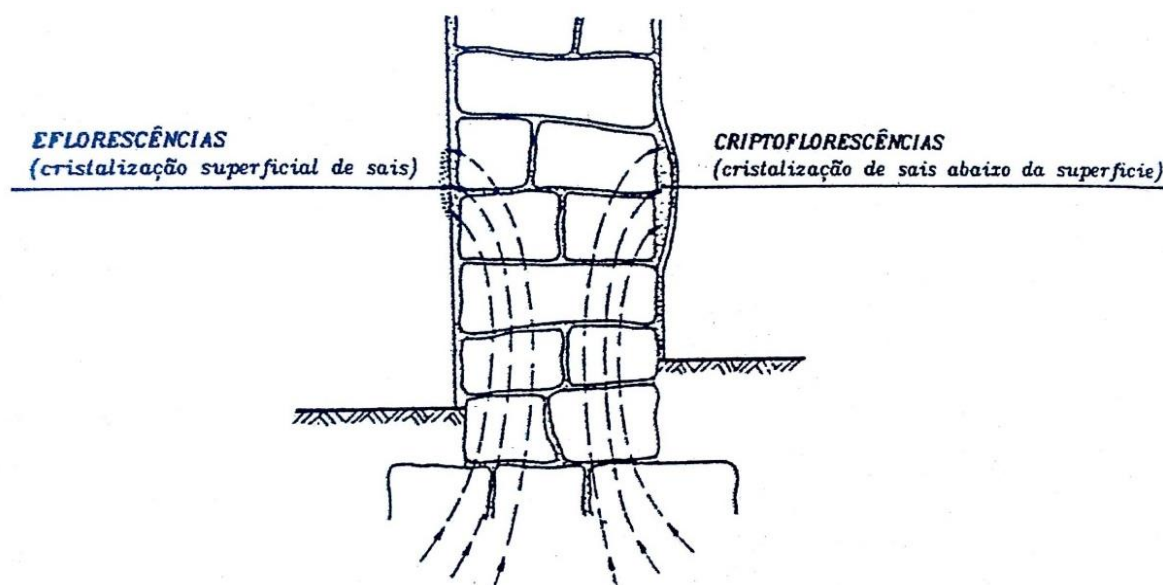


Figura 4.5 - Esquema do mecanismo de formação de eflorescências e criptoflorescências, numa parede de cantaria [13]

Este mecanismo de alteração da parede dá-se em três camadas distintas, nomeadamente uma crosta exterior, uma zona adjacente a esta crosta onde o material se encontra desagregado e pulverulento, e por fim uma zona interior onde a pedra poderá ter ou não algumas alterações.

Outra situação em que pode levar à ocorrência de reações químicas nas paredes é o caso do derrame de águas agressivas provenientes por exemplo, de roturas de águas residuais domésticas ou industriais [13].

4.2.1.5. ANOMALIAS POR DEFICIENTE ISOLAMENTO TÉRMICO

As baixas temperaturas em certas zonas das paredes geradas devido a pontes térmicas levam à condensação de vapores superficiais nessas zonas devido à falta ou insuficiência de isolamento térmico. Com o passar do tempo dá-se a formação de fungos e bolores nessas zonas perceptíveis pela formação de manchas negras na parede. Este tipo de problema é agravado pela ausência de ventilação e aquecimento interior gerando assim consequências negativas para a saúde dos habitantes. No entanto as grandes espessuras das paredes deste tipo de edifícios leva a uma razoável resistência térmica fazendo com que esta anomalia não seja muito comum, limitando-se às situações de edifícios com menor qualidade construtiva [13].

4.2.1.6. ANOMALIAS POR AÇÃO DE AGENTES BIOLÓGICOS EM PAREDES COM ELEMENTOS DE MADEIRA

Nas paredes resistentes com elementos de madeira, além das anomalias que ocorrem no outro tipo de paredes, juntam-se as anomalias provocadas pelo apodrecimento da madeira relacionado com a presença sazonal de humidade nas paredes. Esta anomalia é mais comum nas paredes exteriores devido ao contato accidental mas regular entre a água da chuva e madeira. Outro exemplo é no caso das paredes de empena quando estas não são paredes meãs, ou seja, quando existem duas paredes pertencentes a edifícios diferentes. Nestes casos, se a junta não for devidamente vedada, poderão existir infiltrações nessas zonas.

Outra situação onde podem existir problemas deste tipo, é no caso das paredes atravessadas por tubagens de redes de águas e esgotos em que podem ocorrer repasses [13].

4.2.2. CONSOLIDAÇÃO E REFORÇO DE PAREDES RESISTENTES

4.2.2.1. PAREDES RESISTENTES DE ALVENARIA SIMPLES

Em paredes resistentes de alvenaria de pedra as soluções de consolidação e reforço mais comuns consistem em injeções aplicadas à colmatação de fendas e de vazios, na substituição do material degradado, na adição de elementos metálicos para a ligação de elementos ou para coser fendas, e por fim, na introdução ou adição de elementos de betão.

Na subsecção dedicada à consolidação e reforço de fundações foi já indicado o procedimento para a injeção de fendas, aplicando-se este de igual forma às paredes resistentes com a finalidade de repor as condições de integridade das paredes.

Começando então pela técnica de consolidação de substituição do material degradado pode dizer-se que esta consiste na remoção do material constituinte da parede na zona degradada e na posterior

reconstituição dessa zona, onde deve ser utilizada uma alvenaria semelhante à inicial. Com esta técnica é possível recorrer exclusivamente a tecnologias tradicionais onde seja garantida a compatibilidade entre o material novo e o existente.

A dificuldade maior que esta técnica apresenta prende-se com a seleção das argamassas de ligação e assentamento devido a possíveis problemas de incompatibilidade entre estas e os materiais existentes relacionados com o controlo da retração. Por isso a adoção de argamassas correntes de cimento e areia deve ser evitada a não ser que sejam adicionados outros componentes que possam garantir a possibilidade de controlo da retração ou mesmo até o seu anulamento.

A retração das argamassas pode levar à ocorrência de fendas nas alvenarias devido ao surgimento de tensões tangenciais nas superfícies de contato entre a alvenaria velha e a nova. Formas de contornar este problema poderá passar pelo uso de aditivos anti-retração ou expansivos, cimentos especiais, ou então argamassas tradicionais em que as ligações entre a alvenaria velha e nova são reforçadas pela colocação de redes metálicas que cubram toda a alvenaria nova e que sejam “ancoradas” na alvenaria velha, num comprimento de pelo menos 0,20 m.

Outra técnica de consolidação de paredes resistentes é a aplicação de tirantes de aço embebidos nas alvenarias devidamente ancorados. Este método pode ser aplicado na reparação de fendas e no reforço da interligação entre paredes ortogonais.

Estes tirantes podem ser tracionados de forma passiva ou ativa, consoante a forma como são mobilizados. Os tirantes que atuam de forma passiva são uma solução tradicional comum na reparação de edifícios antigos em que eram executados com varões, barras ou vergalhões de ferro ou aço macio. A execução destes não altera as condições de equilíbrio das paredes em que a sua mobilização ocorre com a alteração destas, como por exemplo com a ocorrência de assentamentos de fundações, sismos, impulsos horizontais, etc. Assim, o dimensionamento dos tirantes passivos implica a possibilidade de definição das ações mobilizadoras.

Um problema comum que os tirantes passivos apresentam trata-se da necessidade de que ocorram deslocamentos da estrutura antes dessa mobilização. Os tirantes podem também sofrer alongamentos relativamente grandes, principalmente caso estes tenham um grande comprimento. Para contrariar este problema pode ser feito o ajustamento do tirante com uma aplicação prévia de uma pequena força de esticamento, ou então, pelo sobredimensionamento do varão. Apesar disso esse esticamento acaba por perder-se devido ao efeito da relaxação do aço e fluência da alvenaria, sendo que, uma forma de conseguir um controlo mais rigoroso do ajustamento pode ser realizado através da aplicação de um pré-esforço a um tirante de aço de alta resistência.

Na aplicação de tirantes ativos ocorrem dois efeitos contraditórios. Por um lado, com o asseguramento do esticamento, controlo da deformação do tirante e da fendilhação da alvenaria, a capacidade resistente

da alvenaria e resistência ao corte incrementam devido ao aumento das compressões instaladas. Por outro, a aplicação do pré-esforço modifica o estado de tensões/extensões na alvenaria alterando as condições de equilíbrio da estrutura que pode levar a deslizamentos e cortes indesejáveis.

Desta forma a aplicação de pré-esforço em paredes de alvenaria de pedra deve ser concebida de forma cuidadosa onde a aplicação de soluções moderadas são recomendáveis. O pré-esforço destes tirantes deve ser considerado como mais uma ação que deve ser tida em conta para a verificação da segurança sobrepondo-se aos efeitos das ações restantes.

Outra solução de reforço de paredes de alvenaria de pedra é o reticelo cementado, onde são usadas barras de aço em furações executadas na parede e posteriormente injetadas com caldas de cimento (Figura 4.6). Esta técnica trata-se de uma técnica de consolidação e reforço [9].

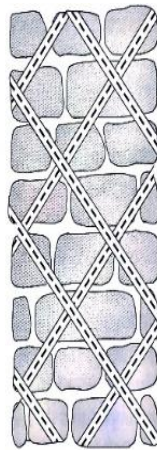


Figura 4.6 - Reforço de alvenaria com reticelo cementado, varões de aço inseridos na parede em furos executados e posteriormente injetados [9]

Os aspetos positivos desta técnica prendem-se com o facto de esta tirar partido do material existente e ao mesmo tempo alterar local ou generalizadamente as características mecânicas do elemento. A introdução das barras de aço injetadas com caldas de cimento permite que as paredes ganhem uma resistência à tração que estas previamente não tinham. Outro aspeto positivo está relacionado que com o aparecimento esta técnica, novos equipamentos especialmente vocacionados para a resolução de problemas relacionados com esta foram surgindo, como por exemplo equipamentos que permitiram a furação da alvenaria em qualquer direção com a preservação ou degradação mínima das características do material existente.

Agora referindo os aspetos desfavoráveis da técnica, em primeiro lugar é uma técnica de aplicação dispendiosa devido ao facto de se tratar de uma solução patenteada e também por se tratar de uma solução pouco acessível à maior parte dos construtores. Por outro lado, outra desvantagem, como se trata de uma solução patenteada existe a falta de informação técnica sobre esta. Também como é difícil determinar as características do material reforçado de modo a ser quantificado o grau de segurança estrutural dos

elementos, devido à falta de informação dos valores da resistência à tração, compressão, corte e módulo de elasticidade destes, ou seja, da alvenaria armada, torna-se difícil aplicar as teorias modernas da segurança estrutural.

Os possíveis problemas de compatibilidade entre os materiais de reforço e as alvenarias existente tornam-se outra desvantagem.

Para finalizar, um outro problema associado com esta técnica será nos casos em que seja pretendido que as alvenarias fiquem expostas, esta técnica poderá não poder ser utilizada devido ao mau aspeto arquitetónico resultante das paredes que ficariam crivadas de numerosos pontos de coloração própria [9].

4.2.2.2. PAREDES RESISTENTES COM ELEMENTOS DE MADEIRA

Este tipo de paredes (paredes de frontal), têm um papel importante no comportamento estrutural dos edifícios a que estas pertencem e ao mesmo tempo possuem características particulares. Isto tudo leva a que seja necessária uma intervenção direcionada especialmente para este tipo de elemento com técnicas de intervenção específicas destinadas a garantir a sua consolidação e reforço.

A capacidade resistente deste tipo de paredes, nomeadamente no que diz respeito à sua contribuição para o travamento global dos edifícios, tem grande similitude com soluções contemporâneas à base de estruturas metálicas tornando-se facilmente compreendida em termos da moderna engenharia de estruturas. Esta capacidade resistente dependerá de numerosos fatores relacionados com as características geométricas e mecânicas dos materiais constituintes, forma de organização das estruturas de madeira, forma de ligação entre a madeira e a alvenaria de enchimento, e ligações entre as paredes e entre estas e os pavimentos e coberturas.

As principais anomalias nestas paredes estão relacionadas com a degradação das condições de ligação entre elementos de madeira da parede e entre estes e os elementos de madeira de outras paredes ortogonais, pavimentos e coberturas. Desta maneira, a forma de intervenção nestas paredes irão ser principalmente a reposição e eventual reforço das condições de ligação entre elementos, e também, a substituição de elementos ou partes dos elementos deteriorados.

A operação de reconstituição ou substituição de elementos de madeira pode ser feita através da aplicação dos dois processos apresentados seguidamente.

Um deles é a remoção total ou parcial dos elementos afetados substituindo-os por elementos de madeira. Após ser feita uma inspeção cuidadosa do seu estado inicial decidir-se-á se a remoção dos elementos será total ou parcial. Para isso haverá a necessidade da remoção dos revestimentos da parede, no entanto, o recurso a métodos não destrutivos de prospeção é uma opção do maior interesse. Para a concretização

desta operação deve ser ponderada a eventual necessidade de se proceder a escoramentos provisórios da estrutura.

Após a remoção do elemento danificado este deve ser repostado por peças de madeira seca com dimensão idêntica podendo esta ser castanho ou casquinha, preferencialmente madeira proveniente de demolições de edifícios antigos, ou então pinho marítimo devendo esta ser estabilizada de maneira a apresentar um teor de água à volta de 12%, e também, que tenha sido tratada com produtos preservadores anti-fungo e anti-caruncho, em autoclave, com penetração profunda. Estes elementos novos deverão ser conectados aos existentes através de peças metálicas auxiliares às quais serão aparafusados (Figura 4.7). Estas ligações entre elementos novos e antigos devem ser dimensionadas baseadas na hipótese de não serem o ponto mais fraco da estrutura [9].

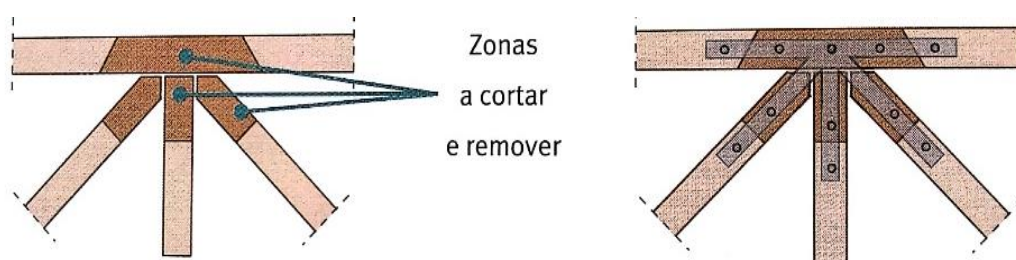


Figura 4.7 - Substituição parcial do nó de estrutura de madeira [9]

A execução dos rebocos levanta alguns desafios na medida em que se pretende ligar diferentes materiais, ou seja, à alvenaria de pedra é agora adicionado um outro que é a madeira. Outro fator que traz dificuldades acrescidas trata-se de quando são utilizados elementos novos de madeira não estabilizada, podendo estes originar esforços secundários nas ligações em função da sua contração ou dilatação levando à separação entre a madeira e o reboco. Outro problema prende-se com o fato de que como hoje em dia na execução destas paredes são utilizadas argamassas com cimento que possuem uma retração considerável, gera-se uma ocorrência de fissuração dos rebocos que contribui para a separação entre este e os elementos de madeira. Para evitar este tipo de problemas é sugerida a seleção cuidadosa da madeira a ser utilizada nas substituições e reparações de elementos degradados e, também, a aplicação de argamassas de baixa retração conseguidas com argamassas de cal e areia, ou então recorrendo a argamassas bastardas de cimento, cal e areia aditivadas com adjuvantes anti-retração. No entanto, a utilização de argamassas simples de cal e areia tem contra-indicações nomeadamente o elevado tempo que essas argamassas requerem para a sua secagem, e por outro lado, a reduzida resistência mecânica que é possível alcançar com estas argamassas. No caso da utilização de argamassas bastardas de cimento, cal e areia, o efeito das retrações pode ser contrariado pela colocação na camada rebocada de armaduras de aço galvanizado pregadas aos elementos de madeira. Estas armaduras poderão ser constituídas por redes de aço distendido (Figura 4.8), preferíveis às chamadas redes de “galinheiro” sendo estas excessivamente deformáveis [9].

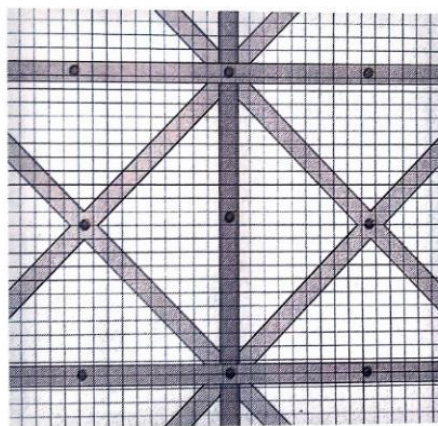


Figura 4.8 - Reforço de rebocos com rede de aço distendida [9]

4.3. PAREDES DE COMPARTIMENTAÇÃO

4.3.1. ANOMALIAS EM PAREDES DE COMPARTIMENTAÇÃO

Estas paredes cujo propósito inicial não é a mobilização das suas capacidades resistentes podem eventualmente vir a ser mobilizadas ao longo da vida útil dos edifícios aquando, por exemplo, da ocorrência de assentamentos diferenciais das fundações seguidos da fendilhação das paredes resistentes e também devido a grandes deformações dos pavimentos de madeira. Este tipo de paredes, que apresentam grandes limitações de resistência a esforços de compressão, ao serem carregadas apresentam um conjunto de anomalias próprias como por exemplo abaulamentos associados à instabilidade por encurvadura, comuns em tabiques de madeira, e por outro lado também esmagamentos fáceis de detetar pela ocorrência de fendas características da compressão excessiva.

Outras anomalias estão relacionadas com o envelhecimento dos materiais e também à presença da água. Estas últimas acabam sendo pouco comuns devido à localização destas paredes, excetuando os casos das zonas de ligação entre estas e as paredes exteriores, e também em zonas que delimitem áreas húmidas, ou então nos casos em que estas são atravessadas por tubagens de águas e esgotos. Sendo estas paredes constituídas por elementos de reduzidas secções, tornam-se muito sensíveis à presença da água acelerando o processo de degradação.

Um tipo de anomalias que é comum ocorrer neste tipo de paredes são as fendilhações. Estas, podem ser originadas devido a movimentos diferenciais das estruturas provocados por variações dimensionais de origem térmica, pelo assentamento das fundações, por deformações dos suportes, devido a ações dinâmicas a que o edifício tenha sido sujeito, ou então devido à aplicação de cargas concentradas. A origem destas fendilhações pode ser prevista através da observação da sua respetiva configuração e também do seu carácter cíclico ou irreversível [13].

4.3.2. REABILITAÇÃO DE PAREDES INTERIORES DE COMPARTIMENTAÇÃO

Na reparação de paredes interiores de compartimentação deve-se em primeiro lugar ter em conta a anomalia que causou a degradação e em seguida proceder à eliminação da causa da mesma. Os principais problemas relacionam-se com a deformação excessiva dos pavimentos subjacentes onde as paredes divisórias são arrastadas pelo seu movimento. Por outro lado, a deformação dos pavimentos sobrejacentes pode levar ao carregamento destas paredes. As primeiras medidas a adotar devem passar pelo reforço da rigidez e resistência dos pavimentos, e então em seguida a reparação das paredes deverá ser executada. A reparação das mesmas dependerá da sua própria natureza e constituição sendo as mais comuns os tabiques de madeira revestidos com argamassas de cal e areia. Deverá ser em princípio procedido à remoção dos rebocos afetados por fendilhações e desagregações, com a verificação da eventual existência de roturas nos elementos de madeira. A sua reparação passará pela aplicação de novos rebocos de argamassa aplicada pelo menos em três camadas em que a primeira deve recobrir o fasquiado de madeira característico desta solução. É recomendada a utilização de argamassas de cal e areia. Após a aplicação da primeira camada de argamassa é sugerida a colocação de uma rede de aço distendido galvanizado com as características previamente referidas na subsecção dedicada à consolidação reforço de paredes resistentes com elementos de madeira. Esta rede destina-se a absorver e distribuir as forças originadas pela retração das argamassas. Também podem ser utilizadas redes tecidas de fibra de vidro ou de plásticos (PVC, polietileno) quando as exigências de natureza estrutural forem menores.

Os problemas de degradação ligados à humedificação destas paredes dependerão das características das mesmas. Sendo a madeira o material mais utilizado, o efeito da água infiltrada trará problemas ao nível do ataque de fungos de podridão seca e húmida e de insetos agressivos. A reparação destas anomalias passará pela substituição de elementos danificados, da própria parede, ou então pela reparação localizada das zonas afetadas. O tipo de medida a adotar dependerá da profundidade dos ataques e degradações.

No caso de danificação de rebocos e pinturas, a sua reparação passará pelo refazer dos revestimentos e acabamentos.

Na construção de novas paredes estas deverão obedecer às exigências da regulamentação aplicável realçando o cumprimento do Regulamento Geral sobre o Ruído e do Regulamento de Segurança contra Incêndios em Edifícios de Habitação. As exigências contempladas nestes regulamentos poderão inibir a utilização de soluções tradicionais a não ser que haja uma adaptação cuidadosa destas exigências de forma justificada.

As soluções de construção de novas paredes de compartimentação dividem-se em soluções de paredes leves e soluções de paredes pesadas. Tendo em consideração os condicionamentos naturais destes edifícios a solução preferível será a implementação de paredes leves, no entanto, caso a solução a aplicar trate-se de paredes pesadas, deve-se analisar as condições de segurança dos pavimentos e proceder ao

seu eventual reforço. Sendo assim, utilizando soluções de paredes leves, pode-se adotar paredes tradicionais em que estas são adaptadas de maneira a apresentarem as características exigidas podendo ser incluídos materiais absorventes acústicos no interior da parede, ou então a duplicação da parede com recurso a caixa de ar intermédia. Por outro lado, podem ser adotadas soluções modernas como por exemplo painéis de gesso cartonado em panos simples ou duplos com a eventual incorporação de um material absorvente acústico na caixa de ar. Este tipo de soluções são preferíveis às paredes à base de tijolos furados leves devido a variadas vantagens, como por exemplo a compatibilização possível entre o comportamento destas divisórias e os pavimentos existentes podendo mesmo serem usadas ligações fáceis e eficientes entre estas paredes e os pavimentos subjacentes. As paredes de gesso cartonado apresentam ainda outras vantagens, nomeadamente a facilidade de colocação de instalações elétricas e outras no seu interior ou à superfície, fácil transporte e montagem mesmo em condições de acesso e movimentação difíceis, e também a vantagem de poderem ser vencidos pés-direitos superiores ao corrente, situação vulgar em edifícios antigos sobretudo nos de construção de melhor qualidade [9].

4.4. PAVIMENTOS

4.4.1. ANOMALIAS EM PAVIMENTOS

Os pavimentos de edifícios antigos são executados na sua maioria em madeira com estrutura e revestimento deste material havendo, no entanto, também pavimentos executados em alvenaria de pedra ou tijolo com formas estruturais à base de abóbadas e arcos sendo estes últimos um tipo de pavimento reservado para casos especiais.

Nos pavimentos de madeira, as anomalias associadas são as relacionadas com o processo de envelhecimento do material com efeitos ao nível da degradação de determinadas características mecânicas relacionadas com a fluência do material eventualmente agravada por empenamentos, fissuras e outras deteriorações originadas durante o processo de secagem de madeiras verdes. No entanto, as anomalias mais importantes e mais preocupantes nestes pavimentos relacionam-se quase sempre com a presença de água e com os seus efeitos sobre a construção.

A humidade de precipitação acaba afetando os pavimentos de madeira a partir de infiltrações onde estas podem ocorrer através da caixilharia exterior, através das próprias paredes e através das coberturas. A natureza destas infiltrações favorece a afetação das zonas dos pavimentos mais próximas da envolvente do edifício, ou seja, as “entregas” dos vigamentos de madeira nas paredes resistentes. Desta forma, são criadas as condições para o desenvolvimento de fungos de podridão, e também, devido ao ambiente húmido e às alternâncias de temperatura, é favorecida a proliferação dos ataques de insetos xilófagos em particular as térmitas e carunchos. A ação destes agentes agressores leva, num prazo mais ou menos

curto, à destruição dessas zonas dos pavimentos, com a tendência da ocorrência da expansão dos ataques podendo levar a que todo o pavimento fique afetado.

Estes ataques levam à redução da secção útil das peças, que com a sua destruição nos apoios, ocorrem movimentos de deslocamentos verticais e rotações acompanhados de redistribuições de esforços na estrutura dos pavimentos. O efeito visual associado a estes fenómenos é a observação de uma deformação acentuada dos pavimentos com grandes flechas a meio vão, deslocamentos verticais dos pavimentos junto às paredes indiciando a destruição total dos apoios e vibrações acentuadas dos pisos.

É de assinalar que os pavimentos de madeira apresentando por vezes um quadro patológico muito grave acabam por não sofrer colapsos frequentes. Isto ocorre devido à complexidade da estrutura desses pavimentos ser muito superior ao que se admite nas análises teóricas habituais. Ou seja, o pavimento ao atuar como um todo, com a mobilização dos tarugamentos, do solho pregado e dos tetos quando estes existam, proporciona um efeito de membrana e um comportamento bi-direcional. Este efeito estrutural justifica assim a resiliência destes pavimentos.

Outro tipo de humidades pode também afetar estes pavimentos, nomeadamente as humidades de construção (devido à execução de obras de manutenção, reparação ou alteração ao longo da vida do edifício), e também as humidades devido a causas fortuitas.

Anomalias com origem exterior a estes pavimentos podem também ocorrer, especialmente deformações excessivas relacionadas com problemas nas paredes resistentes ou então devidas à concentração excessiva de cargas nomeadamente pessoas, máquinas, equipamentos, armazenamentos, arquivos, etc, derivadas à alteração das funções dos pavimentos.

Em relação a pavimentos com estruturas de outros materiais distinguem-se as soluções à base de arcos e abóbadas de alvenaria de pedra aparelhada, de pedra irregular ou de tijolo, e também as soluções à base de elementos metálicos nomeadamente vigas de ferro complementados por pequenas abóbadas de alvenaria de tijolo. Estas últimas são soluções mais modernas.

No primeiro caso as anomalias mais frequentes coincidem de certa maneira com aquelas já referidas para as paredes de alvenaria, como por exemplo esmagamentos, fendilhação e desagregações.

Quanto aos pavimentos com elementos de ferro, são de assinalar as anomalias nas pequenas abóbadas de alvenaria como a fissuração, desagregação, etc, e também, a anomalia mais característica deste tipo de pavimentos, a corrosão dos elementos de ferro. Esta última anomalia acontece geralmente devido à presença de humidade. A corrosão pode ser aparente ou oculta, ocorrendo o primeiro caso quando esta se dá na superfície exposta, e o segundo quando o elemento está encoberto por rebocos de revestimentos de teto desses pavimentos, tetos falsos, etc. Uma zona crítica destes pavimentos trata-se, de igual modo que nos pavimentos em madeira, nas zonas de entrega das vigas de ferro nas paredes, sendo a razão semelhante, ou seja, devido à ocorrência de infiltrações que afetem as paredes de alvenaria.

Um sinal de aviso quanto à ocorrência de oxidação nos elementos de ferro trata-se do aparecimento de manchas castanho-avermelhadas nas imediações dos elementos de ferro [9].

4.4.2. CONSOLIDAÇÃO E REFORÇO DE PAVIMENTOS

4.4.2.1. PAVIMENTOS DE MADEIRA

Como já foi referido, uma anomalia comum nos pavimentos de madeira trata-se da deterioração destes devido ou não à ação da humidade. Nestes casos, a ação a implementar será a reparação ou substituição de elementos do pavimento. Caso se proceda à substituição de peças inteiras de vigas de pavimento, os aspetos a ter em atenção será a verificação da segurança do pavimento durante a operação de remoção da viga danificada e colocação do novo elemento, e também, as dificuldades de manobra aquando da realização destas operações devido à exiguidade de espaço disponível. É necessário também cuidar a ligação entre os novos elementos e as vigas adjacentes garantindo a compatibilidade de deformações através, por exemplo, da utilização de tarugamentos, complementados por peças metálicas de reforço das ligações proporcionando rigidez e resistência.

De igual modo, é necessário garantir uma ligação eficaz entre as novas vigas e as paredes de apoio. No caso da parede de apoio ser de alvenaria simples, a ligação entre as vigas e a parede é realizada no vazio deixado na parede pela remoção da viga danificada. Caso haja um ferrolho de ligação proveniente da ligação entre a viga removida e a parede, este deverá ser aproveitado, recuperado e protegido contra a corrosão através de pintura com duas demãos de tintas apropriadas sobre primário. No caso da não existência deste elemento, deverá ser considerado o reforço da ligação pavimento-parede através de uma nova peça de aço tendo em conta os objetivos globais de reforço estrutural, considerando nomeadamente a ação dos sismos.

Na reparação ou substituição parcial de secções de madeira, poderão ser aplicados diferentes processos dependendo, entre outras razões, da causa da anomalia. Quando as deteriorações estão associadas a ataques de fungos e insetos deverá ser necessária a realização prévia de um tratamento preservador da madeira.

Uma possibilidade de aplicação trata-se da remoção da zona danificada realizando a sua substituição por uma prótese, podendo esta ser uma peça idêntica do mesmo material. A ligação entre o novo elemento e a viga existente deve ser feita através de elementos metálicos auxiliares, recomendando-se a colocação de chapas metálicas aplicadas em cada uma das faces da viga com um comprimento que assegure uma sobreposição de pelo menos 0,20 m em relação ao eixo da secção a ligar e com altura e espessura compatíveis com a resistência que se pretende assegurar. A aplicação de chapas que podem ter a altura das próprias vigas de madeira é uma opção a ser utilizada na possibilidade de existirem momentos fletores. As chapas metálicas devem ser aparafusadas à madeira e entre si com parafusos de

aço que atravessam a viga, pressupondo grande rigor na aplicação. O dimensionamento destes elementos metálicos deve ser realizado tendo por base o cálculo de esforços de flexão, tração, compressão e corte atuantes nas secções em causa e aplicando os critérios regulamentares em vigor, tendo como princípio que a ligação deve ser superabundante (Figura 4.9) [9].

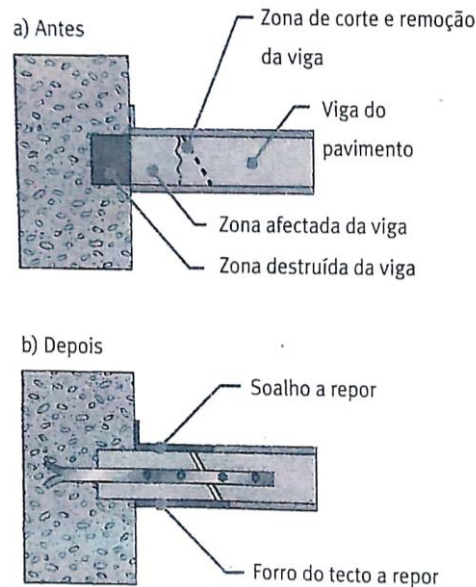


Figura 4.9 - Substituição de topo de viga de madeira de um pavimento [9]

Em relação às soluções de reforço estas deverão ser ponderadas e aplicadas caso a caso tendo em conta as características específicas das obras e da causa da deformação. No caso da anomalia ter origem em cargas excessivas, a primeira solução a ter em conta será o rearranjo das cargas com a transferência das cargas em excesso para outras zonas do edifício, ou então, deslocando-as no próprio pavimento.

A deformabilidade pode ainda ser reduzida através de dois processos, nomeadamente através da redução do vão do pavimento com a criação de apoios intermédios constituídos por exemplo por vigas transversais às vigas de pavimento, ou então, pelo reforço da capacidade resistente do pavimento a que corresponde também uma maior rigidez e uma menor deformabilidade.

A primeira opção apresenta-se como uma maneira fácil de resolver o problema apesar das limitações e dificuldades relacionadas com os aspetos arquitetónicos, construtivos e estruturais.

A primeira dificuldade estrutural prende-se com a necessidade de garantir elementos de apoio para a viga intermédia, o que normalmente implica sobrecarregar pontualmente as paredes resistentes do edifício onde estas poderão ter que ser reforçadas (Figura 4.10). Outra dificuldade construtiva pode ser a falta de disponibilidade de pé direito livre, e também, evitar a interferência com as aberturas existentes nas paredes nomeadamente portas e janelas. É possível acontecer que a orientação da viga de reforço implique a realização de apoios sobre lintéis de portas e janelas, sobrecarregando-os e obrigando a

reforços difíceis ou até inviáveis. A perturbação que estas vigas podem provocar em elementos decorativos e de grande valor é outro problema relacionado com a aplicação destas vigas [9].

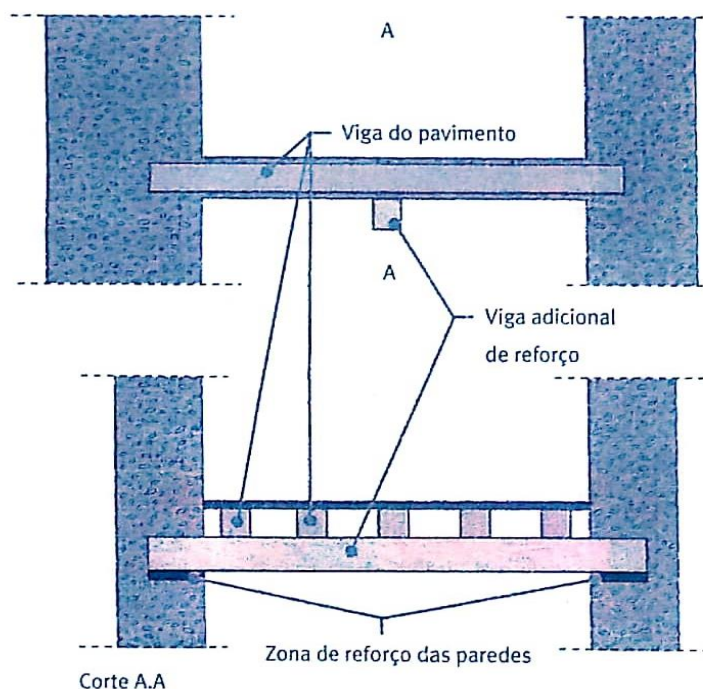


Figura 4.10 - Viga transversal ao vigamento do pavimento [9]

A segunda solução-tipo para a resolução do problema da deformabilidade excessiva consiste em reforçar a rigidez das vigas pavimento através da colocação de novas vigas paralelas às existentes, controlando assim a deformação do pavimento. Ou então, no reforço das vigas existentes através da aplicação de chapas ou de perfis de aço pregados às vigas constituindo assim vigas mistas aço/madeira (Figura 4.11). Nesta última opção há que ter em atenção à relação entre os módulos de elasticidade do aço e da madeira, em que de forma a homogeneizar a secção composta, é escolhida em função disso a altura e espessura das chapas e perfis [9].

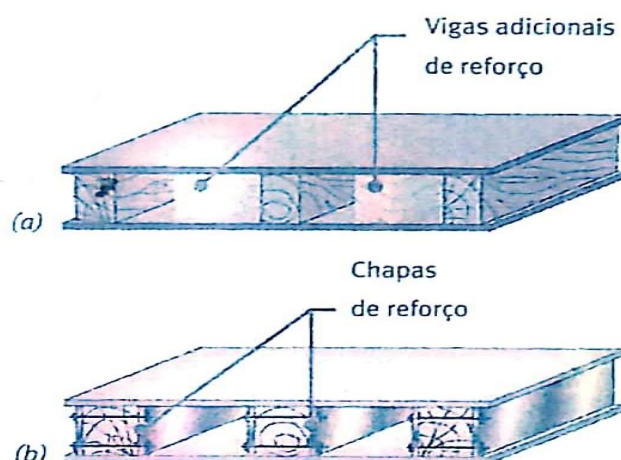


Figura 4.11 - Reforço de resistência de pavimento com novas vigas de madeira e chapas de aço [9]

4.4.2.2. PAVIMENTOS COM ESTRUTURA DE ALVENARIA

Serão agora analisadas as soluções de intervenção em pavimentos de alvenaria nomeadamente os pavimentos realizados através de abóbadas e arcos deste material tendo ou não complementos estruturais secundários em madeira, e também, os pavimentos mistos de ferro e alvenaria. Relativamente aos últimos, as suas anomalias mais significativas prendem-se com fenómenos de corrosão dos perfis de ferro quer nas zonas de apoio destes nas paredes de alvenaria, quer na zona corrente. Dependendo do grau de gravidade da deterioração será adotada uma solução específica. É de salientar a dificuldade de avaliação das danificações das vigas de ferro nas zonas de apoio pois estas escapam à observação direta.

Quando é constatado que a corrosão é superficial será necessária a verificação de até que ponto está afetada a secção do elemento, onde após avaliada em termos de percentagem de secção total deve ser realizada a verificação das condições de segurança do pavimento. Caso não hajam outras anomalias a ter em conta, admite-se que a recuperação das vigas danificadas pode ser feita caso não se registre uma perda de secção superior a 10%. A partir desse valor a segurança estrutural pode estar excessivamente prejudicada havendo normalmente uma operação de reforço.

De modo a poder-se proceder à proteção anti-corrosão do ferro, deverá ser realizada a eliminação das zonas oxidadas através da escovagem da superfície oxidada recorrendo a uma escova de aço manual ou mecânica até que o metal apareça são. Em seguida deverá ser aplicado um primário e duas ou três demãos, por exemplo, de uma pintura com tintas à base de resinas epoxídicas ou de poliuretano, sendo necessário garantir as espessuras mínimas recomendadas em função da agressividade do ambiente e da durabilidade pretendida.

Caso seja possível manter os elementos mas necessário proceder ao seu reforço local, o mesmo pode ser feito com chapas ou perfis metálicos. As primeiras podem ser aparafusadas ou coladas aos perfis de ferro com resinas epoxídicas.

O dimensionamento das chapas de aço deve ser feito de modo a que a secção total depois de reforçada seja pelo menos igual à secção inicial. Tendo em conta a sensibilidade das resinas epoxídicas a temperaturas altas a sua colagem pode ser complementada com a aplicação de parafusos de ligação, sobretudo quando haja a necessidade de garantir níveis elevados de resistência ao fogo, caso em que há também que cuidar da proteção de toda a estrutura metálica.

Quanto aos pavimentos com estrutura de alvenaria as soluções estão dependentes das anomalias e suas causas registadas. A mais significativa está ligada à fendilhação estrutural associada a movimentos e cedências dos apoios de arcos e abóbadas. A sua resolução consiste, em primeiro lugar, na eliminação da causa e em seguida na eliminação da própria anomalia. Tendo as questões relacionadas com a consolidação de fundações e paredes já sido tratadas previamente, interessa agora analisar o caso específico do comportamento destas estruturas. Assim, tendo sido resolvida a razão que esteve na origem

da anomalia, torna-se necessário proceder à reconstituição da integridade da estrutura através da injeção da fenda ou mesmo pela reconstrução local da zona afetada pela fenda.

A reconstrução local ou injeção de arcos e abóbadas de alvenaria podem seguir as diretrizes anteriormente mencionadas relativas às paredes de alvenaria o mesmo podendo ser aplicado aos problemas de desagregação e perda de material, onde se recomenda primeiramente o uso de materiais e tecnologias o mais próximo possível dos de origem.

Tratando-se de abóbadas não é fácil prever soluções com “encamisamento” inferior de betão dadas as dificuldades estéticas de integração desta solução, tudo dependendo de análises específicas a realizar caso a caso. Em situações em que haja uma degradação estrutural muito acentuada onde não seja razoável a reparação do existente é possível considerar a possibilidade de reforçar superiormente o arco ou abóbada através da aplicação de um segundo arco de betão, podendo este ser dimensionado para suportar todas as cargas incluindo o peso do arco existente passando a ser considerado suspenso no arco de betão. Esta solução deverá ser aplicada em casos extremos pois com ela pode se perder a verdade construtiva, defendida como objetivo tão importante como a verdade arquitetónica. O encamisamento duplo pelo extradorso e intradorso limita-se a casos de grande intervenção geralmente em edifícios em que se pretende uma reconversão e modernização como se sucede por exemplo com a reabilitação de conventos, sendo estes geralmente ricos em estruturas abobadadas [9].

4.5. COBERTURAS

4.5.1. ANOMALIAS EM COBERTURAS

As coberturas dos edifícios antigos são possivelmente o elemento de construção que apresenta um quadro mais generalizado de anomalias onde muitos destes problemas relacionam-se com deficiências de projeto e execução, nomeadamente a elaboração de estruturas de cobertura cujos elementos de madeira contêm secções insuficientes. A falta de conhecimento quanto às propriedades de deformabilidade e resistência da madeira ajuda a explicar esta situação.

Sendo a cobertura uma parte da envolvente do edifício exposto de forma contínua à ação da água da chuva, às variações de temperatura, à ação do vento carregando poeiras, à ação da poluição, etc, torna-se simples compreender este quadro generalizado de anomalias. O facto de tradicionalmente a madeira utilizada nestas estruturas ser deficientemente selecionada e protegida em relação aos agressores mais comuns, nomeadamente fungos e insetos, acentua esta variedade de anomalias.

Particularmente gravosa é a ação da água da chuva principalmente em dois tipos de situações, nomeadamente nas infiltrações em zonas correntes da cobertura quando esta não desempenha

eficientemente a sua função, ou por outro lado, nas infiltrações associadas a disfuncionamentos da rede de drenagem de águas pluviais [9].

4.5.2. CONSOLIDAÇÃO E REFORÇO DE COBERTURAS

Relativamente às estruturas de cobertura são válidas na sua generalidade as considerações expostas nas subsecções anteriores relativamente aos pavimentos. Daí, não será dado tanto destaque às questões relativas às estruturas de cobertura.

Nas coberturas com estrutura em madeira é de registar especial preocupação à deterioração provocada por fungos e insetos de forma análoga ao que se sucede nos pavimentos de madeira. Nas asnas de cobertura é comum esse tipo de deterioração, podendo levar à alteração profunda do funcionamento estrutural da cobertura. De maneira a proceder à reparação e eventual reforço destas estruturas, os elementos que estejam degradados devem ser substituídos ou reconstituídos através de procedimentos como os sugeridos na reparação dos pavimentos (Figura 4.12) [9].

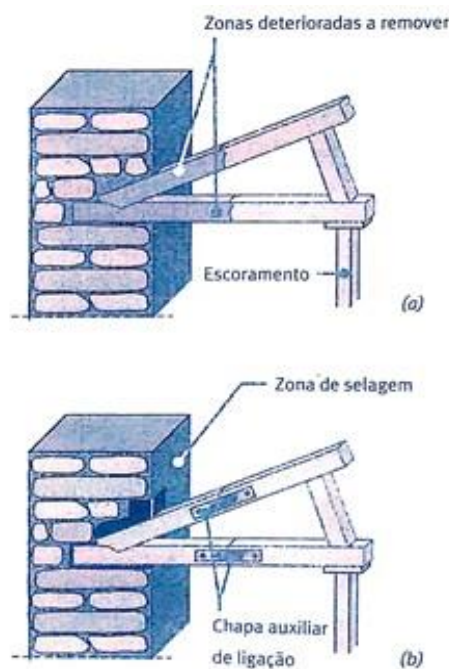


Figura 4.12 - Substituição de apoio de asna de madeira [9]

Caso a reparação destes elementos esteja inserida numa tarefa global de reparação da cobertura, incluindo todo o revestimento de cobertura e sistema de drenagem, é fácil proceder à remoção das zonas afetadas realizando a sua substituição por elementos novos de madeira nas condições já expostas. No caso de a reparação estrutural ser uma tarefa isolada, técnicas que não imponham a sua remoção prévia têm um interesse particular, como por exemplo a adição de elementos de madeira ou metálicos, ou a injeção com resinas (Figura 4.13).

Quando é constatado a deformação excessiva da cobertura não é fácil proceder a operações simples de reparação e reforço pois a sua reposição na sua geometria original implica a aplicação de escoramentos ativos onde são mobilizadas forças ascendentes que inevitavelmente danificam a cobertura. Nestas situações, a reconstituição completa da estrutura de cobertura é realizada em melhores condições aproveitando eventualmente algum do melhor madeiramento existente.

Na reparação ou reconstrução das asnas, sugere-se que os nós sejam sempre reforçados com elementos metálicos de ligação complementando as ligações pregadas. As chapas de aço a utilizar deverão ser convenientemente tratadas de modo a que fique assegurada a sua proteção contra a corrosão sendo pregadas ou aparafusadas às peças de madeira.

A forma como é feita a ligação às paredes é também importante. Na melhor construção é observado a existência de varões e barras de ferro pregadas à linha das asnas e chumbadas na alvenaria diretamente, ou através do frechal caso este exista. Estas ligações destinam-se assegurar a transmissão de forças de tração associadas, por exemplo, à ocorrência de sismos e também às forças horizontais associadas à ação do vento e dos sismos [9].

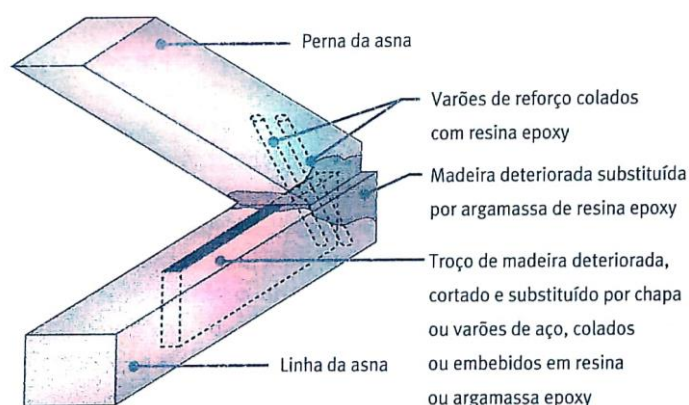


Figura 4.13 - Consolidação de asna de madeira por reconstituição de zona deteriorada através de injeções com resinas e varões de reforço [9]

A generalização desta solução tem um grande interesse nas operações de reabilitação realizadas. Os apoios nas paredes poderão ser dotados de peças especiais, nomeadamente chapas de aço, onde descansam as peças de madeira em que poderá ser possível a realização de uma proteção especial dos topos das asnas em relação ao ataque de fungos e insetos [9].

5

CASOS PRÁTICOS DE REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS DE ALVENARIA DE PEDRA NA ILHA DA MADEIRA

Tendo sido tratado nos capítulos anteriores a construção em alvenaria de pedra, a caracterização dos edifícios de alvenaria de pedra na ilha da Madeira e por fim as anomalias e técnicas de reabilitação em edifícios de alvenaria de pedra, interessa agora neste capítulo expor vários exemplos de casos práticos na ilha da Madeira onde foram aplicadas diferentes técnicas de reabilitação de modo a colmatar as diferentes anomalias que os edifícios apresentavam.

5.1. REABILITAÇÃO ESTRUTURAL DAS ABÓBADAS DAS CAPELAS DE SÃO JOÃO E DO ESPÍRITO SANTO DA IGREJA DA NOSSA SENHORA DA CONCEIÇÃO DE MACHICO

5.1.1. INTRODUÇÃO

O edifício objeto de estudo nesta subsecção trata-se da Igreja da Nossa Senhora da Conceição em Machico (Figura 5.1) construída no século XV. Trata-se de um edifício religioso construído com paredes de alvenaria de pedra ordinária, com a utilização de cantaria em certas partes do edifício de forma a melhorar o seu comportamento estrutural e aspeto arquitetónico, nomeadamente em arcos, abóbadas, lintéis, ligações de paredes ortogonais, etc. As lajes de pisos superiores são em madeira e coberturas também em madeira.



Figura 5.1 - Igreja da Nossa Senhora da Conceição [41]

5.1.2. ESTADO INICIAL

As anomalias registadas neste edifício tratavam-se de destacamentos de cantarias do teto (Figura 5.2) e consequente queda de argamassa e de fragmentos de cantaria nas abóbadas das capelas de São João e do Espírito Santo desde o ano de 2003 de acordo com o relatório da DRAC – Direção Regional dos Assuntos Culturais de 31 de Maio de 2005. Numa fase inicial foram efetuadas inspeções às coberturas e posteriormente procedeu-se à remoção da carga das abóbadas, nomeadamente o enchimento do extradorso destas. Em seguida foram montados andaimes com os tetos a serem escorados. A partir desse momento as capelas passaram a estar encerradas ao público [41].



Figura 5.2 - Deslocamento das aduelas das nervuras da capela do Espírito Santo [41]

Em 2005 verificou-se, segundo a DRAC, o aparecimento de fissuras nas paredes das duas capelas (Figura 5.3).



a)



b)

Figura 5.3 – a) Fissuras e deslocamentos na capela do Espírito Santo [41] b) Fissuras na capela de São João [41]

Em 2007 aquando da visita da equipa CERIS/FUNDEC/IST, foi constatado que as abóbadas se encontravam muitos instáveis e descomprimidas em que o sistema de escoramento foi considerado precário, mas que apesar disso, estes evitaram o agravamento dos danos e o colapso da estrutura levando a que em 2017 os danos apresentados pelas abóbadas eram semelhantes aos de 2007.

Tendo em conta o que foi observado no local e as descrições nos relatórios, foi presumido que a situação teve origem em movimentos das paredes que apoiam as abóbadas levando ao aumento do vão e a sua consequente instabilização. De acordo com o relatório de 2005, após a identificação dos primeiros danos, a intervenção realizada onde o carregamento das abóbadas foi removido agravou os problemas levando a um aumento da instabilização das abóbadas. Esta situação ocorreu devido ao fato de as estruturas arqueadas, sendo estas arcos ou abóbadas, necessitam de um determinado nível de enchimento no seu extradorso, em que sem o qual este tipo de estruturas torna-se instável [41].

5.1.3. SOLUÇÕES DE REABILITAÇÃO APLICADAS NO EDIFÍCIO

Mesmo sem que tenha sido possível a identificação da causa dos primeiros danos nas abóbadas das capelas, foi decidido intervir de maneira a que fossem repostos os níveis de estabilidade adequados. Complementarmente, a intervenção teve também como objetivo incluir medidas que contrariassem as possíveis causas dos danos originais ainda que estes não tivessem sido identificados na fase de projeto. No entanto, como já referido, foi presumido que os danos originais deveram-se a possíveis movimentos das paredes de apoio das abóbadas devido, ou a alterações nas próprias paredes, como por exemplo, devido à fluência ou degradação dos materiais, a assentamentos das suas fundações, ou então devido a movimentos sísmicos.

Para se evitar uma futura abertura do vão das abóbadas, foi prevista uma solução onde a ligação das paredes ortogonais das capelas foi reforçada através de tirantes metálicos.

Tendo em conta o que já foi exposto em relação ao estado de conservação da estrutura aquando o início do projeto, a metodologia de intervenção que a equipa de engenharia pretendeu aplicar foi, nomeadamente, a fixação dos elementos de pedra soltos e deslocados, o reforço das abóbadas, e também a aplicação de tirantes nas paredes periféricas.

Devido ao facto de a estrutura de apoio à cobertura (Figura 5.4), em madeira, se apresentar degradada, e além disso alguns elementos da mesma se apoiarem diretamente sobre as abóbadas contribuindo negativamente para o desempenho estrutural das mesmas, a equipa decidiu conceber uma nova estrutura para a cobertura em aço estrutural desligando esta assim totalmente da cobertura das abóbadas [41].



Figura 5.4 - Extradorso da abóbada da capela do Espírito Santo com a armação inicial do telhado em madeira [41]

Do ponto de vista estrutural a intervenção nas abóbadas (Figuras 5.5 e 5.6) consistiu em cinco fases.

1ª fase - Consolidação e reforço dos sistemas de escoramento e remoção das coberturas das capelas:

Como os sistemas de escoramento e as plataformas de apoio se apresentavam em mau estado de conservação isso obrigou à sua consolidação e reforço. Por outro lado, para que fosse possível a intervenção e reposicionamento dos elementos deslocados, todo o sistema de suporte das aduelas e abóbodas foi reconstruído [41].



a)



b)

Figura 5.5 - a) Extradorso da abóbada da Capela do Espírito Santo antes da limpeza da argamassa; b) A mesma situação mas após a limpeza da argamassa [41]



Figura 5.6 - Extradorso das abóbadas da capela de São João antes da intervenção [41]

2ª fase – Reposicionamento dos elementos de cantaria das abóbadas:

Tendo em conta que as abóbadas se encontravam praticamente descomprimidas devido à remoção do seu enchimento, após a consolidação dos escoramentos foi possível reposicionar as aduelas em cantaria das nervuras das duas abóbadas e as lajetas em pedra no caso da abóbada da capela do Espírito Santo. Outro problema surgido devido à remoção dos enchimentos dos extradorsos das abóbadas, foi o da desagregação das argamassas dos “carregos” em que no caso da capela do Espírito Santo levou à necessidade de introdução de elementos de pedra novos de maneira a comprimir devidamente as nervuras e as lajetas de pedra. Nos casos em que esses elementos de pedra se encontravam mais soltos foram fixados varões de aço inoxidável entre os mesmos (Figura 5.7 a)), isto de maneira a que fosse evitada a sua movimentação durante a fase de enchimento do extradorso com argamassa. Para promover também a ligação entre os elementos de pedra e a camada de enchimento a ser colocada a cima das abóbadas, foram fixados também elementos de aço inoxidável na direção perpendicular à da superfície da abóbada (Figura 5.7 b)) em alguns dos referidos elementos de pedra [41].



a)



b)

Figura 5.7 - a) Varões de fixação colocados entre elementos de pedra na abóbada da capela do Espírito Santo b) Elementos metálicos para a estabilização das aduelas na abóbada da capela do Espírito Santo

[41]

Devido também à fratura de alguns “dentes” de ligação de algumas aduelas, procedeu-se ao seu reforço através da fixação de chapas metálicas nestas de maneira a aumentar a segurança das duas abóbadas. É de referir também que no caso da abóbada da capela de S. João, onde existia uma descarga de um apoio da armação da cobertura na abóbada, esta levou uma rotura local junto a uma das aduelas. O problema foi resolvido pelo preenchimento da lacuna resultante do esmagamento e pelo reposicionamento da aduela [41].

3ª fase – Reforço do extradorso das abóbadas através da aplicação de malha em fibra de carbono e de camada de argamassa:

Após a conclusão do reposicionamento dos elementos das abóbadas de forma a que estes ficassem devidamente comprimidos, da instalação dos elementos metálicos de reforço e da limpeza e aspiração das abóbadas, houve a aplicação de uma camada de argamassa tipo Armo-Crete com cerca de 2,5 cm. Seguidamente deu-se a aplicação de uma rede de reforço em fibra de carbono do tipo Armo-Mesh (Figura 5.8), e por fim, a aplicação da última camada de argamassa com cerca de 8 cm.

Semelhantemente à estrutura original, foi prescrito que junto das esquinas das paredes fosse aplicada um “carrego” de argamassa corrente de cal e areia sobre a última camada de argamassa [41].



Figura 5.8 - Malha de fibra de carbono colocada no extradorso da abóbada da capela do Espírito Santo
[41]

Em relação às fissuras nas abóbadas e paredes que as apoiam, estas foram injetadas com caldas pré-misturadas de cal pozolânica, sem cimento, com baixo grau de sais hidrossolúveis, com granulometria fina, elevada fluidez e trabalhabilidade, colmatando assim todas as fissuras visíveis (Figura 5.9) [41].



Figura 5.9 - Injeção de caldas nas fissuras das paredes das capelas [41]

4ª fase – Execução de furações nas paredes e aplicação de tirantes metálicos:

Simultaneamente à execução da fase anterior, foram realizadas furações nas paredes de maneira a serem colocados tirantes metálicos em aço inoxidável (Figuras 5.10 5.11). Estes foram ligados a chapas de ancoragem, onde após a aplicação de uma ligeira tensão as furações foram injetadas com caldas do tipo Sika Grout [41] confinando assim as quatro paredes que servem de apoio a cada abóbada das capelas.

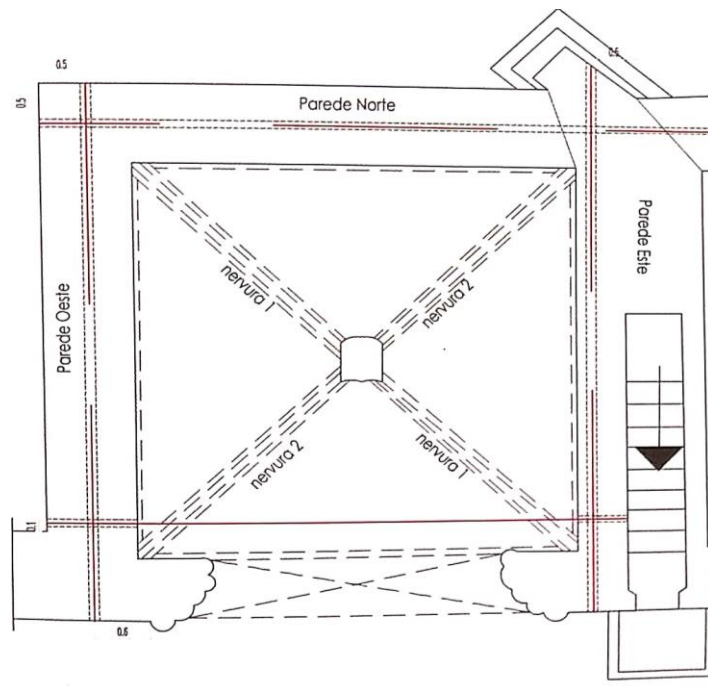


Figura 5.10 - Localização dos tirantes de “amarração” nas paredes envoltantes da Capela do Espírito Santo [41]

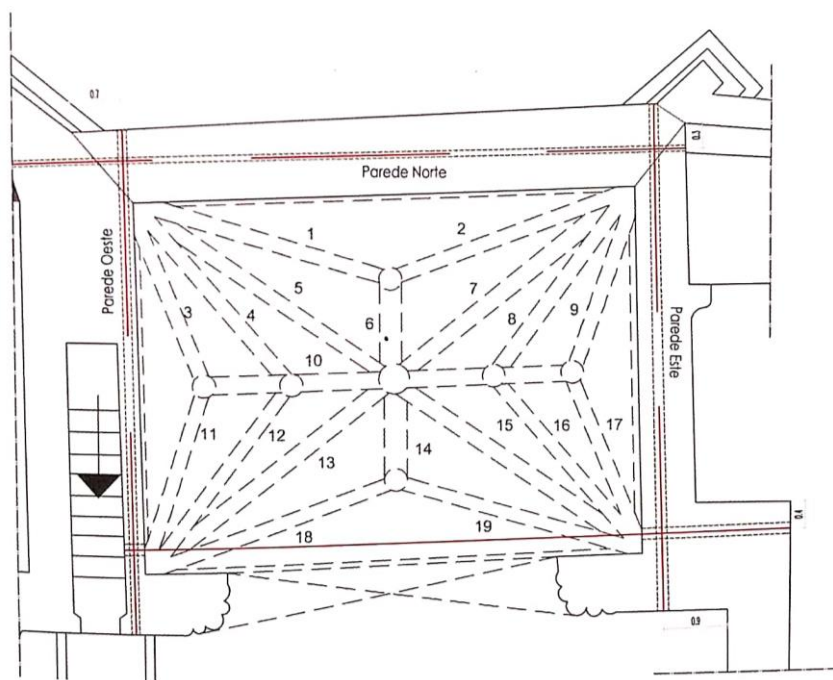


Figura 5.11 - Localização dos tirantes de "amarração" nas paredes envolventes da Capela de São João
[41]

5ª fase – Execução da nova estrutura para apoio da cobertura das abóbadas:

Após a conclusão da intervenção nas abóbadas iniciaram-se os trabalhos para construção das armações das coberturas das mesmas (Figura 5.12). Para isso foram concebidas estruturas em aço exclusivamente apoiadas nas paredes limítrofes das capelas, libertando assim das abóbadas as cargas pontuais que lhes estavam aplicadas [41].



Figura 5.12 - Nova armação em perfis metálicos do telhado da capela de São João [41]

5.1.4. DISPOSIÇÕES FINAIS

Analisando este caso prático, é possível concluir que se tratou de uma intervenção minimalista, no sentido em que aparenta ter sido procurado a requalificação da estrutura, nomeadamente do seu

comportamento estrutural e funcional, sem que tivesse ocorrido uma intervenção muito intrusiva que alterasse de forma significativa a forma natural de comportamento e aparência da construção original.

Nas Figuras 5.13 e 5.14 têm-se várias perspectivas das capelas e abóbadas abordadas neste caso prático após terem sido concluídas as obras de reabilitação.



a)

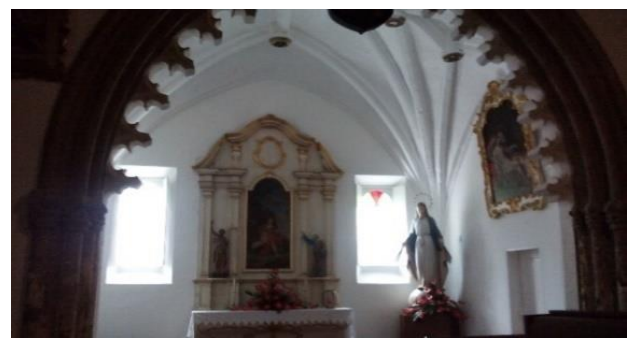


b)

Figura 5.13 - Capela do Espírito Santo e da abóbada pertencente à mesma Capela após conclusão da obra. Perspetivas a) e b)



a)



b)

Figura 5.14 - Perspetivas da Capela de São João e da abóbada da mesma. Perspetivas a) e b)

5.2. SOLUÇÕES DE REABILITAÇÃO APLICADAS NUM EDIFÍCIO DA RUA DA CARREIRA NO FUNCHAL

5.2.1. INTRODUÇÃO

O edifício em questão localiza-se na Rua da Carreira no Funchal e trata-se de uma obra que começou em 2017 com a finalidade de ser utilizada como nova sede da Secretaria Regional da Saúde. A intervenção em questão foi uma reabilitação geral do edifício tendo em vista este proporcionar condições de conforto e utilização adequadas aos tempos modernos.

5.2.2. ESTADO INICIAL

Trata-se de um edifício de 4 pisos contíguo de ambos os lados em relação a outros edifícios construído originalmente em alvenaria de pedra estrutural com lajes superiores e cobertura em madeira. O acesso ao edifício no estado inicial não foi possível, daí nesta subsecção será dado ênfase às soluções de reabilitação aplicadas neste edifício.

5.2.3. SOLUÇÕES DE REABILITAÇÃO APLICADAS NO EDIFÍCIO

A solução de reabilitação estrutural aplicada neste edifício tratou-se de uma solução mista aço/betão onde foram acrescentadas compartimentações novas ao edifício nestes materiais (Figura 5.15). Na parte original do edifício foram preservadas as paredes em alvenaria de pedra, os arcos de alvenaria de pedra, tetos e outros elementos (Figuras 5.16 e 5.17 a)).



Figura 5.15 – a) Elementos estruturais em aço b) Pilar em betão armado



Figura 5.16 - Paredes e arcos em alvenaria de pedra preservados do edifício original e pavimentos em tacos de madeira e ladrilhos de pedra

A solução aplicada para as lajes superiores foram lajes em madeira (Figura 5.17 b)). Foram também executadas paredes em alvenaria de blocos de betão no interior da parte original do edifício (Figura 5.18 a)), escadas metálicas que permitiram o acesso a todos os pisos superiores (Figura 5.18 b)), pavimentos em tacos e em ladrilhos, instalações especiais.



a)



b)

Figura 5.17 – a) Teto preservado da estrutura original b) Pavimento superior em madeira



a)



b)

Figura 5.18 – a) Parede em alvenaria de blocos de betão b) Escadas metálicas

5.2.4. DISPOSIÇÕES FINAIS

Este caso prático apresenta-se como uma obra de reabilitação de um edifício que apresenta um elevado nível de conforto, é de realçar também a variedade de materiais aplicados nesta obra desde os materiais com função estrutural aos que apresentam funções de serviço. Trata-se de um edifício reabilitado com o objetivo de desempenhar uma função importante daí a elevada exigência da obra principalmente ao nível das características de conforto e segurança. Na Figura 5.19 tem-se as fachadas principal e posterior do edifício após concluído.



a)



b)

Figura 5.19 – a) Fachada principal b) Fachada posterior

5.3. REABILITAÇÃO DE UM EDIFÍCIO DA RUA DO SURDO NO FUNCHAL

5.3.1. INTRODUÇÃO

O edifício que irá ser tratado nesta subsecção localiza-se na rua do Surdo no Funchal, cuja obra teve a finalidade de reabilitar uma antiga moradia de maneira a que a mesma proporcionasse condições de conforto adequadas aos tempos modernos. Trata-se de um edifício em parte com dois pisos e com a existência de uma torre central com três pisos (Figura 5.20).

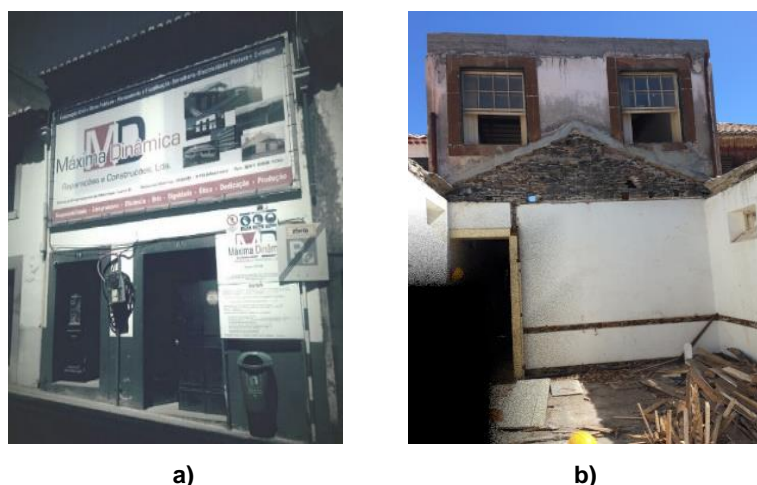


Figura 5.20 – a) Fachada principal do edifício original b) Torre central do edifício

5.3.2. ESTADO INICIAL

A estrutura original do edifício era toda em alvenaria de pedra com a existência de lajes e tabiques em madeira (Figura 5.21), no entanto ocorreram várias remodelações e acrescentos do edifício. Ao olhar para o edifício transparece que originalmente este era apenas constituído pela torre central assente sobre um arco de alvenaria de pedra em que existia uma rua cujo percurso se fazia por baixo desse arco em alvenaria de pedra.

Tendo em conta o estado inicial do edifício aquando o começo da obra, transparece que se deu um acrescento do edifício no espaço onde existia a rua cujo acrescento foi construído em alvenaria de pedra estrutural com lajes e tabiques em madeira. Posteriormente houve uma remodelação do edifício em que foram construídos pilares e lajes em betão armado na parte frontal deste, onde os pilares estavam ligados às paredes de empena em alvenaria de pedra assentando em alicerces de pedra (Figura 5.22). Na sua parte posterior, deu-se um acrescento do edifício construído em betão armado tornando-o assim um edifício estruturalmente misto entre alvenaria de pedra estrutural, betão armado e com a torre central sem ter sofrido remodelações, com a sua estrutura permanecendo em alvenaria de pedra estrutural com lajes e tabiques em madeira.



Figura 5.21 – Tabiques em madeira. Exemplos a) e b)



Figura 5.22 - Viga de betão armado, pilares de betão armado e arco em alvenaria de pedra da estrutura original

5.3.3. SOLUÇÕES DE REABILITAÇÃO APLICADAS NO EDIFÍCIO

A intervenção propriamente dita neste edifício começou pelas obras de demolição parcial. O processo deu-se seguindo uma ordem descendente começando a ser demolidos os elementos superiores do edifício nomeadamente a cobertura, passando progressivamente pelos elementos das zonas inferiores até se chegar às fundações. Foram demolidas, como já foi referido, a cobertura, as lajes dos pisos superiores, as paredes divisórias, e também, os alicerces construídos com pedras com uma dimensão considerável (Figura 5.23).

Conforme a progressão das obras de demolição houve a necessidade proceder a escoramentos nomeadamente das paredes de empena, ação de grande importância devido à existência de edifícios habitados apoiados nestas paredes.



Figura 5.23 – a) Cobertura demolida b) Remoção dos alicerces

Houve a necessidade de encerrar a estrada de acesso ao edifício ao trânsito automóvel de maneira a ser procedida a utilização de um guindaste de forma a apoiar as obras de demolição e reabilitação do edifício (Figura 5.24).



Figura 5.24 - Utilização de guindaste

Após as demolições estarem concluídas procedeu-se à aplicação das soluções de reabilitação prescritas. A solução estrutural pretendida para este edifício tratou-se de uma estrutura em betão armado, nomeadamente sapatas e lintéis de fundação, pilares, lajes, e também, foram executadas lajes e cobertura em vigotas de betão armado pré-esforçado (Figuras 5.25 e 5.26).

As paredes divisórias foram executadas em alvenaria de blocos de betão assim como as paredes que ficaram solidárias com as paredes das habitações adjacentes. Trata-se de um edifício que após concluído apresentava condições de conforto e segurança equiparáveis às de um edifício moderno.



a)



b)

Figura 5.25 -a) Construção de sapatas e lintéis de fundação em betão armado b) Construção de pilares em betão armado



a)



b)

Figura 5.26 – Aplicação de vigotas de betão armado em: a) lajes b) cobertura

5.3.4. DISPOSIÇÕES FINAIS

Tratou-se de uma obra cujo edifício alvo apresentava certas características específicas, nomeadamente o elevado comprimento deste em relação à sua largura permitindo assim adotar soluções como a aplicação das vigotas de betão armado pré-esforçado apoiadas diretamente nas paredes de alvenaria de pedra para execução de algumas lajes superiores. A solução estrutural aplicada permitiu que o edifício final apresentasse um elevado nível de conforto e segurança. Na Figura 5.27 tem-se uma imagem da fachada principal do edifício após a obra estar concluída.



Figura 5.27 - Imagem da fachada principal do edifício

5.4. REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIO NA RUA DA CARREIRA NO FUNCHAL

5.4.1. INTRODUÇÃO

Esta obra tratou-se de uma reabilitação de um edifício de 1846 cuja função original era de expor fotografias da casa real. A finalidade do edifício será servir como museu da fotografia.

Trata-se de um edifício construído em alvenaria de pedra estrutural com pavimentos superiores em madeira, paredes divisórias em tabique com fasquiado de madeira preenchido com pequenas pedras nos seus intervalos (Figura 5.28), escadas interiores em madeira, armação da cobertura em madeira, portas e janelas em madeira.



a)

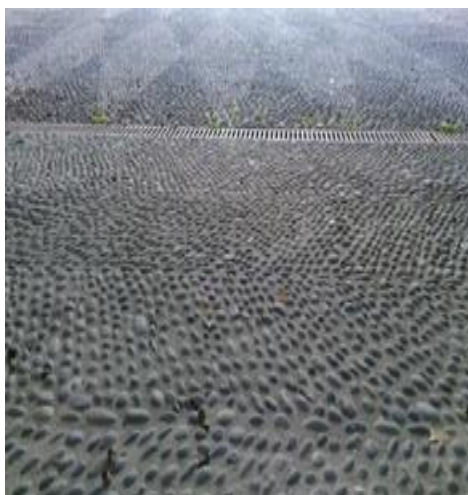


b)

Figura 5.28 – a) Pavimento superior em madeira b) Tabiques em madeira preenchidos com pedra e extremidade de parede mestra

5.4.2. ESTADO INICIAL

No seu estado inicial era de destacar a presença de vários arcos em cantaria de pedra mole e pedra rija e com o pátio do edifício a se apresentar em calçada de seixo rolado (Figura 5.29 a)). Destaque também à existência de parcela do edifício construída em madeira com cobertura em folha de zinco. Existência também de varandas com estrutura em ferro nomeadamente vigas em consola em perfis de ferro apoiadas nas paredes de alvenaria de pedra estrutural com laje em folha metálica (Figura 5.29 b)).



a)



b)

Figura 5.29 – a) Calçada em seixo rolado b) Varandas em ferro

Existência de elementos construídos em betão armado nomeadamente escadas em betão armado, vigas e lajes em betão armado e paredes em alvenaria de blocos de betão (Figura 5.30), indicando a ocorrência de remodelações no edifício ao longo do tempo.



a)



b)

Figura 5.30 – a) Parede em alvenaria de blocos de betão b) Escadas e varanda em betão armado

5.4.3. SOLUÇÕES DE REABILITAÇÃO APLICADAS NO EDIFÍCIO

As soluções de reabilitação neste edifício trataram-se de soluções pouco interventivas, fato que deverá estar relacionado com a importância histórica do edifício e também com a função a que este viria a desempenhar depois de concluída a intervenção.

Os pavimentos superiores em madeira e as escadas interiores também em madeira foram recuperados, já as paredes divisórias que se apresentavam em parede tipo tabique foram substituídas por paredes em alvenaria de blocos de betão no piso térreo e nos pisos superiores por paredes em placas de gesso cartonado onde, nos casos em que a estrutura do tabique se encontrava em bom estado, foi apenas removido o ripado e aplicado as placas de gesso cartonado. Nos casos em que a estrutura do tabique se encontrava em mau estado de conservação, estes foram removidos na totalidade com o gesso cartonado a ser aplicado em perfis metálicos próprios para o efeito.

Em relação às instalações elétricas e sua interação com o edifício nomeadamente as paredes, na Figura 5.31 a) é possível verificar que em algumas zonas deu-se uma perfuração das paredes de maneira não muito profunda onde nesse espaço ganho foram colocados os cabos elétricos. Em alguns casos esses cabos foram colocados na face exterior das paredes sendo cobertos posteriormente pelo revestimento destas (Figura 5.31 b)).

Na Figura 5.32 pode-se visualizar um exemplo dos trabalhos de revestimento de paredes exteriores.



a)



b)

Figura 5.31 – a) Instalações elétricas inseridas nas paredes b) Instalações elétricas colocadas no exterior das paredes



Figura 5.32 - Trabalhos de revestimento de paredes exteriores em alvenaria de pedra

5.4.4. DISPOSIÇÕES FINAIS

Tendo em conta a finalidade da obra em causa, ou seja, a recuperação de um edifício histórico com um valor patrimonial considerável e considerando também a função a que este viria a desempenhar, nomeadamente a de museu da fotografia, infere-se que esta será a razão pela qual foram optadas por soluções pouco interventivas, de maneira a preservar o aspeto e natureza original do edifício. Na Figura 5.33 tem-se uma imagem da fachada principal do edifício após concluída a intervenção.



Figura 5.33 - Fachada principal do edifício após concluída a obra

6

CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS

6.1. CONCLUSÕES

Neste trabalho pretendeu-se realizar um estudo relativo ao tipo de reabilitação aplicado em edifícios de alvenaria de pedra na ilha da Madeira, onde para isso, fez-se um levantamento do tipo de construção existente na ilha referente a este tipo de edifícios e posteriormente foram documentados registos fotográficos obtidos em visitas de campo a obras de reabilitação do tipo de edifícios em questão. Para que fosse possível fazer uma análise comparativa entre o tipo de reabilitação atualmente praticada na ilha da Madeira e o tipo de reabilitação vigente documentada em registo bibliográfico, foi exposto o tipo de construção em alvenaria de pedra utilizada em edifícios praticada em Portugal no passado, e também os diferentes tipos de anomalias comuns neste tipo de construção e os respetivos diferentes tipos de soluções de reabilitação que podem ser aplicados para colmatar essas anomalias.

Fazendo uma análise dos diferentes exemplos de casos práticos, é possível verificar que o tipo de intervenção que foi aplicada em cada edifício variou conforme o tipo de edifício em questão, conforme a finalidade do edifício final, dependendo também do estado inicial do mesmo e com certeza que outros condicionalismos como por exemplo o orçamento para a realização da obra.

No primeiro caso prático, verificou-se a utilização de soluções possivelmente mais sofisticadas, derivado ao tipo de situação e à importância do edifício em questão. No quarto caso prático, semelhantemente ao primeiro, tratou-se de uma intervenção pouco interventiva, no entanto, é possível afirmar que as tecnologias aplicadas não foram tão sofisticadas, em virtude do tipo de situação em questão, visto o tipo de estrutura a reabilitar ter uma natureza diferente, ou seja, não tão complexa a nível estrutural, e também, relacionado com o fato das anomalias apresentadas não exigirem tanta complexidade no tipo de intervenção.

No segundo e terceiro caso prático trataram-se de obras muito interventivas derivado à finalidade desses dois edifícios. Em ambos os casos exigiam-se elevadas condições de conforto daí o tipo de intervenção ter sido diferente com soluções reabilitativas de natureza diferente.

Comparativamente à bibliografia consultada e exposta no presente trabalho pode-se afirmar que foram utilizadas algumas das técnicas descritas, nomeadamente no primeiro caso prático em que foi procedido à substituição de elementos de alvenaria degradados, aplicação de tirantes ativos, encamisamento superior da abóbada e por fim a injeção de fendas. O procedimento interventivo aplicado nesse caso prático assemelha-se ao referido na bibliografia consultada. No quarto exemplo de caso prático é utilizada a solução de paredes de gesso cartonado para a substituição ou recuperação de paredes divisórias em tabique, solução referida na bibliografia consultada. No segundo e terceiro casos práticos como trataram-se de soluções altamente interventivas, com uma grande modernização dos edifícios onde o funcionamento estrutural destes alterou-se completamente devido à aplicação de novos elementos em materiais modernizados, em que os novos elementos estruturais interagem com os elementos originais gerando uma estrutura completamente diferente. Daí, é presumível a pouca utilização dos métodos vigentes atualmente para a reabilitação deste tipo de edifícios.

Embora o número de casos analisados nesta dissertação seja reduzido, tendo em conta esses casos é possível afirmar que a utilização de soluções de reabilitação muito interventivas é comum na ilha da Madeira, havendo como que uma alteração quase completa da funcionalidade dos edifícios havendo grande discrepância entre o edifício original e o edifício reabilitado. Este fato advém de as exigências funcionais dos edifícios modernos serem mais severas do que as do tempo em que estes edifícios foram construídos, daí ser difícil manter uma fidelidade à sua forma original de funcionamento.

Considera-se que seria importante tentar manter a identidade deste tipo de edifícios, pois estes são considerados património histórico e cultural de um povo e nação, ao mesmo tempo que tentando adaptá-los ao estilo de vida moderno. Considera-se que seja tentado manter um certo equilíbrio entre estes dois aspetos sem pender muito para um lado em detrimento do outro. A engenharia civil pode dar o seu contributo para que isto seja possível pois esta é uma área de conhecimento milenar. Através desta abordagem é possível revitalizar e preservar conhecimento antigo evitando que este se perca no tempo. Estes edifícios conservam também a história da engenharia e arquitetura, memória que se considera importante ser conservada.

6.2. PERSPETIVAS FUTURAS

Referentemente aos aspetos que podem ser abordados e desenvolvidos no futuro dentro do assunto desta dissertação, é possível assinalar os seguintes pontos:

- Análise de mais exemplos de obras de reabilitação de edifícios de alvenaria de pedra na ilha da Madeira.
- Estudo da eficiência do tipo de soluções que estão a ser aplicadas nos edifícios de alvenaria de pedra na ilha da Madeira e posteriormente a sugestão do melhor tipo de soluções a serem aplicadas tendo em conta as especificidades do meio.

REFERÊNCIAS

- [1] N.Gattesco, C.Amadio, C.Bedon, *Experimental and numerical study of the shear behavior of stone masonry walls strenthened with GFRP reinforced mortar coating and steel-cord reinforced repointin*. Engineering Structures, 2015. 90(5): p. 143-157.
- [2] A. Penna, *Seismic assessment of existing and strengthened stone-masonry buildings: critical issues and possible strategies*. Bull Earthquake Eng, 2015. 13: p. 1051–1071 .
- [3] E. A. Hendry, *Masonry walls: materials and construction*. Construction and Building Materials, 2001. 15: p. 323-330.
- [4] Alexandre Costa, A. Arêde, A. Costa e Carlos S. Oliveira, *Out-of-plane behaviour of existing stone masonry buildings: experimental evaluation*. Bull Earthquake Eng, 2012. 10: p. 93–111
- [5] D. Penazzi, M. R Valluzzi, A. Saisi, L. Binda, C. Modena, *Repair And Strengthening Of Historic Masonry Buildings In Seismic Areas*. Archi, 2000.
- [6] H. d. Sousa, “*Construções Em Alvenaria*”, Faculdade de engenharia da universidade do porto, Porto, 2003.
- [7] B. Quelhas, L. Cantini, J. Guedes, F. d. Porto e C. Almeida, *Characterization and Reinforcement of Stone Masonry Wall*. In: Costa A., Guedes J., Varum H. (eds) Structural Rehabilitation of Old Buildings. Building Pathology and Rehabilitation, vol 2. 2014, Springer, Berlin, Heidelberg ,.
- [8] J. Appleton, “*A Construção De Edifícios em Portugal No Século XVIII: De Maфра à Reconstrução de Lisboa.*,” Colóquio Comemorativo dos 25 Anos do Memorial do Convento. 17 Novembro 2007, p. 2.
- [9] J. Appleton, *Reabilitação de Edifícios Antigos*. 2003, Edições Orion.
- [10] J. Roque, “*Reabilitação Estrutural de Paredes Antigas de Alvenaria*” Universidade do Minho. 2002, Minho.

- [11] Andrade, H. Castro, “*Caracterização de Edifícios Antigos, Edifícios "Gaioleiros"*”. 2011, Lisboa: Tese de Mestrado.
- [12] C. Piccirilli, *Consolidamento Critico. Premesse Storico-Strutturali*. 1996, Roma: Università degli Studi di Roma.
- [13] F. Pinho, *Paredes de Edifícios Antigos Em Portugal*. 2000, Lisboa: LNEC.
- [14] *Cenário do Foral Manuelino*. 2017, Página web consultada em 2017/03/15, <http://dosenxidros.blogspot.pt/2012/12/5-centenario-do-foral-manuelino-de-s.html>.
- [15] *Património Classificado*. 2017, Página web consultada em 2017/04/02, <http://www.patrimoniocultural.gov.pt/en/patrimonio/patrimonio-imovel/pesquisa-do-patrimonio/classificado-ou-em-vias-de-classificacao/geral/view/72685>.
- [16] *Obra de Remodelação do Convento de Santo Antão O Novo*. 2017, Página web consultada em 2017/04/04, <https://sites.google.com/site/joaorosariomateus/refeitorio-do-convento-de-santo-antao?tmpl=%2Fsystem%2Fapp%2Ftemplates%2Fprint%2F&showPrintDialog=1>.
- [17] *Bom Jardim 953*. 2017, Página web consultada em 2017/04/06, <http://bonjardim953.blogspot.pt/2012/05/>.
- [18] *Câmara do Porto Investe Mais de Cinco Milhões na Reabilitação de Quatro Bairros*. 2017, Página web consultada em 2017/04/28, <https://www.idealista.pt/news/imobiliario/habitacao/2017/05/28/33552-camara-do-porto-investe-mais-de-cinco-milhoes-na-reabilitacao-de-quatro-bairros>.
- [19] *Casa dos Pilões ou Antiga Fábrica de Pólvora*. 2017, Página web consultada em 2017/05/03, <http://www.riodejaneiroaqui.com/portugues/casa-dos-piloes.html>.
- [20] M. Veiga, *Conservação e Reparação de Revestimentos de Paredes de Edifícios Antigos*. 2009, Lisboa: LNEC.
- [21] P. Lourenço, G. Vasconcelos, E. Poletti, *Edifícios Pombalinos: Comportamento e reforço*. 2014, Guimarães, Universidade do Minho.
- [22] M. Teixeira, *Reabilitação de edifícios pombalino*. 2010, Lisboa: Tese de Mestrado.
- [23] S. Tobriner, *A Gaiola Pombalina*. Monumentos. 2004, Nº 21.

- [24] *Construção Pombalina: Património Histórico e Estrutura Sismo-Resistente*. 2017, Página web consultada em 2017/06/05 <http://15wceesslatin.blogspot.pt/2012/09/construcao-pombalina-patrimonio.html>.
- [25] J. Appleton, *Tipificação do parque construído*. 2008, Edições Orion.
- [26] C. Pereira, *Reabilitação de Edifícios "Gaioleiros"*. 2013, Lisboa: Tese de Mestrado.
- [27] *Autonomia da Madeira*. 2017, Página web consultada em 2017/08/15, <http://www.visitmadeira.pt/pt-pt/a-madeira/historia/autonomia-da-madeira>.
- [28] R. Nepomuceno, *Uma Perspectiva da História da Madeira*. 2003 Funchal: Editorial Eco do Funchal.
- [29] D. Freitas, *Guia dos Monumentos do Funchal*. 2008, Funchal: Funchal 500 Anos.
- [30] V. Mestre, *Arquitectura Popular da Madeira*. 2002, Argumentum.
- [31] P. Ladeira, *Calheta e Património - Uma Abordagem*. 2016, Funchal: Câmara municipal da Calheta.
- [32] *Jornal Económico*. 2018, Página web consultada em 2018/02/04, <http://www.jornaleconomico.sapo.pt/noticias/papa-francisco-envia-mensagem-de-felicitaao-pelos-500-anos-da-se-catedral-223101>.
- [33] *Jornal da Madeira*. 2018, Página web consultada em 2018/02/12, <http://www.jornaldamadeira.com/2017/10/21/catedral-do-funchal-estrutura-e-altares-das-naves-da-se/>.
- [34] *Sé Catedral*. 2018, Página web consultada em 2018/02/25, <http://www.visitmadeira.pt/pt-pt/explorar/detalhe/se-catedral>.
- [35] *Palácio de São Lourenço / Forte de São Lourenço*. 2018, Página web consultada em 2018/07/11, http://www.monumentos.pt/site/app_pagesuser/sipa.aspx?id=5014.
- [36] *20 anos da abertura ao público do Palácio de São Lourenço*. 2018, Página web consultada em 2018/03/17, <http://www.netmadeira.com/noticias/cultura/artigo/135885-20-anos-da-abertura-ao-pblico-do-palcio-de-so-loureno>.

- [37] *Palácio de São Lourenço*. 2018, Página web consultada em 2018/04/04, <https://www.visitarportugal.pt/distritos/ra-madeira/c-funchal/funchal/palacio-sao-lourenco>.
- [38] *Centro Histórico do Funchal*. 2018, Página web consultada em 2018/04/09, <https://portugalpatrimonios.com/2016/03/31/centro-historico-do-funchal/>.
- [39] *Alfândega Nova*. 2018, Página web consultada em 2018/04/18, <http://academica.uma.pt/?p=3457>.
- [40] *Paços do Conselho do Funchal*. 2018, Página web consultada em 2018/05/01, <http://www.visitmadeira.pt/pt-pt/explorar/detalhe/pacos-do-concelho-do-funchal>.
- [41] R. Rodrigues, A. Gago, R. Ferreira, *Igreja de Nossa Senhora da Conceição – Machico*. 2018, Funchal: Secretaria Regional do Turismo e Cultura - Direção Regional da Cultura.
- [42] *Cidade Infinita*. 2018, Página web consultada em 2018/05/16, <http://cidadeinfinita.blogspot.pt/2017/05/santa-clara.html>.
- [43] *Jornal da Madeira*. 2018, Página web consultada em 2018/05/27, <http://www.jornaldamadeira.com/2017/11/09/30a-semana-biblica-no-convento-de-santa-clara/>.