



Reabilitação de Edifícios Antigos com Valor Patrimonial ? Metodologia de Intervenção

DAVID ALEXANDRE FERREIRA DA SILVA

julho de 2017

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS ANTIGOS COM VALOR PATRIMONIAL – METODOLOGIA DE INTERVENÇÃO

DAVID ALEXANDRE FERREIRA DA SILVA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL – RAMO DE CONSTRUÇÕES

Orientador: José Manuel Martins Soares de Sousa

JUNHO DE 2017

ÍNDICE GERAL

Reabilitação de Edifícios Antigos com Valor Patrimonial – Metodologia de Intervenção	i
Índice Geral	iii
Resumo.....	v
Abstract	vii
Agradecimentos	ix
Índice de Texto	xi
Índice de Figuras.....	xv
Glossário.....	xix
CAPÍTULO 1 Introdução.....	1
CAPÍTULO 2 Enquadramento Legislativo	5
CAPÍTULO 3 Reabilitação do Património Edificado	15
CAPÍTULO 4 Metodologia de Intervenção	77
CAPÍTULO 5 Considerações Finais.....	91
Referências Bibliográficas	93
Anexo I – Carta de Cracóvia (2000)	103
Anexo II – Exemplo Check-list Caracterização Edifício	109
Anexo III – Exemplo Check-list Descrição Anomalias	111

RESUMO

A presente dissertação aborda o tema da reabilitação de edifícios antigos, fundamentando uma proposta de abordagem metodológica a aplicar nas intervenções em edifícios marcados pelo seu valor patrimonial.

Verifica-se nos últimos anos um grande interesse por parte das entidades nacionais em apostar na área da reabilitação de edifícios, devendo-se questionar, no entanto, até que ponto essas mesmas entidades regem a sua atividade dentro dos princípios impostos pelas Cartas Internacionais do Património e legislação existente. A atuação em edifícios antigos protegidos patrimonialmente impõe um grau de exigência mais acentuado, em particular a nível técnico, obrigando os promotores a implementação de estratégias de intervenção cujo objetivo principal é preservar e salvaguardar o edifício original para as gerações seguintes.

Sendo um tema de aprendizagem exigente, este trabalho tem como objetivo a definição de um conjunto de princípios de carácter teórico e técnico, que visam compreender a tipificação construtiva portuguesa nos edifícios antigos, análise de anomalias e ensaios de caracterização dos materiais, ultimando o estudo realizado numa metodologia de intervenção que leva em consideração todos os aspetos relevantes dentro do assunto.

Palavras-chave: Reabilitação, Edifícios antigos, Património, Metodologia de intervenção.

ABSTRACT

This dissertation presents the theme of the rehabilitation of old buildings, based on a proposal of a methodological approach to be applied in the interventions in buildings marked by their heritage value.

In recent years there has been a great interest from national entities on the rehabilitation of buildings, however, it is necessary to question the extent to which these same entities govern their activity within the principles imposed by the International Charters and existing legislation. Acting in heritage protected old buildings imposes a greater difficulty and exigency, in particular at the technical level, obliging the promoters to implement intervention strategies whose main objective is to preserve the original building for the next generations.

Being a demanding learning subject, this work has as its objective the definition of a set of principles of theoretical and technical character, aiming to understand the typical aspects of portuguese construction in the old buildings, analysis of anomalies and characterization tests of the materials, finalizing the study carried out on an intervention methodology that takes into account all relevant aspects of the subject.

Keywords: Rehabilitation, Old buildings, Heritage, Intervention methodology.

AGRADECIMENTOS

A realização desta dissertação não teria sido possível sem o importante contributo de algumas pessoas que, de uma forma mais ou menos direta, tiveram um papel fundamental no seu desenvolvimento.

Em primeiro lugar agradeço ao meu orientador, o Engenheiro José Manuel Martins Soares de Sousa, pelo apoio, conselhos e acima de tudo pela paciência demonstrada ao longo de todo o trabalho.

A todos os professores com quem tive o prazer de me cruzar e que contribuíram para a minha aprendizagem e crescimento enquanto aluno e futuro engenheiro, em particular aqueles que me despertaram o interesse para a importância da reabilitação de edifícios.

Quero agradecer a todos os meus familiares, com especial atenção aos meus pais, pelo apoio e constante incentivo para alcançar objetivos.

E por fim, mas não menos importante, a todos os amigos e colegas de curso com quem tive o prazer de partilhar estes últimos anos, agradeço a companhia e os momentos de lazer.

ÍNDICE DE TEXTO

CAPÍTULO 1	Introdução.....	1
1.1	Considerações Iniciais.....	1
1.2	Metodologia e Objetivos	2
1.3	Organização da Dissertação.....	3
CAPÍTULO 2	Enquadramento Legislativo	5
2.1	Cartas do Património	5
2.1.1	Carta de Atenas (1931).....	5
2.1.2	Carta de Veneza (1964)	6
2.1.3	Carta Europeia de Património Arquitectónico (1975).....	7
2.1.4	Carta Internacional para Salvaguarda das Cidades Históricas (1987)	7
2.1.5	Declaração de Nara sobre a Autenticidade do Património Cultural (1994)	7
2.1.6	Carta de Cracóvia (2000)	8
2.2	Legislação Portuguesa.....	9
2.2.1	Decreto-Lei n.º 107/2001	9
2.2.2	Decreto-Lei n.º 138/2009	10
2.2.3	Decreto-Lei n.º 309/2009	11
2.2.4	Decreto-Lei n.º 149/2015	11
2.3	Entidades Reguladoras.....	11
2.3.1	Direção Geral do Património Cultural (DGPC).....	11
2.3.2	Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (UNESCO)	12
2.3.3	International Council of Monuments and Sites (ICOMOS).....	13
CAPÍTULO 3	Reabilitação do Património Edificado.....	15

3.1	Definições e Princípios Gerais.....	15
3.2	Caracterização e Tipificação Construtiva Portuguesa.....	17
3.2.1	Fundações.....	17
3.2.2	Paredes resistentes.....	19
3.2.3	Pavimentos.....	22
3.2.4	Coberturas.....	25
3.2.5	Escadas.....	27
3.2.6	Paredes de compartimentação.....	28
3.2.7	Revestimentos e acabamentos.....	29
3.2.8	Caixilharias.....	35
3.2.9	Cantarias.....	36
3.2.10	Elementos caracterizadores da fachada.....	37
3.3	Identificação do Quadro Patológico do Edifício.....	39
3.3.1	Anomalias em Fundações.....	40
3.3.2	Anomalias em Parede Resistentes.....	42
3.3.3	Anomalias em Pavimentos.....	44
3.3.4	Anomalias em Coberturas.....	47
3.3.5	Anomalias em Paredes de Compartimentação.....	49
3.3.6	Anomalias em Revestimentos e Acabamentos da Envolvente Exterior.....	50
3.3.7	Anomalias em Revestimentos e Acabamentos da Envolvente Interior.....	56
3.4	Ensaio.....	59
3.4.1	Ensaio não destrutivo.....	59
3.4.2	Ensaio ligeiramente destrutivo.....	73
CAPÍTULO 4	Metodologia de Intervenção.....	77
4.1	Introdução.....	77
4.2	Aspetos Fundamentais a Considerar.....	78
4.3	Estudos Prévios de Reconhecimento.....	80

4.3.1	Caracterização do edifício e seus materiais constituintes.....	81
4.3.2	Diagnóstico, tratamento e análise de informação	83
4.4	Projeto	85
4.5	Execução dos Trabalhos.....	87
4.6	Manutenção Pós-Intervenção.....	88
CAPÍTULO 5	Considerações Finais.....	91
5.1	Conclusões	91
5.2	Desenvolvimentos Futuros	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 - Fundação direta.....	18
Figura 3.2 - Fundação semi-direta com poços e arcos.....	19
Figura 3.3 - Fundação indireta constituída por estacaria de madeira [71].....	19
Figura 3.4 - Parede resistente de alvenaria de pedra [71].....	20
Figura 3.5 - Paredes de Frontal.	21
Figura 3.6 - Lintel em granito [109].....	21
Figura 3.7 - Arcos de descarga.....	22
Figura 3.8 - Esquema geral de pavimento [71].	23
Figura 3.9 - Ligação de apoio de pavimento-parede (adaptado de [4]).....	23
Figura 3.10 - Ferrolho metálico [89].....	24
Figura 3.11 - Estrutura de pavimento constituída por arco e abóbada de alvenaria.	25
Figura 3.12 - Representação esquemática da estrutura de uma cobertura inclinada [71].	25
Figura 3.13 - Esquema ligação metálica tipo “pé de galinha” duplo.....	26
Figura 3.14 - Cobertura curva baseada em abóbada do Panteão Nacional [92].	27
Figura 3.15 - Escadas interiores [71].	28
Figura 3.16 - Paredes de compartimentação [71].....	29
Figura 3.17 - Sistema de revestimento de uma parede [95].....	30
Figura 3.18 - Exemplos revestimentos e acabamentos de parede exterior.....	31
Figura 3.19 - Representação soalho à portuguesa.	32
Figura 3.20 - Representação forro de teto em “camisa e saia”.	32
Figura 3.21 – Exemplos de revestimentos de teto em madeira assentes em geometrias complexas.	33
Figura 3.22 - Teto estucado com ornamentação [77].....	33

Figura 3.23 - Cobertura revestida a telha cerâmica de canudo.	34
Figura 3.24 - Cobertura revestida a telha de Marselha [55].	35
Figura 3.25 - Exemplos de caixilharia.	36
Figura 3.26 - Pormenores de cantaria [3].	37
Figura 3.27 - Elementos caracterizadores em parede de fachada [119].	38
Figura 3.28 - Cornija em pedra [120].	38
Figura 3.29 - Elementos caracterizadores em telhado.	39
Figura 3.30 - Deformação imposta pela movimentação de terras [4].	41
Figura 3.31 - Fendilhação de parede [84].	42
Figura 3.32 - Desagregação da alvenaria [86].	43
Figura 3.33 - Infiltrações no pavimento por humidade de precipitação.	45
Figura 3.34 - Deterioração de pavimento por ataques de insetos e fungos.	45
Figura 3.35 - Mecanismos de colapso de paredes [78].	46
Figura 3.36 - Deformabilidade dos pavimentos [7].	46
Figura 3.37 - Estrutura de cobertura com deformação excessiva [55] [71].	48
Figura 3.38 - Ação de agentes biológicos em elementos de madeira da estrutura da cobertura [71].	49
Figura 3.39 - Anomalias em paredes interiores.	50
Figura 3.40 - Revestimento com perda de aderência [100].	52
Figura 3.41 - Cobertura biológica em fachada [55].	53
Figura 3.42 - Perda de azulejos em revestimento exterior.	54
Figura 3.43 - Caixilharia com madeira deteriorada e vidros danificados [55].	56
Figura 3.44 - Empolamento de reboco em parede interior.	56
Figura 3.45 - Anomalias revestimentos pavimentos.	57
Figura 3.46 - Anomalias revestimento teto [71].	58
Figura 3.47 - Anomalias em equipamentos interiores.	58
Figura 3.48 - Termografia por infravermelhos [26].	60
Figura 3.49 - Comportamento térmico de parede de pedra com elemento de madeira [27].	61

Figura 3.50 - Aparelho ultrassom [106].....	62
Figura 3.51 - Métodos de transmissão no ensaio de ultrassons [27].....	63
Figura 3.52 - Tomografia de uma parede de alvenaria [98].....	64
Figura 3.53 - Sistema de Radar [49].	65
Figura 3.54 - Resultados ensaio dinâmico [5].	66
Figura 3.55 - Acelerógrafo [108].....	67
Figura 3.56 - Ensaio de carga estático sobre pavimento de madeira [44].....	68
Figura 3.57 - Medição de percentagem de humidade com higrómetro [7].....	68
Figura 3.58 - Videoscópio digital [117].....	69
Figura 3.59 - Medição integridade de elementos de madeira com o Resistógrafo [112].....	70
Figura 3.60 - Perfil de um Resistógrafo [36].....	70
Figura 3.61 - Método de densidade superficial – Pilodyn [116].	71
Figura 3.62 - Representação esquemática de um poço de sondagem (adaptado de [27]).	72
Figura 3.63 - Modelação numérica tridimensional.	73
Figura 3.64 - Carotagem [74].....	74
Figura 3.65 - Ensaio macacos planos.....	75
Figura 3.66 - Ensaio de dilatómetro [74].....	76
Figura 4.1 - Fluxograma representativo da metodologia de intervenção.....	77
Figura 4.2 - Mapeamento dos danos observados na fachada de um edifício [58].	82
Figura 4.3 - Diagrama resultante da aplicação de manutenção preventiva (adaptado de [67])	89

GLOSSÁRIO

Conservação – Conjunto de operações que procuram prolongar o tempo de vida de um edifício, através de um conjunto de intervenções regulares e periódicas que garantem a sua manutenção, salvaguardando muitas vezes o valor histórico. Esta designação poderá englobar um ou mais conceitos: manutenção, reparação, reabilitação e reconstrução [56].

Edifício antigo – Aquele que foi construído antes do advento do betão armado como material estrutural dominante (até ao início dos anos 40 do séc. XX), ou seja, antes do aparecimento do cimento Portland. Recorre a materiais e tecnologias tradicionais para a construção, como por exemplo pedra, barro, cal e madeira [4].

Manutenção – Conjunto de operações preventivas destinadas a manter o funcionamento tanto do edifício como de cada uma das suas partes constituintes, evitando assim a ocorrência de anomalias. Este conceito inclui inspeções de rotina, trabalhos de limpeza, desentupimento de ralos, pinturas, entre outros, constituindo ações programadas e geralmente em ciclos regulares [56].

Metodologia – Conjunto de práticas, procedimentos, regras e métodos de trabalho usados por aqueles que trabalham numa disciplina ou se envolvem numa pesquisa. Estudo ou análise teórica desses métodos de trabalho [27].

Monumento – Obras de arquitetura, composições importantes ou criações mais modestas, notáveis pelo seu interesse histórico, arqueológico, artístico, científico, técnico ou social, incluindo as instalações ou elementos decorativos que fazem parte integrante destas obras, bem como as obras de escultura ou de pintura monumental [39].

Património – Qualquer bem que assume relevância para a compreensão, permanência e construção da identidade nacional. Constituem testemunhos com valor de civilização ou de cultura [115].

Reabilitação – Ato ou processo de possibilitar um uso eficiente e compatível duma propriedade, através de reparações, alterações e acrescentos, preservando, ao mesmo tempo, as partes ou características que transmitem o seu valor histórico, cultural e arquitetónico [27].

Reconstrução – Construção total ou parcial de um edifício, caso se encontre destruído ou na eminência de destruição [56].

Reforço – Ação que envolve melhoria da capacidade resistente de uma estrutura ou parte dela. Visa aumentar a capacidade de carga dessa estrutura, eliminando eventuais insuficiências [28].

Reparação – Conjunto de operações que visam corrigir anomalias existentes, para manter o edificado como se encontrava antes da ocorrência destas. É comum a utilização do termo Consolidação para traduzir a ideia de reparação no sentido de manutenção da integridade da estrutura [56].

Restauro – Conjunto de operações destinadas a intervenções rigorosas do ponto de vista arquitetónico com valor histórico, destinando-se a restabelecer, nos limites do possível, a legitimidade original do objeto ou construção. Este conceito obedece a uma criteriosa análise histórica e utilização de materiais equivalentes aos originais, com referência a uma determinada época construtiva e não colocando dessa forma em causa a autenticidade do objeto. [28] [56].

Reversibilidade – Conceito de levar a cabo um trabalho num edifício ou em parte deste, de forma que este possa retornar ao estado anterior, num qualquer momento futuro, com apenas alterações mínimas produzidas na construção, sem modificar qualquer elemento que lhe confere autenticidade [94].

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

“O estado de conservação e de segurança das construções antigas, em especial as de reconhecido interesse histórico, é um assunto que vem motivando crescente preocupação, não só de uma vasta gama da sociedade em geral mas, em particular, das instituições de algum modo ligadas à preservação do património histórico e cultural.”

Ârede *et al.* [5].

Sendo Portugal um país que possuiu uma grande quantidade de edifícios manifestamente marcados por traços arquitetónicos típicos de diferentes épocas, é de todo o interesse que o seu valor patrimonial seja preservado através de operações de reabilitação e restauro que visam proteger a extensa herança cultural que os mesmos carregam.

De um modo geral, existe nas grandes cidades uma quantidade alarmante de edificado que tem vindo a degradar-se gradualmente ao longo do tempo, muito por culpa da inexistência de operações de manutenção. Este facto é muito preocupante uma vez que compromete a segurança do edifício em larga escala, resultando numa degradação profunda dos elementos construtivos e consequente aumento dos custos de reabilitação quando as intervenções se iniciam.

No caso das construções históricas, é de forma natural e inequívoca que se constata que os materiais, elementos e técnicas construtivas utilizadas apresentam características intrínsecas da sua época, e como tal o seu envelhecimento ao longo dos anos obrigam a intervenções que implicam cuidados redobrados. Segundo Ârede *et al.* [5], o conhecimento das características dos materiais e componentes de um edifício antigo deve representar o ponto de partida para o estudo a realizar, assente num levantamento exaustivo de informação que servirá de base às decisões a tomar. A variabilidade e heterogeneidade dos materiais tradicionais, geometria construtiva complexa e difícil caracterização das ações são fatores que representam dificuldades acrescidas nas fases de diagnóstico e análise, e que limitam a aplicação dos conceitos de construção de edifícios atuais.

Levando em consideração estas dificuldades, foram surgindo ao longo dos anos vários documentos de referência no domínio da reabilitação de edifícios com valor patrimonial, que visam estabelecer diretrizes e princípios sobre os quais estas intervenções devem ser realizadas. O respeito pelo valor cultural do edifício assume um papel central, introduzindo conceitos como a mínima intervenção e compatibilidade dos materiais utilizados, que têm como principal objetivo manter a sua autenticidade e integridade de acordo com o seu aspeto original [4].

O desenvolvimento de metodologias para a reabilitação de edifícios tem vindo a assumir um papel de extrema importância nos últimos anos, sendo oportuno estabelecer um elo de ligação entre estas mesmas metodologias e o caso particular da reabilitação de edifícios antigos com valor patrimonial, encarando estas intervenções como uma forma de manter a ideia de continuidade e transmissão cultural para as gerações seguintes.

1.2 METODOLOGIA E OBJETIVOS

O principal objetivo é ilustrar a metodologia de intervenção de reabilitação num edifício marcado pelo seu carácter histórico e patrimonial. Para cumprir esta premissa, é procurado realizar uma pesquisa bibliográfica dentro do tema, culminando numa proposta de abordagem metodológica que permitirá posteriormente retirar algumas conclusões, não só em relação à metodologia de intervenção em si, mas também relativamente à reabilitação de edifícios em geral, de um ponto de vista social e económico.

É sabido que este tipo de intervenções assentam essencialmente num estudo prévio de reconhecimento e análise auxiliado por um levantamento fotográfico, diagnóstico das anomalias e análise de soluções para reabilitação. Levando em consideração o património histórico, cultural e social da zona em que o edifício esteja inserido, é procurado encontrar uma solução funcional e económica que garanta a preservação da identidade original do mesmo.

Compreendendo que a metodologia a adotar em intervenções de reabilitação é claramente diferente da metodologia imposta na construção de um edifício novo, iniciámos o estudo sabendo que a reabilitação beneficia de um conjunto de especificidades relevantes que representam um nível de detalhe mais acentuado, assim como um conjunto de operações que lhes são exclusivas. Deve ser salientado desde cedo a importância da compreensão do processo construtivo utilizado, na medida em que permitirá uma análise mais clara de todas as condicionantes.

Numa primeira fase decorre o levantamento da pré-existência, onde é recolhida a maior quantidade de informação possível sobre o edifício, segundo diferentes vertentes, de modo a colmatar possíveis faltas de informação que possam surgir no desenvolver da intervenção. Este levantamento representa uma operação essencial e exaustiva, que permite numa fase inicial conhecer o edifício em toda a sua extensão.

Este estudo implica um conhecimento da tipificação construtiva portuguesa que será abordada no presente trabalho, assim como o levantamento das anomalias e respetivo registo fotográfico.

Estes dados são por norma complementados por ensaios experimentais que permitem avaliar o estado, condições de conservação e características mecânicas das diversas peças. É procurada uma apresentação dos ensaios mais relevantes, uma vez que os dados fornecidos pelos mesmos constituem as bases para as respostas às anomalias detetadas.

Já numa fase final é importante considerar o acompanhamento da obra, atestando o papel da equipa técnica na resolução de problemas que possam surgir. Neste sentido, é importante considerar a postura dos intervenientes, nomeadamente ao nível do registo de informação (relatórios) para consulta futura, constituindo uma base de dados de grande utilidade para trabalhos de manutenção ou até mesmo novas intervenções.

1.3 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

A dissertação será organizada em 5 capítulos.

No capítulo 1 apresentam-se os conceitos introdutórios do trabalho a realizar, mencionando a metodologia a utilizar. O referido capítulo também consta a apresentação dos objetivos que se pretendem alcançar.

O capítulo 2 é constituído pelo enquadramento legislativo no domínio da reabilitação de edifícios, com especial atenção para documentação relevante na classificação e proteção dos bens imóveis de reconhecido valor cultural. Aqui constam as principais instituições nacionais e internacionais que atuam no domínio patrimonial para proteção de edifícios.

No capítulo 3 é estudada a tipificação construtiva dos edifícios antigos portugueses, procurando fazer uma apresentação dos diferentes métodos para realização de levantamentos de pré-existências arquitetónicas e estruturais, assim como análise de anomalias detetadas. É feita a distinção entre os diferentes tipos de ensaios existentes, e é procurada uma análise crítica daqueles que poderão ser utilizados no tipo de edifícios em estudo.

No capítulo 4 apresenta-se uma metodologia de intervenção para o caso particular de edifícios antigos com valor patrimonial, desdobrando-se sobre os diferentes aspetos fundamentais a considerar. É procurado salientar as condicionantes particulares a considerar em edifícios fortemente marcados pelo seu valor histórico.

No capítulo 5 são apresentadas as considerações finais, expondo-se as conclusões retiradas ao longo do estudo efetuado e possíveis desenvolvimentos futuros dentro do tema.

CAPÍTULO 2

ENQUADRAMENTO LEGISLATIVO

2.1 CARTAS DO PATRIMÓNIO

A problemática da conservação e restauro do património construído gerou preocupações ao longo do século XX, que resultaram na criação de inúmeras cartas e recomendações que incentivam a reflexão contínua dos técnicos responsáveis e implementação de boas práticas.

A reabilitação de edifícios com valor patrimonial é um tema complexo que obriga a implementação de um método de trabalho que responda as exigências atuais respeitando a herança cultural do edifício, cabendo às cartas do património funcionar como documentos de referência, estabelecendo diretrizes ao nível conceptual e critérios a respeitar.

As cartas, a seguir apresentadas, reúnem informações, de nível teórico, sobre a reabilitação de monumentos e revelam os aspetos mais problemáticos relacionados com o tema, procurando orientar a ação prática dos intervenientes. A data da publicação é um importante elemento de estudo no que diz respeito à evolução dos critérios defendidos numa determinada época, permitindo constatar como foi evoluindo o debate e reflexão em torno da conservação de bens culturais. Assim, são citadas por ordem cronológica aquelas que de certa forma constituíram um marco para a evolução do tema e que incitaram preocupações e respostas a questões que ainda hoje são fundamentais.

2.1.1 Carta de Atenas (1931)

A reabilitação de monumentos a partir dos anos 30 era pautada pelas regras introduzidas pela Carta de Atenas, que surgiu como a primeira norma internacional de maior relevo dedicada ao restauro, preservação e proteção do património edificado. Esta destacava a necessidade de abandonar as práticas de restauro descaracterizadores levadas a cabo na Europa do século XIX.

Referindo-se aos monumentos de confirmado valor histórico, artístico e cultural, esta Carta assume uma posição conservadora nas intervenções a realizar defendendo, sempre que possível, o respeito pela história do monumento a preservar. Aqui é manifestada a importância do estudo exaustivo do edifício e

sua envolvente, tanto de um ponto de vista técnico como cultural, como ponto de partida para as intervenções a realizar [18].

A utilização de novos materiais e tecnologias de reabilitação deficientes como soluções de consolidação e reforço de edifícios antigos, especialmente o betão armado, em detrimento de uma filosofia de compatibilidade, foi uma medida introduzida que mais tarde seria alvo de reflexão.

Ainda assim a utilização de novos materiais foi uma abordagem que beneficiou de desenvolvimentos ao longo dos anos, no entanto já partindo de opções mais racionais, refletivas e dentro do contexto que as técnicas tradicionais assumem.

2.1.2 Carta de Veneza (1964)

A primeira abordagem à problemática da reabilitação de edifícios por parte da Carta de Atenas constitui um marco importante, no entanto ao longo dos anos foram sendo manifestadas algumas lacunas nas diretrizes que a mesma estabelecia, uma vez que estava assente em conceitos generalizados que não permitiam analisar problemas mais complexos e distintos, surgindo a necessidade de aumentar e aprofundar os conhecimentos nela redigidos.

Deste empenhamento e interesse deu-se o II Congresso de Arquitetos e Técnicos de Monumentos Históricos na cidade de Veneza em Maio de 1964, resultando deste a Carta de Veneza que se focou em melhorar as especificidades da Carta de Atenas.

De um modo geral, a nova carta alargou o conceito de monumento histórico à sua envolvente, englobando todos os edifícios que evidenciassem algum tipo de significado cultural, assim como a lugares, urbanos ou rurais, que manifestem características de uma civilização particular ou de algum acontecimento histórico. Assim, foi incentivado não olhar para um monumento como um objeto de interesse único de um dado local, salientando a expressão própria de toda a envolvente dentro do contexto de valor cultural que é pretendido preservar [20].

Também é importante salientar que Carta de Veneza se baseia num conjunto de critérios baseados no conceito de conservação histórica que ainda, atualmente, são bastante importantes e alvo de reflexão. É exemplo disso a reversibilidade das intervenções, a intervenção mínima, a conservação da autenticidade e compatibilidade física e química entre os materiais a conservar e aqueles utilizados na intervenção. Esta carta assume uma postura mais flexível nas intervenções a efetuar, autorizando algumas alterações ao edifício desde que devidamente justificadas e que possam beneficiar a longo prazo a conservação do mesmo [20].

2.1.3 Carta Europeia de Património Arquitectónico (1975)

A Carta Europeia do Património Arquitectónico foi criada após a iniciativa do Conselho da Europa ter proclamado esse ano como o Ano Europeu do Património Arquitectónico, o que gerou esforços significativos em todos os países europeus para chegar ao público geral a consciencialização da importância dos valores culturais, sociais e económicos que os monumentos históricos representam.

A reconhecida necessidade de estabelecer uma abordagem completa e unificada do assunto e criar uma linguagem comum que declare os princípios gerais em que deve ser baseada a ação das autoridades responsáveis e do público em geral, representa um dos principais objetivos desta carta europeia. Esta procura garantir uma nova filosofia europeia de salvaguarda do património e vem confirmar, numa conceção dinâmica e abrangente, a noção de património arquitectónico. Tal como introduzido na Carta de Veneza, a Carta Europeia de Património Arquitectónico reafirma a importância de considerar o património arquitectónico como um conjunto, isto é, monumento e envolvente [21].

2.1.4 Carta Internacional para Salvaguarda das Cidades Históricas (1987)

Em 1987, foi publicada pelo ICOMOS (Internacional Council on Monuments and Sites) a Carta Internacional sobre a Salvaguarda das Cidades Históricas, também conhecida como Carta de Washington. Esta Carta foca-se essencialmente na importância das cidades, vilas e centros históricos como elementos de expressão material da diversidade das sociedades nelas presentes através da história, e que por isso têm valores próprios a preservar. Este texto vem complementar a Carta de Veneza, definindo princípios, objetivos, métodos e instrumentos de atuação adequados à salvaguarda de bens históricos com o intuito de garantir uma memória da Humanidade para as gerações futuras [22].

2.1.5 Declaração de Nara sobre a Autenticidade do Património Cultural (1994)

O Documento de Nara sobre a Autenticidade é concebido no espírito da Carta de Veneza, salientando através de um ponto de vista mais atual a importância da diversidade do património cultural no mundo contemporâneo.

Neste documento a autenticidade, tal como evidenciado na Carta de Veneza, surge como o fator qualitativo essencial para atribuição de valores. Cabe a cada cultura reconhecer a natureza específica dos seus valores patrimoniais assim como a credibilidade e fiabilidade das fontes de informação, nos quais irão assentar os estudos científicos a realizar neste campo. Esta avaliação engloba aspetos como a conceção e forma, materiais utilizados, uso e função, tradição e técnicas, meio envolvente e evolução histórica.

De um modo geral é pretendido reconhecer cada obra como um caso particular, excluindo procedimentos uniformizados e juízos de valor baseados em critérios fixos, procurando pelo contrário julgar a mesma dentro do contexto cultural em que está inserida. O respeito pela diversidade cultural assume aqui um papel fundamental, sublinhando um princípio fundamental da UNESCO: o património cultural de cada um é o património cultural de todos.

2.1.6 Carta de Cracóvia (2000)

Sendo a última das cartas do património publicadas, a Carta de Cracóvia contempla a temática da conservação e restauro do Património, estabelecendo diretrizes que são considerados até aos dias de hoje.

É um documento normativo, guia para as intervenções a realizar, que destaca o respeito e preservação das pré-existências acima de qualquer outro interesse. Esta preocupação ganhou notoriedade uma vez que a autenticidade do edifício teria sido um dos valores mais negligenciado aos longos dos anos, comprometendo a garantia de continuidade dos valores únicos que o edifício carrega para as gerações futuras. Assim, a manutenção do património arquitetónico, urbano e paisagístico, assim como os elementos que o compõem, deverá ser alvo de um conjunto de operações de conservação, reparação e restauro a título pontual mas contínuo, de modo a que possam ser evitadas ao máximo, quaisquer ações mais intrusivas necessariamente descaracterizadoras para objeto original [43]. Neste sentido, a importância do projeto de restauro com as estratégias para a conservação a longo prazo é alvo de reflexão, sendo bastante mencionado ao longo do documento:

“A conservação do património é realizada segundo o projeto de restauro, que inclui a estratégia para a sua conservação a longo prazo. Este “projeto de restauro” deverá basear-se numa série de opções técnicas apropriadas e preparadas num processo cognitivo que integre a recolha de informação e o conhecimento profundo do edifício e ou a sua localização. Este processo inclui o estudo estrutural, análises gráficas e de volumetria bem como a identificação do seu significado histórico e sócio cultural (...)” [19].

A carta apresenta ainda preocupações no que diz respeito à necessidade de expansão da diversidade de valores fundamentais, de forma a evitar conflitos de interesse e assim minimizar e atualizar práticas obsoletas que se vinham a introduzir na conservação e restauro do património. Requerendo de todos os responsáveis pela salvaguarda do património cultural uma maior atenção aos problemas e decisões a serem tomados para prosseguimento dos seus objetivos, nesta carta cada comunidade é responsável pela salvaguarda dos seus valores culturais, do seu passado, pela gestão e identificação do seu património. Culminando no reunir de saberes organizados durante os anos, o objetivo principal desta carta é a conservação do património arquitetónico, urbano e paisagístico, sem esquecer o meio envolvente, efetuando para isso intervenções de manutenção, restauro, renovação, reparação e reabilitação [19].

2.2 LEGISLAÇÃO PORTUGUESA

A implantação da República em 1910 foi determinante na implementação de novos quadros legais, reorganização dos serviços artísticos e arqueológicos e oficialização em lei da primeira lista oficial dos Monumentos Nacionais. Este processo permitiu alargar bases de análise e estudo do património, ultimando na criação de entidades dedicadas à temática de proteção e conservação de edifícios com valor patrimonial. A publicação ao longo dos anos de diversos Decretos-Lei que, de modo progressivo, foram estabelecendo diretrizes para atuação das referidas entidades, revelando a importância dada as medidas de recuperação do património, cuja expansão se tornou clara ao longo de todo o século XX [43].

Não é pretendido neste capítulo fazer uma análise da evolução da legislação portuguesa no domínio da proteção e conservação de edifícios, mas sim destacar aquelas que se encontram em vigor e que por isso são importantes levar em consideração em qualquer intervenção atual.

2.2.1 Decreto-Lei n.º 107/2001

O Decreto-Lei n.º 107/2001 de 8 de Setembro revogou o Decreto-Lei n.º 13/85 de 6 de Julho (Lei do Património Cultural Português) e contém as bases da política e do regime de proteção e valorização do património cultural. O reconhecimento patrimonial surge de acordo com a sensibilidade, formação cultural e valores expressos e transmitidos pelo bem à comunidade onde estão inseridos.

A classificação de bens imóveis é um ato de tipo administrativo pautado pelo DL nº 107/2001, que estabelece se um determinado bem possui estimável valor cultural e se deve ter especial proteção e valorização. Os bens imóveis são classificados em categorias de classificação (categoria de Monumento, Conjunto ou Sítio), de acordo com o seu interesse e importância cultural para o país e nos termos em que estas categorias se encontram definidas no direito internacional. Em todas as categorias mencionadas, estas podem ser classificados como sendo de Interesse Nacional, Público e Municipal [38].

Entende-se por Monumento as *“obras de arquitetura, composições importantes ou criações mais modestas, notáveis pelo seu interesse histórico, arqueológico, artístico, científico, técnico ou social, incluindo as instalações ou elementos decorativos que fazem parte integrante destas obras, bem como as obras de escultura ou de pintura monumental”* [39]. É exemplo de bem imóvel classificado na categoria de Monumento a Torre dos Clérigos (Monumento de Interesse Nacional).

O termo Conjunto engloba, por definição, *“agrupamentos arquitetónicos urbanos ou rurais de suficiente coesão, de modo a poderem ser delimitados geograficamente, e notáveis simultaneamente, pela sua unidade ou integração na paisagem e pelo seu interesse histórico, arqueológico, artístico, científico ou social”* [39]. São exemplos típicos de Conjuntos os centros históricos, aglomerados tradicionais, bairros típicos, pátios, etc.

A classificação em categoria de Sítio está destinada a *“obras do homem ou obras conjuntas do homem e da natureza, espaços suficientemente característicos e homogêneos, de maneira a poderem ser delimitados geograficamente, notáveis pelo seu interesse histórico, arqueológico, artístico, científico ou social”* [39]. É exemplo desta categoria a Estação Arqueológica de Tongóbriga.

De salientar que a classificação alarga ainda o seu âmbito estratégico através da constituição de zonas gerais e especiais de proteção, servidões administrativas nas quais não podem ser concedidas licenças para obras de construção sem prévio parecer favorável da administração do património cultural competente, e que podem incluir zonas onde é proibido qualquer tipo de construção.

Os bens imóveis em vias de classificação beneficiam automaticamente de uma zona geral de proteção (ZGP) de 50 m, contados a partir dos seus limites externos, que vigora a partir da data da decisão de abertura do procedimento de classificação, ou de uma zona especial de proteção provisória (ZEPP), fixada quando a zona geral de proteção se revele insuficiente ou desadequada para a proteção e valorização do bem imóvel a classificar, e cuja amplitude será a adequada em função da proteção e valorização do bem imóvel [38].

Os bens imóveis classificados beneficiam de uma zona especial de proteção (ZEP) que pode ser estabelecida em simultâneo com a decisão final do procedimento de classificação, ou fixada no prazo máximo de 18 meses a contar da data da publicação da decisão final do mesmo, revestindo a forma de portaria, e que é obrigatória no caso dos monumentos, mas facultativa (quando se considere indispensável para assegurar o enquadramento arquitetónico, paisagístico e a integração urbana, bem como as perspetivas de contemplação) no que respeita a conjuntos e sítios [38].

Os efeitos da zona geral de proteção ou da zona especial de proteção provisória de um bem imóvel classificado, de interesse nacional ou de interesse público, mantêm-se até à publicação da respetiva zona especial de proteção. A zona especial de proteção assegura o enquadramento paisagístico do bem imóvel e as perspetivas da sua contemplação, abrangendo os espaços verdes que sejam relevantes para a defesa do respetivo contexto [38].

2.2.2 Decreto-Lei n.º 138/2009

O Decreto-Lei n.º 138/2009 de 15 de Junho contempla a constituição do Fundo de Salvaguarda do Património Cultural que, de acordo com o determinado na Lei nº 107/2001 de 8 de Setembro, estabelece a criação um fundo público para os bens culturais.

Este fundo tem como principais objetivos a resolução de problemas afetos ao património cultural, mais concretamente as necessidades de salvaguarda de bens culturais em situações de emergência, mas

também para a possibilidade de uma política programada de aquisição, reabilitação, conservação e restauro de bens de relevante interesse cultural [40].

2.2.3 Decreto-Lei n.º 309/2009

O Decreto-Lei n.º 309/2009 de 23 de outubro, em vigor desde 1 de janeiro de 2010, regulamenta a tramitação do ato de classificação. Este estabelece o papel do Estado na proteção e valorização do património cultural, definindo o procedimento de classificação de bens culturais imóveis, o regime das zonas de proteção e o estabelecimento das regras para a elaboração do plano de pormenor de salvaguarda. No seguimento do estipulado na Lei n.º 107/2001, que estabelece as bases da política e do regime de proteção e valorização do património, o DL n.º 309/2009 define o percurso do procedimento administrativo de classificação a adotar. Promove ainda a compatibilização da proteção do património cultural com o ordenamento do território [42].

2.2.4 Decreto-Lei n.º 149/2015

O Decreto-Lei n.º 149/2015 de 4 de agosto estabelece o Regime Jurídico de Salvaguarda do Património Imaterial, procedendo a alterações no Decreto-Lei n.º 139/2009 de 15 de junho que se encontrava em vigor. O referido artigo, desenvolvido no seguimento da Lei n.º 107/2001, implementou um sistema de proteção legal do património cultural imaterial, através da criação de uma base de dados de acesso público denominada “Inventário Nacional do Património Cultural”, que suporta a realização do procedimento de inventariação do património cultural imaterial de forma integralmente desmaterializada, com recurso às tecnologias de informação [41].

2.3 ENTIDADES REGULADORAS

2.3.1 Direção Geral do Património Cultural (DGPC)

A criação da Direção Geral do Património Cultural sucede ao Instituto de Gestão do Património Arquitetónico e Arqueológico, I. P. (IGESPAR) na missão de assegurar a gestão, salvaguarda, valorização, conservação e restauro dos bens que integrem o património cultural imóvel, móvel e imaterial do País, bem como desenvolver e executar a política museológica nacional.

Segundo o Decreto-Lei n.º 115/2012 de 25 de maio, o DGPC representa um serviço central da administração direta do Estado, dotado de autonomia administrativa, salientando-se seguintes atribuições:

- Assegurar o cumprimento das obrigações do Estado no domínio do inventário, classificação, estudo, conservação, restauro, proteção, valorização e divulgação do património cultural imóvel;
- Propor a classificação de bens imóveis, de interesse nacional e de interesse público, e a fixação das respetivas zonas especiais de proteção;
- Elaborar, em articulação com as respetivas Direções Regionais de Cultura, planos, programas e projetos para a execução de obras e intervenções de conservação, recuperação, restauro e valorização, em imóveis classificados ou em vias de classificação do Estado, bem como proceder à respetiva fiscalização ou acompanhamento técnico;
- Assegurar a gestão e valorização do património cultural arquitetónico e arqueológico que lhe esteja afeto e promover, executar e fiscalizar as obras ou intervenções necessárias a esse fim;
- Definir e difundir metodologias e procedimentos, no âmbito da salvaguarda e valorização dos bens culturais imóveis, das diversas componentes da prática museológica, da salvaguarda do património imaterial, bem como autorizar, acompanhar e supervisionar tecnicamente os projetos de intervenção em património cultural nas áreas da salvaguarda, conservação e restauro;
- Autorizar, nos termos da lei, os planos, projetos, trabalhos, alterações de uso e intervenções de iniciativa pública ou privada a realizar em imóveis classificados ou em vias de classificação, designadamente monumentos, conjuntos e sítios.

2.3.2 Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (UNESCO)

A UNESCO é uma instituição criada pela ONU em 1945, com o intuito de assegurar o respeito universal pela justiça, pela lei, direitos do Homem e pelas liberdades fundamentais, incentivando a colaboração entre nações em vários domínios como a educação, ciência e cultura.

É responsável pela realização de inúmeras Convenções e Recomendações a nível mundial, sendo a entidade classificadora dos imóveis com Valor de Património Mundial da Humanidade e pela consideração do vasto valor cultural do imóvel a nível planetário. O reconhecimento de um imóvel como Património Mundial das Humanidades pressupõe que a perda de parte ou total de um imóvel classificado com este critério, representa uma perda cultural de valores para a humanidade. Existe em Portugal alguns exemplos de imóveis cujos valores são reconhecidos e classificados internacionalmente, como por exemplo a Torre de Belém e o Mosteiro dos Jerónimos.

2.3.3 International Council of Monuments and Sites (ICOMOS)

Contribuindo muitas vezes nas mais diversas áreas de atuação com a UNESCO, o ICOMOS é uma organização não-governamental que agrupa pessoas e instituições que se dedicam ao âmbito da conservação de monumentos, conjuntos e sítios históricos.

Os seus principais objetivos são: promover a conservação, a proteção, a utilização e a valorização dos monumentos, conjuntos e sítios. Esta entidade funciona com um papel de consultadoria, no âmbito da construção da Lista do Património Mundial e na preparação de recomendações. Neste sentido, a Carta do ICOMOS [60] estabelece os “Princípios para a análise, conservação e restauro estrutural do património arquitetónico”, apontando para a necessidade de preservar a autenticidade do património não só *“na sua aparência, mas também na integridade de todos os seus componentes como produto único da tecnologia de construção específica do seu tempo”*.

CAPÍTULO 3

REABILITAÇÃO DO PATRIMÓNIO EDIFICADO

3.1 DEFINIÇÕES E PRINCÍPIOS GERAIS

No que diz respeito a recuperação de um determinado edifício ou apenas elementos construtivos, ainda é bastante comum surgirem dúvidas no que diz respeito às diferenças entre os conceitos de manutenção, conservação e reabilitação, sendo importante reconhecer e descrever as diferenças entre eles de maneira a facilitar a compreensão de cada um deles, assim como as tarefas inerentes à realização dos mesmos. A manutenção é o conjunto de operações que garantem o bom funcionamento do edifício, privilegiando tarefas como limpezas, pinturas e pequenas reparações. Por sua vez, a conservação procura prolongar o tempo de vida de um edifício através de um conjunto de intervenções regulares e periódicas que garantem a sua manutenção, salvaguardando muitas vezes o valor histórico. Neste ponto é importante salientar a intervenção mínima e salvaguarda dos materiais originais, com o fim de assegurar a autenticidade estética e histórica do edifício. A reabilitação apresenta-se como um conceito mais complexo e conseqüentemente mais alargado que os restantes, pois procura a resolução das patologias existentes através de soluções que permitam aumentar não só a qualidade mas também a funcionalidade do edifício [4].

As escolhas efetuadas, principalmente no que diz respeito aos edifícios com valor patrimonial, devem assentar na filosofia geral de respeito pelas condicionantes pré-existentes procurando a sua preservação. Entende-se por edifício com valor patrimonial (monumentos, edifícios históricos, etc.) toda a construção que, pela sua grandiosidade ou pelo que representa para os povos ou local onde se encontra inserido, é fator de identidade [63]. De acordo com Feilden [46] “ (...) um edifício histórico é aquele que nos proporciona um sentimento de admiração e nos faz querer saber mais sobre o povo e a cultura que o produziram. Ele possui valor arquitetónico, estético, histórico, documental, arqueológico, económico, social e também político e espiritual ou simbólico; mas o primeiro impacto é sempre emocional, porque ele é um símbolo da nossa identidade e continuidade cultural – uma parte da nossa herança (...)”.

Para Lopes [63] a relevância dos edifícios com valor patrimonial relativamente a um edifício dito “normal” obriga, na aplicação das metodologias de intervenção, a um cuidado e uma responsabilidade acrescidas na tomada de decisão e na recolha dos elementos de apoio a essa decisão. De um modo geral, a

necessidade de reabilitação em edifícios é motivada por um conjunto de circunstâncias que pautam a maior ou menor urgência das intervenções a efetuar. Neste domínio salientam-se as seguintes:

- a) Existência de anomalias visíveis no edifício;
- b) Danos após um evento particular que afete a estabilidade do edifício (Terramoto, etc.);
- c) Alteração para condições mais severas no tipo de uso para o edifício;
- d) Aumento das ações atuantes.

As dificuldades inerentes à reabilitação de edifícios prendem-se com a necessidade de encontrar soluções que representem melhorias significativas dos padrões de desempenho funcional e construtivo e que se aproximem dos parâmetros de qualidade estabelecidos na regulamentação atual. No caso dos edifícios possuidores de valor patrimonial, acrescem ainda dificuldades quanto ao cumprimento dos requisitos necessários à salvaguarda do valor associado ao edifício, em que a desejada manutenção das técnicas e sistemas construtivos tradicionais constituem um desafio adicional. As condições de conservação e reduzida capacitação técnica dos intervenientes são uma agravante que provoca muitas vezes a adoção de soluções incorretas que podem afetar em larga escala a qualidade da intervenção, com danos permanentes para o edifício [4].

Para a melhor compreensão das origens das técnicas de construção tradicionais e respetivos sistemas construtivos, importa aqui salientar o que se entende por edifício antigo, que segundo Appleton [4] trata-se de *“aquele que foi construído antes do advento do betão armado como material estrutural dominante (até ao início dos anos 40 do séc. XX), ou seja, antes do aparecimento do cimento Portland, recorrendo portanto a materiais e tecnologias tradicionais para a construção dos diferentes elementos constitutivos, materiais e técnicas que têm origem quase perdida no tempo, mas que foi herdada, e nem sempre bem compreendida e aplicada, da tradição romana de construir”*.

Geralmente alvo de poucas ou nenhuma intervenções de manutenção e conservação, os edifícios antigos têm habitualmente inúmeros focos de anomalias decorrentes da natural degradação dos materiais e inevitável envelhecimento. A sua reabilitação implica um processo com maior complexidade do que a demolição ou reconstrução de um edifício novo, que à partida não tem, por exemplo, valores culturais e artísticos a ser preservados. Portanto, a reabilitação implica planeamento e um cuidado estudo que atenda às necessidades estéticas e de segurança impostas, levando em consideração fatores como a necessidade da preservação dos elementos e a falta de conhecimento da natureza dos elementos construtivos existentes.

A inspeção do edifício avaliando as condições de conservação, resistência dos elementos estruturais existentes, materiais utilizados e levantamento das anomalias, caracterizando-as detalhadamente, representa um ponto de partida de máxima exigência. A organização e análise de toda a informação

recolhida deverá constituir a base para as medidas de intervenção a adotar na reabilitação, para que seja possível iniciar a execução dos trabalhos.

3.2 CARACTERIZAÇÃO E TIPIFICAÇÃO CONSTRUTIVA PORTUGUESA

Até aos anos 30 do século XX, os edifícios portugueses eram construídos utilizando, fundamentalmente, na sua estrutura alvenarias de pedra e de tijolo e madeira. No caso particular da madeira, era considerada um material omnipresente um pouco por toda a estrutura do edifício, nomeadamente na constituição das estruturas de coberturas em telhado, pavimentos e tetos, sendo a alvenaria reservada para as construções do clero e da nobreza. Estes hábitos construtivos foram introduzidos no início do século XVI e mantiveram-se até à vulgarização do betão armado. [17].

Appleton [4] afirma que se recorreu sempre sistematicamente aos mesmos materiais, permanecendo padrões comuns na construção de edifícios centrados no uso de um pequeno número de materiais dominantes naturais e sujeitos a ligeiras transformações. A madeira, a pedra, a areia, o barro e cal foram assim utilizadas ao longo do tempo, sem grandes alterações, e mesmo o desenvolvimento da produção industrial do ferro e do aço a partir do século XIX, não se traduziu, no nosso País, em alterações substanciais dos hábitos construtivos.

Assim, através do estudo de um pequeno número de materiais e elementos de construção de edifícios antigos (anteriores ao betão armado), é possível estabelecer um padrão construtivo comum que permitirá explorar de forma clara como se comporta a generalidade destes edifícios.

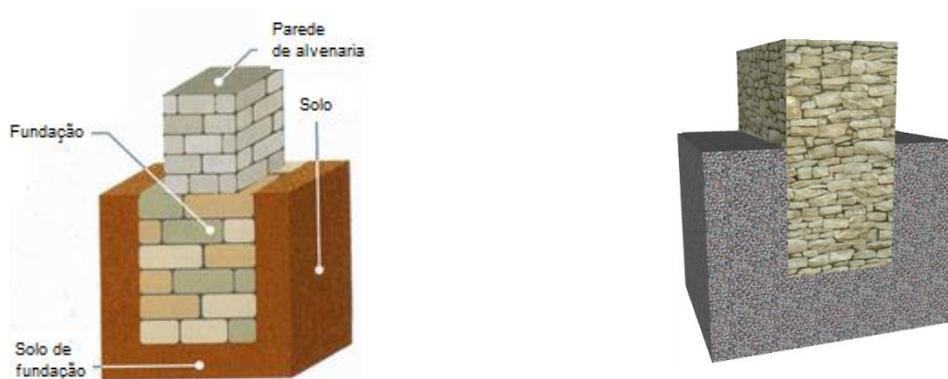
3.2.1 Fundações

As fundações dos edifícios antigos são, por norma, constituídas por sapatas isoladas (para pilares) ou contínuas (para paredes), de alvenaria de pedra ou tijolo, com constituição idêntica à das paredes resistentes. Estas podem ser divididas em três tipos [4]:

- Fundações diretas, em alvenaria de pedra e constituídas pelo simples prolongamento, até ao terreno, das próprias paredes resistentes;
- Fundações semi-diretas, constituídas por poços de alvenaria de pedra, encimados por arcos de alvenaria de pedra ou de tijolo;
- Fundações indiretas, constituídas por estacarias de madeira, atravessando aterros e formações recentes e atingindo estratos profundos de solo resistente.

Este elemento é responsável pela transmissão dos esforços impostos pela superestrutura ao terreno de fundação, devendo este ter capacidade resistente suficiente para absorver os mesmos e garantir a estabilidade. Considerando a resistência do solo de fundação, as fundações diretas (Figura 3.1) podem ter

duas configurações: com sobrelargura e sem sobrelargura. Uma vez que a fundação pode ser vista como o elemento de transição entre a alvenaria da parede e o terreno, e sendo este o elemento menos resistente, a sobrelargura mencionada garante uma área de contacto superior para a mesma força de compressão, diminuindo a tensão exercida pela parede no solo. Conforme ilustrado na Figura 3.1 a), nestes casos a respetiva fundação pode ser realizada recorrendo a uma alvenaria mais pobre uma vez que se trata de um elemento de transição entre o elemento mais resistente (parede de alvenaria) e outro menos resistente (solo de fundação). A utilização da sobrelargura pode não ser necessário caso o solo de fundação seja muito resistente e apresenta boa coesão e capacidade de carga (Figura 3.1 b)). São exemplo as rochas graníticas, calcárias ou basálticas comuns em cidades como o Porto e Lisboa, cuja resistência é de tal forma assinalável que pode ser considerada maior do que a resistência da própria alvenaria [4].



a) Fundação direta com sobrelargura [4].

b) Fundação direta sem sobrelargura [71].

Figura 3.1 - Fundação direta.

Nos casos em que o terreno de fundação não se encontra à superfície, é necessário prolongar as escavações até encontrar as camadas resistentes. Nestes casos, uma das soluções pode passar pela execução de caves de tal forma que o pavimento inferior esteja situado a uma cota que permita a execução de fundações diretas. A este propósito, e em cidades marcadas pelo seu relevo característico (exemplo de Porto e Lisboa), a execução de caves era uma solução corrente que apresentava uma lógica construtiva inquestionável, não só do ponto de vista do equilíbrio do edifício mas também como resposta à existência de camadas pobres de terreno de fundação [4].

Uma alternativa à execução de caves consistia na escavação localizada do solo, realizando poços com profundidade suficiente que permita atingir as camadas resistentes do terreno de fundação (Figura 3.2). Estes poços eram realizados em boa alvenaria de pedra que garantia resistência mecânica suficiente para suportar a execução de arcos sobre os quais nasciam as paredes estruturais [71].

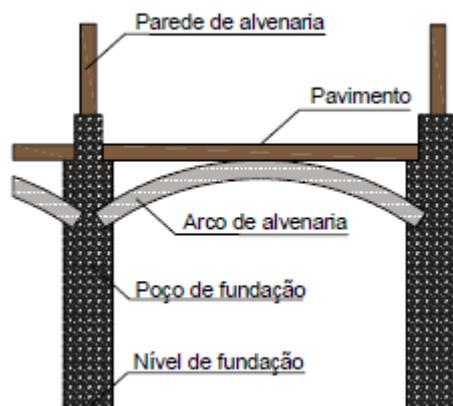


Figura 3.2 - Fundação semi-direta com poços e arcos.

Esta solução de fundação semi-direta era manifestamente mais económica uma vez que evitava a escavação geral do terreno a grande profundidade e eliminava ainda as dificuldades de estabilização de taludes, conseguidas com recurso a muros de gravidade.

A utilização de fundações indiretas com recurso a cravação de estacaria de madeira trata-se de uma solução que obriga a existência de camadas brandas e regulares que facilitem o processo de cravação da estaca, sendo por isso bastante utilizada em zonas inundadas junto de rios ou lagos cujo tipo de terreno geralmente lodoso facilita a aplicação de estacas [71].

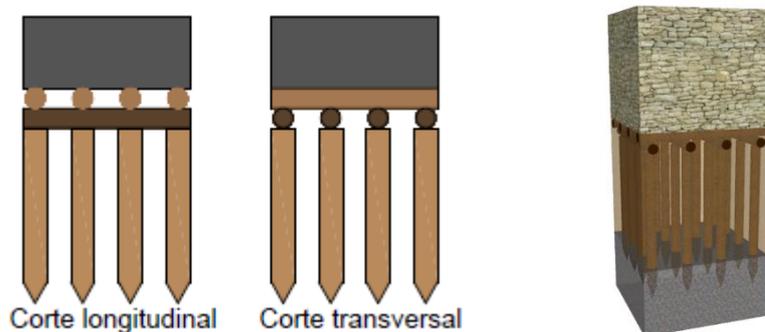


Figura 3.3 - Fundação indireta constituída por estacaria de madeira [71].

É uma solução com grandes limitações impostas não só pela natureza do solo que a estaca tem de atravessar, mas também pela resistência da própria estaca. Por exemplo na ocorrência de estratos muito rígidos, a destruição da ponta das estacas é um risco que está sempre bastante presente.

3.2.2 Paredes resistentes

As paredes resistentes têm um papel central na segurança estrutural do edifício, nomeadamente em termos de resistência a cargas verticais de natureza gravítica e também forças horizontais como por

exemplo o vento e os sismos. Podem existir paredes resistentes exteriores (alvenaria de pedra) e interiores (paredes de frontal) [4].

As paredes resistentes exteriores, identificadas na linguagem corrente como paredes-mestras (Figura 3.4), apresentam grandes espessuras e são constituídas por materiais heterogêneos, que definem elementos rígidos e pesados cuja principal característica mecânica consiste na reduzida ou até nula resistência à tração, mas boa resistência à compressão. Assim, estas paredes têm características estruturais evidentes, uma vez que são capazes de equilibrar forças horizontais derrubadoras e diminuir a instabilidade por encurvadura. Têm ainda um papel preponderante na proteção do interior habitado, dos agentes atmosféricos exteriores (ação da água, radiação solar, etc.).

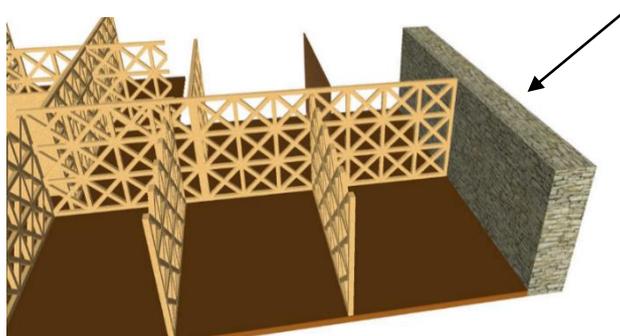
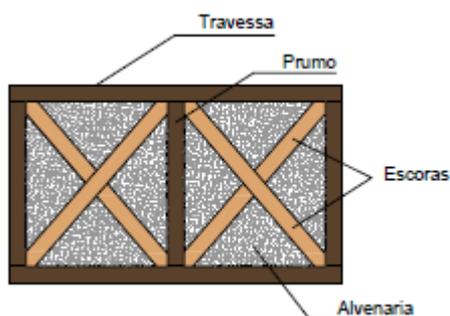


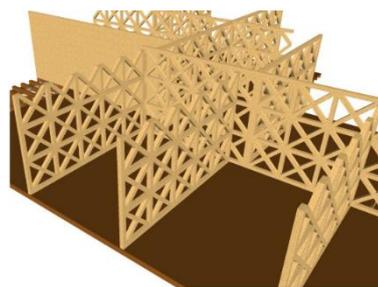
Figura 3.4 - Parede resistente de alvenaria de pedra [71].

Podem existir diferenças entre paredes exteriores impostas por condicionantes de cariz regional ou mesmo local, no que diz respeito à disponibilidade dos materiais, o peso das paredes e valor unitário dos materiais constituintes. Salienta-se aqui que estas condicionantes eram imperativas na redução dos tempos e custos de transporte, que na altura se apresentavam como um dos maiores problemas na construção de edifícios. Neste domínio, é conhecida a predominância do uso do granito nas zonas ricas nesta rocha (Trás-os-Montes, Beiras, Douro Litoral), do xisto no Douro e também nas Beiras, dos calcários na Região de Lisboa e em certas zonas dos Alentejo e Beira Litoral [4].

Relativamente às paredes de frontal, eram constituídas por uma estrutura cruciforme de madeira, preenchidas com alvenaria de tijolo ou de pedra miúda (Figura 3.5). Estas paredes estabelecem ligação com as paredes-mestras e pavimentos para que possam resistir em conjunto aos mais variados tipos de esforços, e eram frequentemente utilizadas como paredes exteriores de edifícios com andar de resalto [4] [71].



a) Representação esquemática parcial de alçado de parede de frontal.



b) Exemplo disposição espacial de paredes de frontal num edifício [71].

Figura 3.5 - Paredes de Frontal.

A execução de aberturas nas paredes, para realização de portas e janelas, pressupõe um conhecimento da natureza da própria parede e dos seus materiais constituintes, no sentido de garantir que a dimensão da abertura não compromete a segurança estrutural. Conforme descrito por Appleton [4], sabe-se empiricamente e também através da aplicação dos critérios de análise experimental e de análise matemática, que nestas zonas singulares das paredes ocorrem grandes concentrações de esforços, responsáveis pelos danos observados, por exemplo, quando da ocorrência de sismos intensos. O reforço da periferia da abertura era realizado com recurso a um elemento horizontal – lintel, verga ou padieira – que atravessa toda a extensão da abertura e apoia as suas extremidades na parede (Figura 3.6).



Figura 3.6 - Lintel em granito [109].

A escolha do material constituinte do lintel (madeira ou pedra) está na maior parte dos casos relacionada com o tipo de construção e disponibilidade do material. A utilização de perfis de madeira é mais usual na construção rural e menos habitual em edifícios urbanos. O recurso a lintéis de pedra é conseguida em zonas em que existe pedra de boa qualidade em grandes dimensões, que pode ser talhada ou utilizada conforme extraída, com o mínimo de tratamento.

A evolução da construção evidenciou as limitações de natureza estrutural que as soluções anteriormente descritas apresentavam, surgindo assim os arcos de descarga que são um exemplo claro da melhoria da técnica construtiva [4].



a) Arco em blocos de pedra talhada [55].



b) Arco em tijolo maciço ao cutelo [28].

Figura 3.7 - Arcos de descarga.

Os arcos de descarga podem ser realizados em pedra ou tijolo maciço (Figura 3.7). O primeiro caso está associado com a construção mais rica, sendo a pedra talhada com forma variável de acordo com a intenção de arco mais ou menos abatido.

3.2.3 Pavimentos

A madeira constituiu o principal material utilizado na execução de pavimentos elevados, tanto em elementos estruturais como elementos não estruturais. Responsáveis pela definição dos pisos de um edifício, a sua estrutura é composta por vigamentos em troncos de madeira, paralelos entre si com distâncias variáveis entre 0,20m e 0,40m, que juntamente com outros elementos secundários, designados por tarugos e cadeias, formam um conjunto homogéneo que possibilita o apoio do soalho do pavimento na face superior, e na face inferior o teto do piso abaixo (Figura 3.8) [4]. Segundo Segurado [89], as vigas, tarugos e cadeias estão incluídas nas “*obras de tosco*”, que são “*todos os trabalhos de madeira em que esta era apenas serrada, sem apresentar outro aparelho e destinada a ficar embebida nas alvenarias, ou pelo menos, a não ficar à vista*”. Por sua vez, os elementos que ficavam à vista e que eram alvo de um acabamento mais cuidado, como por exemplo os soalhos, eram designados por “*carpintaria de obra branca*”. As espécies de madeira mais frequentemente utilizadas nas vigas eram o castanho e o carvalho (edifícios mais antigos), prosseguindo a evolução para a casquinha e o pitespaine e mais tarde o pinho e eucalipto.

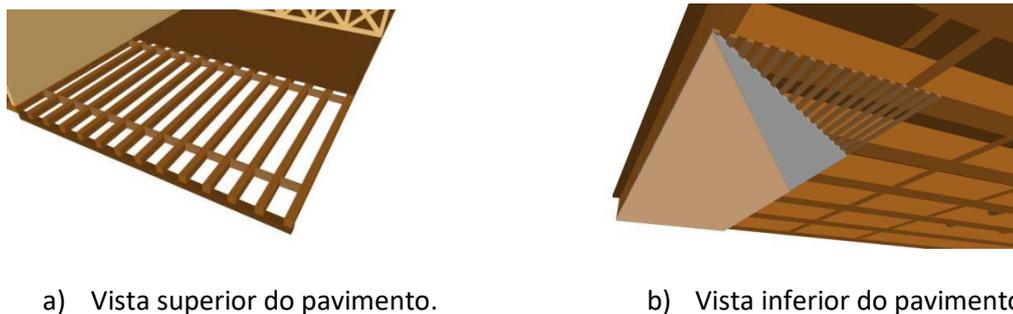


Figura 3.8 - Esquema geral de pavimento [71].

Os pavimentos são considerados o elemento estrutural responsável pelo contraventamento dos elementos estruturais verticais, pelo suporte dos elementos de compartimentação e pela resistência às solicitações impostas pela utilização. A par das paredes resistentes, estes representam o elemento estrutural cujo dimensionamento e execução exigia maiores cuidados. Teixeira [96] afirma que a ligação pavimento-parede era conseguida pelas extremidades dos vigamentos, designadas por entregas, apoiadas ou encastradas nas paredes resistentes (Figura 3.9). Esta ligação é feita idealmente com a viga a apoiar em cerca de $2/3$ da espessura total da parede. Acrescenta-se ainda os casos em que a parede resistente dispõe de frechal (Figura 3.9 b)), peça de madeira que coroa a parede, fazendo-se a ligação através deste elemento que, por sua vez, é cuidadosamente ancorado à parede, através de pregagem, ou recorrendo a tirantes de madeira embebidos nas paredes.

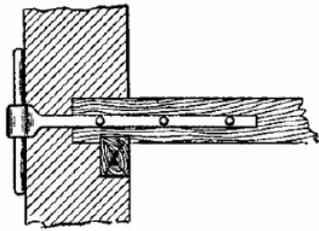


a) Apoio de viga de madeira em parede de alvenaria de pedra (resistente).
b) Apoio de pavimento-parede através de frechal existente na parede.

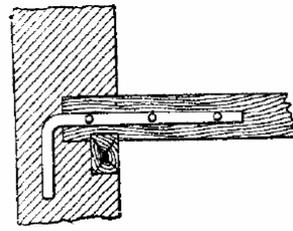
Figura 3.9 - Ligação de apoio de pavimento-parede (adaptado de [4]).

Segurado [89] salienta ainda a utilização de ferrolhos metálicos como solução de reforço para a ligação pavimento-parede e melhoria no travamento geral da estrutura (Figura 3.10). Estas peças metálicas consistem em barras achatadas de ferro de configurações variáveis, com furos para pregar ou aparafusar às vigas de madeira. Quando faziam ligação à face exterior da parede, estes ferrolhos terminavam num olhal no qual se enfiava um vergalhão (designado chaveta) (Figura 3.10 a)), que efetuava a ancoragem nesta face de modo a mobilizar forças de atrito e de compressão. Nos casos em que tal não era possível,

eram utilizados ferrolhos de esquadro, cuja barra era dobrada em ângulo reto e embutida na parede (Figura 3.10b)).



a) Ferrolho com ligação à face exterior da parede.



b) Ferrolho de esquadro.

Figura 3.10 - Ferrolho metálico [89].

Este acessório permitia conferir ao pavimento uma maior solidez, diminuindo deformações e vibrações, e colaborava na garantia de estabilidade das paredes, ajudando no seu travamento na direção fora do seu plano.

Ainda sobre os métodos construtivos para pavimentos, Appleton [4] alerta para a existência de um número considerável de casos em que o principal elemento da estrutural do pavimento é constituído por arcos de abóbadas de alvenaria. Sendo uma alternativa à madeira, era frequente a utilização deste método em construções de maior nobreza, em que era imperativo dispor de soluções mais duráveis e capazes de satisfazer as maiores exigências quanto a vãos livres.

O mesmo autor afirma que *“nestes casos sobre os arcos e abóbadas de alvenaria eram colocadas os revestimentos, com recurso a dois tipos de soluções: a primeira possibilidade consiste na criação de uma estrutura de madeira, apoiada nos elementos de alvenaria, construindo um vigamento que serve de apoio ao soalho. Em alternativa, o enchimento do arco com entulho selecionado, como areia argilosa, terra ou pedra solta, sobre o que se coloca uma camada de argamassa que serve de base para o assentamento do soalho ou, preferencialmente, de lajedos de pedra ou de placas de materiais cerâmicos”* (Figura 3.11) [4].

Relativamente aos pavimentos térreos, também parte integrante dos edifícios antigos, eram constituídos por pedra aparelhada ou terra batida, sendo aplicada uma camada de revestimento e desgaste em pedra, sobrados de madeira, ladrilhos ou tijoleira cerâmica.

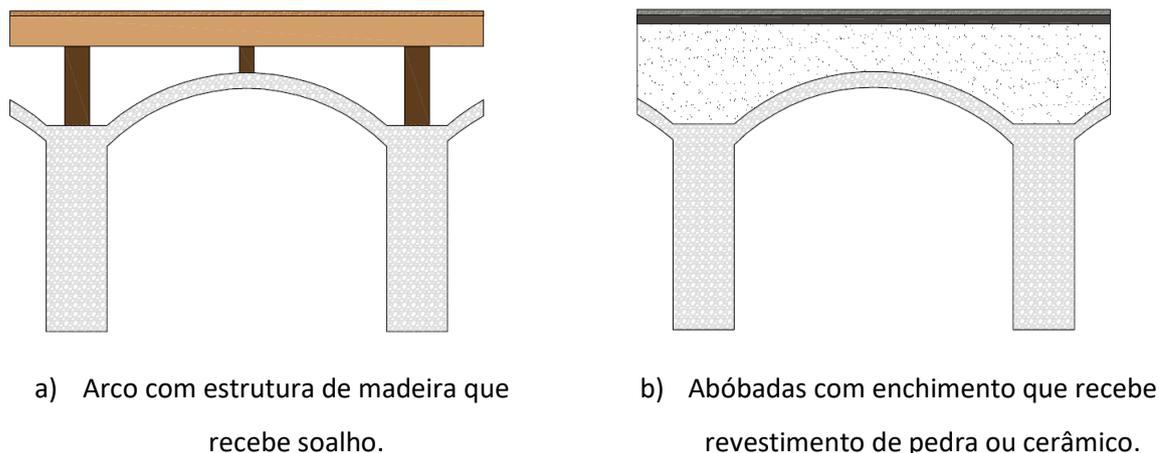


Figura 3.11 - Estrutura de pavimento constituída por arco e abóbada de alvenaria.

3.2.4 Coberturas

As soluções de coberturas apresentam diferenças no que diz respeito à geometria, forma estrutural e materiais utilizados. No edificado antigo, é possível distinguir três formatos de cobertura (inclinadas, curvas ou planas), com predominância das coberturas inclinadas em relação às restantes. De um modo geral, a cobertura é constituída por uma estrutura principal, da qual fazem parte as asnas e os elementos de ligação das mesmas (madres), por uma outra secundária, assente sobre a principal e formada pelos elementos de suporte do revestimento, e por último, pelo revestimento normalmente em telha cerâmica encaixadas nas ripas da estrutura secundária (Figura 3.12) [66].



Figura 3.12 - Representação esquemática da estrutura de uma cobertura inclinada [71].

Nas coberturas inclinadas, com revestimento de telha cerâmica, a inclinação depende essencialmente da região, dos agentes atmosféricos no local de implantação (quantidade de precipitação, probabilidade de queda de neve, etc.) e do tipo de utilização pretendido entre o último piso e a cobertura (sótão, mansardas, águas furtadas, etc.) [4]. À medida que os edifícios ganham importância, a solução estrutural

já descrita anteriormente começa a permitir maior flexibilidade na configuração e constituição da asna de madeira que pode variar conforme a complexidade da cobertura pretendida.

A dificuldade inerente à execução da estrutura de cobertura em geral, mas principalmente nas coberturas inclinadas, está relacionada com a falta de meios e materiais capazes de garantir a correta ligação entre diferentes elementos, resultando em pontos fracos suscetíveis a aparecimento de anomalias. Estas ligações são efetuadas com recurso a pregagens, colagem ou através de peças auxiliares de ferro que complementam os sistemas utilizados (Figura 3.13). Quanto mais simples a cobertura maior será a economia na sua execução e mais eficaz o comportamento desta (menos ligações).

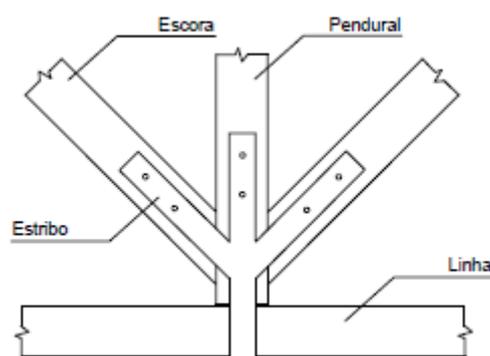


Figura 3.13 - Esquema ligação metálica tipo “pé de galinha” duplo

Existe ainda o caso particular das coberturas inclinadas tendo por base estrutural arcos e abóbadas de alvenaria. Tratando-se de uma situação comum em exemplares de arquitetura religiosa, o efeito pretendido é conjugar tetos interiores abobadados e coberturas exteriores em telhado. Nestes casos as abóbadas servem de suporte às asnas de madeira, de linha sobrelevada, que formam a estrutura de cobertura pretendida. De acrescentar ainda a solução em que os arcos e abóbadas podem receber um enchimento de terra ou argamassa que suporta o revestimento, idêntico à solução já apresentada anteriormente nos pavimentos [4] [83].

Relativamente às coberturas planas ou terraços, a utilização de estruturas de suporte à base de pedra e tijolo (em arcos e abóbadas) é privilegiada em relação às estruturas de madeira, devido à dificuldade inerente de assegurar a estanquidade da cobertura e a durabilidade da mesma. A estrutura é complementada com enchimento de nivelamento que recebem as camadas impermeabilizantes, a respetiva proteção mecânica e a camada de acabamento [4] [83].

Por fim, as coberturas curvas são bastante comuns em edifícios de arquitetura religiosa, como por exemplo alguns monumentos, uma vez que são baseadas em abóbadas e cúpulas geralmente dispostas em pequenas zonas das construções. O problema deste tipo de coberturas, tal como se sucede nos terraços, consiste em assegurar uma solução de qualidade para a sua estanquidade. De salientar, no

entanto, que a forma destas coberturas torna-as menos suscetíveis à ação da água das chuvas já que a sua configuração facilita o escoamento [4].



a) Vista exterior de cobertura curva.



b) Vista interior de cobertura curva.

Figura 3.14 - Cobertura curva baseada em abóbada do Panteão Nacional [92].

3.2.5 Escadas

As escadas representam o elemento construtivo responsável pela comunicação entre os diferentes pisos de uma construção, executadas nos edifícios antigos em madeira, na generalidade dos casos, ou em pedra, em situações pontuais. As espécies de madeiras mais utilizados eram o castanho e o carvalho, tal como acontece nos pavimentos e coberturas [4].

Em edifícios nobres da arquitetura civil e religiosa, as escadas podem ser consideradas em elemento decorativo de expressão marcante, destacando a melhor qualidade deste tipo de construção. Contrariamente ao que se verifica nos edifícios correntes, as escadas nestes edifícios tem dimensões generosas e formas diversificadas, como por exemplo configurações helicoidais (Figura 3.15 a)) de estruturas mistas de madeira e ferro [71].

Nos edifícios correntes, as escadas não se apresentam como um elemento construtivo de destaque, estando limitadas apenas ao seu papel funcional e localizadas numa das paredes de empena do edifício para que ocupem o mínimo espaço possível. A partir do século XVII começa a sentir-se uma evolução na importância das escadas no contexto geral do edifício, uma vez que até essa altura estas eram reduzidas a uma forma elementar, em lanço único entre andares e de reduzida largura (inferior a 1 metro), com inclinações acentuadas de utilização bastante incómoda [4]. Essa evolução trouxe aproximações ao que são as escadas hoje em dia, como a vulgarização das escadas de dois lanços e patamares intermédios (Figura 3.15 b)), aumento da largura e alteração na sua localização para zona próxima do centro de massa do edifício.

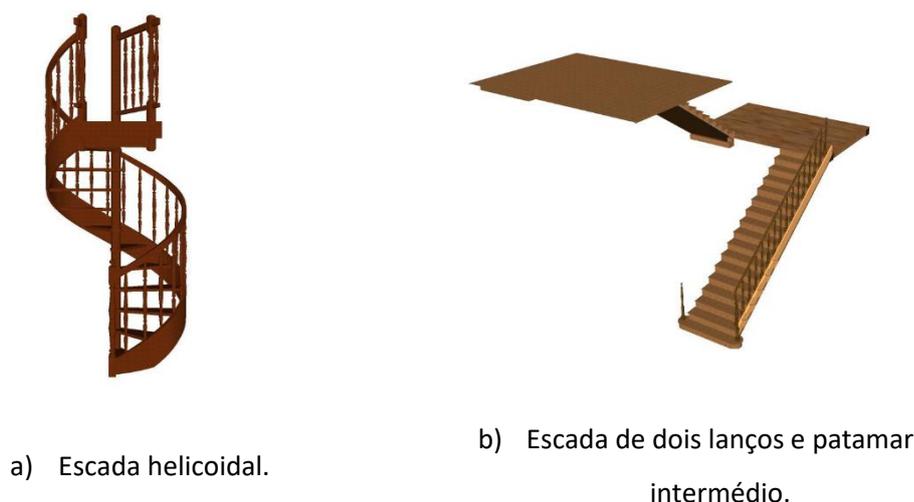


Figura 3.15 - Escadas interiores [71].

De salientar ainda as escadas de pedra, de utilização frequente no exterior dos edifícios, em particular na construção rural em edifícios de dois pisos, em que o piso superior tinha acesso independente pelo exterior. É também frequente a sua utilização no primeiro lanço de escadas até ao rés-do chão alto.

As escadas metálicas são usadas na construção do final do século XIX, normalmente através de estruturas de ferro de forma simples. São normalmente utilizadas como escadas de serviço, localizadas no tardo dos edifícios e ligados às “marquises” de estrutura em ferro [4].

3.2.6 Paredes de compartimentação

A definição típica de parede de compartimentação atribui a este tipo de parede apenas o papel de elemento de separação de espaços interiores no edifício, considerando que a sua função estrutural é teoricamente nula e por isso não considerada no cômputo geral da resistência estrutural. Na realidade, e apesar de não receberem cargas diretamente, estes elementos contribuem significativamente para a segurança geral do edifício, uma vez que favorecem o travamento das estruturas principais devido à sua interligação com as paredes, pavimentos e cobertura.

Neste domínio, salientam-se os tabiques de madeira como uma solução de âmbito nacional, obtidos pela pregagem de um fasquiado de tábuas ao alto, sendo o conjunto revestido em ambas as faces por reboco (Figura 3.16 a)). Contudo, esta não representa a única solução de paredes de compartimentação de edifícios antigos, pois também as paredes de frontal, já descritas anteriormente, constituíam uma alternativa para a definição dos compartimentos interiores de edifícios. Estas paredes são baseadas numa “armadura” de madeira constituída por um conjunto de peças verticais, horizontais e inclinadas, em formato de cruz, que são então preenchidas com alvenaria de tijolo maciço ou de pedra (Figura 3.16 b)). Para a sua ligação ao pavimento, era extremamente importante garantir a existência de uma viga forte

(ou parede resistente de alvenaria) sob a parede, para evitar deformações do pavimento devido ao peso da parede [71].



a) Parede simples de tabique.

b) Parede de frontal.

Figura 3.16 - Paredes de compartimentação [71].

Atendendo à disponibilidade de determinados materiais imposta pelo âmbito regional ou local de certas soluções, é possível constatar uma grande diversidade de soluções instituídas por certas tradições construtivas. É o que acontece com o uso do adobe (construção de paredes à base de blocos de argila cozida ao sol) registado em zonas ricas em barro, e da taipa à base de terra selecionada, característica de zonas em que a pedra escasseia.

3.2.7 Revestimentos e acabamentos

Os revestimentos e acabamentos de elementos de construção dos edifícios têm um importante papel a desempenhar, já que constituem a “pele” que assegura a proteção desses elementos em relação às ações climáticas, choques mecânicos e contaminação ambiental, e desempenham ainda uma função importante na definição da imagem do edifício [101].

O aspeto final das construções está fortemente condicionado pelo comportamento dos revestimentos, visto que são os primeiros elementos a mostrar a degradação e alterações na aparência desejada dos edifícios, e como tal são dos mais frequentemente abrangidos nas intervenções. A sua manutenção visa evitar a degradação da parede, aumentar a durabilidade e prevenir a decadência estética.

3.2.7.1 Revestimento e acabamento de parede

Os materiais mais comuns relacionam-se com os materiais utilizados na construção da própria parede, dentro da aplicação empírica do princípio de compatibilidade. Nas paredes de alvenaria, os revestimentos mais frequentes são à base de rebocos de argamassas fracas com areia e cal aérea ou, em certas regiões, com areia e barro. A constituição típica de um revestimento de parede antiga englobava as camadas de regularização e proteção (emboço, reboco e esboço) e por fim a camada de proteção, acabamento e decoração (barramento e pintura) (Figura 3.17) [95].

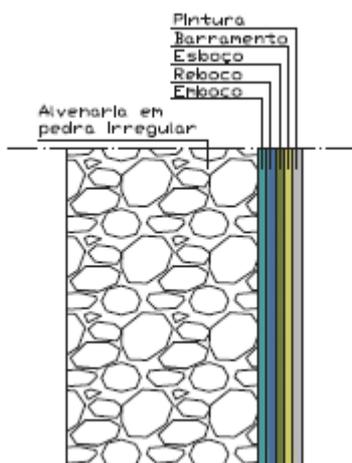


Figura 3.17 - Sistema de revestimento de uma parede [95].

Embora não existam estudos das soluções efetivamente aplicadas, nomeadamente ao nível de aditivos usados nas argamassas correntes e características dos ligantes, sabe-se que as camadas de regularização eram constituídas por argamassas de cal e areia, com adições minerais e aditivos orgânicos. As camadas internas, próximas ao suporte de alvenaria, tinham traços mais ricos em ligante e granulometria mais grosseira que as externas. A deformabilidade, porosidade e trabalhabilidade da argamassa ia aumentando das camadas internas para as externas, promovendo um bom comportamento às deformações estruturais e à água [101].

No que diz respeito às camadas de proteção, os barramentos eram constituídos por argamassas finas de cal e pó de pedra, aplicadas em várias subcamadas com finura crescente das interiores para as exteriores. A coloração das superfícies era conseguida incorporando pigmentos minerais na última camada de barramento, ou por pintura, em geral com base em cal aditivada com pigmentos minerais e outras adições minerais [101].

A caição surge como o acabamento de paredes de edifícios antigos mais frequente, a branco ou com cores conferidas à cal por pigmentos e corantes naturais [4]. Em paramentos exteriores é ainda relevante o uso de ladrilhos cerâmicos (azulejos), funcionando quer como elementos de decoração das fachadas, quer desempenhando esta função em simultâneo com a de camada “de desgaste” das paredes. A esta solução é frequentemente associada a ideia de durabilidade que a caição não assegura, havendo justiça nesta afirmação que pode ser suportada pelos inúmeros exemplos de paredes de fachadas revestidas azulejos, em que a sua configuração mantêm-se ao longo dos anos sem qualquer tipo de intervenção.



a) Reboco tradicional caiado [105].



b) Revestimento a azulejo [2].

Figura 3.18 - Exemplos revestimentos e acabamentos de parede exterior.

Os revestimentos de paredes interiores eram realizados segundo técnicas de execução idênticas aquelas utilizadas na execução de rebocos de argamassa em paramentos exteriores. Aqui importa salientar a utilização de revestimentos com textura mais fina, o que podia ser conseguido através da seleção da granulometria dos materiais e em particular da areia, ou recorrendo a materiais de revestimentos específicos de interiores. É o caso dos estuques com argamassas de cal e gesso, ou apenas com gesso [4]

A execução de rebocos sobre paredes que incorporem elementos de madeira gera dificuldades na ligação entre materiais com diferentes características mecânicas. No caso particular dos tabiques de madeira, a configuração natural do fasquiado pregado sobre as pranchas do tabique facilita a criação de uma superfície de contacto através da aplicação do reboco entre o fasquiado – o chamado “pardo” - permitindo um aumento da resistência da ligação à tração e ao corte [4].

3.2.7.2 Revestimento e acabamento de pavimento (Piso e teto)

A madeira é o material de eleição para os revestimentos de pavimentos, salientando como exceções os pavimentos térreos e certos pavimentos sobre estruturas de abóbada que podem ser realizados com recurso a lajeados de pedra, ou revestimentos de tijoleiras e ladrilhos cerâmicos.

O revestimento de piso era, na maior parte das vezes, efetuado por um conjunto de tábuas de madeira, designado por soalho (ou solho), dispostas lado a lado com espessuras variáveis entre os 2 e os 5 cm, larguras entre os 12 e os 30 cm e comprimentos que podiam atingir os 10m [96]. As ligações entre tábuas eram realizadas por sobreposição ou encaixe, constituindo o que geralmente se identifica como soalho à portuguesa ou à inglesa. As espécies mais utilizadas na sua construção eram o pinho nacional, o pinho manso e a casquinha, madeira cuja dureza oferecia elevada resistência ao desgaste e consequentemente bons níveis de durabilidade [44].

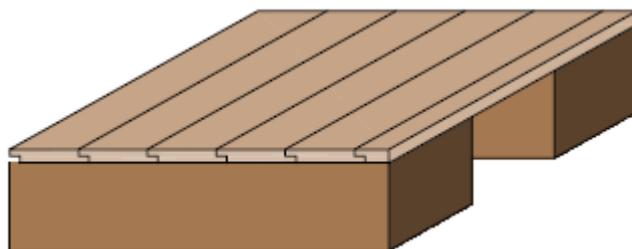


Figura 3.19 - Representação soalho à portuguesa.

Segundo Costa [34], o soalho à portuguesa era a solução mais económica, sendo inicialmente de casquinha e passando mais tarde para o pinho nacional. Nesta solução as tábuas eram sobrepostas através de juntas a meio-fio, que é uma espécie de rebaixo existente até ao meio da espessura da tábua, ficando os pregos à vista (Figura 3.19). Pelo contrário, o soalho à inglesa privilegia a ligação por encaixe macho-fêmea, com pregagem das tábuas nas vigas feita sobre o macho para não ser vista exteriormente.

No que diz respeito aos acabamentos de piso, pode ser estabelecida uma aproximação dos mesmos com o próprio material do revestimento e destaca duas funções principais: decorativa e de proteção. No caso particular dos revestimentos de madeira, a solução mais utilizada consiste na simples lavagem do pavimento para limpeza e desinfeção, com posterior aplicação de ceras que embelezam e protegem o revestimento. Os acabamentos de pedra não recebem qualquer acabamento específico, a não ser o “amaciado” que confere uma superfície lisa e brilhante. Por fim, os acabamentos com base em materiais cerâmicos necessitam de um tratamento que lhe confira maior resistência à ação da água, conseguindo-se ainda garantir uma melhor resistência da superfície do pavimento a ações de desgaste e outras ações mecânicas [4].

Neste capítulo faz-se ainda referência aos acabamentos de teto, geralmente forrados a madeira ou estucados. No primeiro caso, a solução tradicional passa pelo chamado “forro de saia e camisa”, com pranchas de madeira colocadas em fiadas sobrepostas (Figura 3.20). Apesar da largura destas pranchas poderem apresentar variações conforme a qualidade da construção, podemos considerar uma largura média de 20 cm [4].

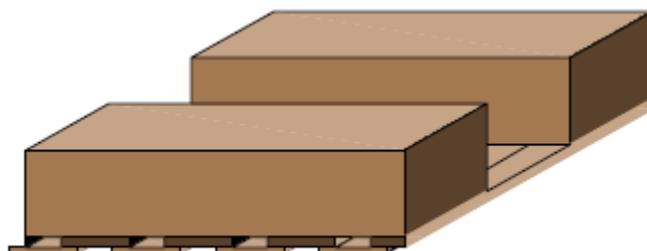


Figura 3.20 - Representação forro de teto em “camisa e saia”.

De salientar a existência de soluções mais trabalhadas com base em tetos forrados a madeira e bastante comuns em edifícios religiosos, como é o caso dos tetos de caixotões, masseira, abobadados e panos múltiplos. Estas soluções são assentes em geometrias mais complexas tanto na configuração como da própria estrutura de suporte, e permitem uma manifestação técnica e artística mais apurada que atesta a qualidade superior dos edifícios onde estão presentes [34].

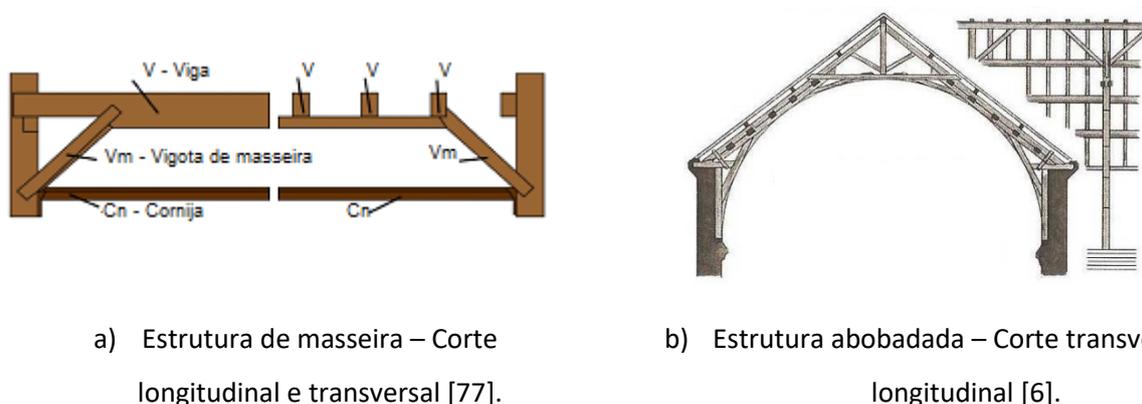


Figura 3.21 – Exemplos de revestimentos de teto em madeira assentes em geometrias complexas.

A outra solução corrente já mencionada, o estuque, tem a sua execução baseada em cal e gesso aplicados sobre fasquiado de madeira pregado diretamente sobre o vigeamento do pavimento. Appleton [4] destaca na construção mais erudita, nomeadamente casas nobres e religiosas, a aplicação do estuque sobre bases de madeira, moldado em formas complexas que desempenham a função de ornamentação dos compartimentos em que estão inseridos (Figura 3.22).



Figura 3.22 - Teto estucado com ornamentação [77].

Qualquer solução adotada tem de conjugar funções de carácter técnico, como por exemplo o isolamento acústico, a um importante papel de ordem estética e decorativa. Assim, o uso de pinturas com tinta a óleo, simples ou decoradas, é uma solução vulgar no que diz respeito ao acabamento de revestimentos de teto. No caso particular dos tetos estucados, a pintura é conseguida através de uma caiação em várias demãos, que pode ser realizada com o intuito de realçar os aspetos decorativos já mencionados [4].

3.2.7.3 Revestimento e acabamento de cobertura

O revestimento de cobertura tem como principais funções proteger a estrutura de suporte contra os agentes atmosféricos e drenar as águas pluviais.

As coberturas mais comuns nos edifícios antigos portugueses são os telhados de uma, duas ou mais águas, com revestimento constituído por telha, geralmente cerâmica. De acordo com a época e região onde a telha é fabricada, pode existir variações na matéria-prima, dimensão, porosidade, resistência mecânica e aspeto da mesma. Independentemente destas variações, tradicionalmente podemos considerar a telha cerâmica de canudo (Figura 3.23 b)) como a solução mais habitual. No sentido de garantir melhor estabilidade e estanquidade a toda a cobertura, as telhas devem ser presas com grampos e aplicada argamassas nas juntas. A variante construtiva denominada “mouriscado” (Figura 3.23 a)) surgiu precisamente desta necessidade e conferia um maior peso ao telhado, favorável perante o efeito de sucção imposto pela ação do vento. Nesta solução os canais das telhas eram cobertos com fragmentos de telha e tijolo presos em argamassas, tornando o telhado uma superfície quase lisa [55].



a) Telhado mouriscado [113].



b) Telhado com revestimento a telha cerâmica de canudo [86].

Figura 3.23 - Cobertura revestida a telha cerâmica de canudo.

A partir de meados do século XIX surgem as telhas de encaixe simples como principal revestimento, com referência especial para telha Francesa ou de Marselha (Figura 3.24). Esta solução, cuja utilização se massificou um pouco por todo o País, permite a construção de modo simplificado por se tratar de uma telha maior e sem necessidade de aplicação de argamassa. Dado ao formato do seu encaixe, este tipo de telha permite uma ligação eficiente que garante elevados níveis de estanquidade em comparação com a telha de canudo [4].



a) Telha de Marselha.



b) Telhado em telha de Marselha.

Figura 3.24 - Cobertura revestida a telha de Marselha [55].

De realçar ainda as coberturas planas, ou em terraço, cuja geometria torna-as mais suscetíveis à presença da água das chuvas, sendo por isso necessário assegurar uma pendente razoável (entre 1 e 2%) à superfície do terraço que garanta o escoamento da água e impermeabilidade da cobertura. A impermeabilização destas coberturas é talvez a característica mais difícil de alcançar, e exemplo disso são os inúmeros focos de anomalias que são frequentemente detetados [4]. Assim, a sua limitação a pequenas áreas de varandas apresenta uma lógica construtiva, optando-se pelas coberturas em telhado para os restantes casos.

3.2.8 Caixilharias

Os caixilhos servem de base aos envidraçados e juntos fecham exteriormente os vãos das janelas. O conjunto de caixilhos de uma mesma obra é denominado caixilharia, e são compostos por batentes, bandeiras e básculas, e consoante a largura da janela, podem ter múltiplas folhas ou batentes [34].

Habitualmente em madeira pintada (geralmente casquinha), as caixilharias exteriores tratam-se de um componente da construção da envolvente do edifício e como tal está bastante suscetível a manifestações patológicas tanto na caixilharia em si mesma como nas paredes em que se inserem, alargando esta problemática a outros elementos de construção afetados por infiltrações de água das chuvas [4]. Como tal esta era pintada, envernizada ou tratada a óleo de linhaça para garantir a sua proteção contra as intempéries.

As janelas exteriores desdobram-se em partes fixas e partes móveis, considerando que as partes fixas apresentam menos problemas e dificuldades construtivas, e como tal os estudos a realizar são focados as partes móveis manifestamente mais problemáticas. As tipologias de janela mais usuais podem ser de uma folha ou de folhas múltiplas, assente em solução de janela deslizante (guilhotina) ou janela de abrir. Menos comum são, neste edifícios, as soluções de janelas basculantes e pivotantes [34].



a) Janela de duas folhas, de abrir, com bandeira.



b) Janela de guilhotina.

Figura 3.25 - Exemplos de caixilharia.

A folha da janela é preenchida por uma ou várias chapas de vidro liso, consoante a forma como é executada a estrutura de madeira da folha. De salientar que a utilização de vidro em Portugal só foi vulgarizada, pelo menos na melhor construção, a partir do século XVI [4].

3.2.9 Cantarias

A utilização de cantarias em edifícios antigos podem ser associadas a duas ideias fundamentais:

- Função estrutural, localizando a pedra aparelhada nas zonas mais importantes do edifício: pilastras, contorno de abertura de portas e janelas, cimalkhas, cornijas, socos, etc.
- Função decorativa, (sendo um importante marcador da qualidade) marcando a qualidade e nobreza da construção do edifício.

As cantarias tinham a particularidade de os blocos de pedra de dimensões regulares serem talhados geometricamente, assentes em argamassa ou simplesmente sobrepostas e justapostas, originando as faces de assentamento planas. Para além destas são chamadas pedra de cantaria, todas aquelas que são aparelhadas e de diversas formas, utilizadas em vergas, soleiras, ombreiras, mísulas, cachorros, colunas, cimalkhas, frontões e fachadas [33]. Estes elementos têm um papel importante na caracterização da fachada e definição da imagem do edifício, e como tal são descritos individualmente no subcapítulo seguinte.

A qualidade e quantidade de cantaria pode ser vista como um elemento marcante da imagem exterior de um edifício, conferindo-lhe valor e nobreza. A pedra talhada tem origem, geralmente, em rochas de boa qualidade a que se associam propriedades essenciais como a boa resistência mecânica.



Figura 3.26 - Pormenores de cantaria [3].

As cantarias têm, além disso, uma importância acrescida como elemento valorizador regional, já que as rochas utilizadas são, sempre que possível, típicas da região em que estão inseridas. Destaca-se a abundância da construção com cantaria de granito nas regiões do Douro e Beiras, calcário na Beira Litoral, Estremadura e Algarve e dos mármore no Alentejo [4].

3.2.10 Elementos caracterizadores da fachada

Existem determinados pormenores construtivos que se apresentam como elementos caracterizadores da construção de diferentes épocas e que, podendo estes estar associados a aspetos de ordem funcional ou meramente estética, dão um contributo essencial à imagem urbana criada nos centros históricos.

Os socos, por exemplo, estão inseridos nos trabalhos de cantaria e representam o revestimento exterior junto ao solo do edifício (Figura 3.27 a)). Sendo geralmente em pedra e com altura variável, têm como principais funções reforçar e proteger as paredes perante agressões físicas e ataques das humidades. Também os cunhais são reforçados com elementos de cantaria mais perfeito, fazendo a ligação entre duas paredes da fachada e estando destinados a ficar aparentes para efeitos de composição da fachada (Figura 3.27 b)). Do mesmo modo, surgem pilastras com funções de reforço e estética, que correspondem, em princípio, a pilares encastrados que se salientam parcialmente da parede (Figura 3.27 c)). Ambos são considerados os elementos verticais mais fortes [2].



a) Soco.



b) Cunhal.



c) Pilastra.

Figura 3.27 - Elementos caracterizadores em parede de fachada [119].

A par dos elementos anteriormente referidos, podemos completar a caracterização da fachada com o remate horizontal na parte superior de uma parede, denominado cornija. Este elemento, geralmente em pedra talhada, pode apresentar perfis variados, cuja complexidade e saliência do perfil está relacionada com a projeção que se pretende empregar no beirado (parte mais baixa do telhado). Outro aspeto importante a considerar está relacionado com o facto de que a existência de segundas cornijas na fachada pode significar a existência de andares construídos posteriormente.



Figura 3.28 - Cornija em pedra [120].

Concentrando as atenções em aspetos caracterizadores nos telhados, salienta-se a construção, acima da cornija, de platibandas (fechadas) ou de balaustradas (abertas) que impedem o balanço das telhas sobre a rua (Figura 3.29). Estes elementos têm ainda um papel funcional relevante uma vez que dispõem interiormente de caleiras para condução das águas pluviais para tubos de queda.



a) Platibanda [2].

b) Balaustrada [2].

c) Pormenor caleira [55].

Figura 3.29 - Elementos caracterizadores em telhado.

3.3 IDENTIFICAÇÃO DO QUADRO PATOLÓGICO DO EDIFÍCIO

A abordagem às anomalias construtivas é realizada neste capítulo recorrendo a uma análise por elementos de construção, que facilitará a posterior compreensão do quadro patológico global do edifício.

Para facilitar a compreensão do referido quadro, é importante fazer desde já a distinção entre patologia e anomalia, expondo de que modo estes dois termos se relacionam. O termo patologia pode ser definido como o estudo sistemático de doenças com vista à compreensão dos sintomas e causas bem como definição do tratamento, aplicável ao estudo dos edifícios. Assim, patologia da construção implica um conhecimento detalhado das características arquitetónicas, construtivas e funcionais do objeto em estudo, a partir do qual é efetuado um diagnóstico, prognóstico das anomalias detetadas e definição das recomendações de atuação. As patologias são a génese dos problemas detetados nos edifícios, funcionando como a causa que provoca as anomalias (efeito). Geralmente situam-se no exterior da construção e são diversos os fatores que podem desencadear um processo patológico, nomeadamente a má conceção em fase de projeto ou a má execução do projeto. A anomalia é a consequência, a manifestação e o sintoma de que algo de errado se passa num dado elemento da construção. Normalmente é o sinal visível que alerta para a necessidade de intervenção [103].

Importa salientar que a principal causa das anomalias em edifícios antigos está relacionada com o envelhecimento dos seus materiais constituintes. Sabemos que um edifício de habitação é projetado para um período de vida médio de 50 anos, o que tendo em consideração a definição de edifício antigo (edifícios anteriores aos anos 40 do século XX), compreendemos facilmente que o referido período de vida já foi ultrapassado há muito tempo [4].

As ações impostas nos edifícios que podem produzir reações anómalas nos seus elementos construtivos podem ser classificadas em ações mecânicas (forças, deformações, deslocamentos, etc.), que afetam diretamente a estrutura, e ações químicas e biológicas que afetam os materiais, reduzindo a sua resistência. No que diz respeito às ações mecânicas, estas podem ser estáticas ou dinâmicas. As ações

estáticas podem ser diretas, quando proveniente de uma carga aplicada, ou indireta quando surge de deformações impostas por assentamentos de terreno, movimentos devidos à ação térmica, etc. Por sua vez, as ações dinâmicas surgem quando a estrutura fica sujeita a acelerações impostas, como por exemplo a ação sísmica [58].

Também o envelhecimento dos materiais tem um impacto grande na alteração das suas propriedades, nomeadamente ao nível da elasticidade e resistência mecânica. Este facto impõe restrições severas ao nível da segurança do edifício, uma vez que altera a capacidade resistente da estrutura e a torna mais suscetível a colapsos [4]. Existem ainda, e como seria de esperar, outras causas como os desastres naturais (sismos, inundações e incêndios) e ainda anomalias causadas por intervenção humana, em particular intervenções realizadas nos edifícios que primam pela falta de conhecimento técnico e que resultam na condenação dos edifícios.

Os casos mais gravosos de anomalias por intervenção humana devem-se as ampliações dos edifícios em altura sem qualquer tipo de estudo de segurança de estruturas e fundações prévio, que resultam em aumentos de carga excessivos e consequentes deformações irreversíveis. Ainda mais comum, são as alterações introduzidas nos pisos inferiores, nomeadamente a remoção ou aberturas em paredes existentes no sentido de melhorar a funcionalidade dos compartimentos [4].

De salientar que as anomalias mencionadas no presente capítulo não devem ser encaradas isoladamente, pois têm causas e origens comuns que podem afetar diferentes elementos construtivos, o que leva a uma interação entre eles que não pode ser ignorada.

3.3.1 Anomalias em Fundações

Segundo Rato [81], as principais anomalias em fundações de edifícios antigos podem dever-se a:

- Alterações ou movimentos do terreno;
- Aumento das cargas;
- Perda de capacidade resistente das fundações.

O comportamento do terreno de fundação representa o fatores que mais influência a ocorrência de anomalias nas fundações dos edifícios antigos, e consequente interação entre a infraestrutura e superestrutura do conjunto edificado. Os problemas mais frequentes estão associados a alterações ao longo do tempo nos parâmetros que governam o comportamento dos solos, consequência, em geral, da presença de água, ou a descompressões induzidas por perturbações nas condições de equilíbrio [72]. Estas alterações e movimentos do solo de fundação podem dever-se a escavações ou construções próximas, a abertura de túneis ou galerias, ação de raízes, existência de terrenos heterogêneos, alterações do nível freático ou do teor de humidade (quer resultante da atividade humana, quer de forma natural),

rotura de canalizações de águas ou de esgotos na proximidade e liquefação do solo devido à ação sísmica [81]. As alterações às características originais dos solos traduzem-se em efeitos de movimentos de assentamento (diferenciais, localizados ou globais) que podem induzir fendilhação e alterações geométricas importantes nas alvenarias, como por exemplo deformação de vãos, desnivelamento dos pavimentos, desaprumo de paredes, etc. (Figura 3.30). Nos casos mais gravosos, estas movimentações do terreno provocam alterações drásticas nas distribuições das cargas comprometendo a estabilidade global da estrutura [85].



Figura 3.30 - Deformação imposta pela movimentação de terras [4].

O aumento das cargas na fundação pode resultar do incremento das cargas de utilização ou alterações da estrutura. As alterações da estrutura mais comuns passam pelo acréscimo de pisos e alterações na fachada dos edifícios, nomeadamente abertura de montras onde é eliminada a continuidade dos elementos de alvenaria [81].

Acrescenta-se ainda a inadequação de algumas soluções construtivas de fundações como um foco de anomalias. No caso de fundações indiretas, por estacaria de madeira, a deficiência mais comum é o apodrecimento do material causado por alterações das condições de humedificação da madeira. No caso de fundações diretas ou semi-diretas, a deterioração das características mecânicas associada ao envelhecimento do material constituinte provoca alterações na constituição da fundação que anulam a funcionalidade estrutural da mesma. Esta última situação pode ser provocada pela lavagem das fundações por águas subterrâneas, com arrastamento dos elementos mais finos da alvenaria de fundação, ou meteorização das fundações através da sua exposição após escavações periféricas. Em ambos, ocorre uma redução gradual da secção de contacto entre a fundação e o solo que eventualmente resulta na incapacidade da fundação para suportar as cargas que lhe são impostas [4].

3.3.2 Anomalias em Parede Resistentes

As anomalias manifestadas nas paredes resistentes indiciam problemas graves relacionados com as características mecânicas atuais, constituição das paredes ou mesmo das fundações, conforme descrito anteriormente. As principais anomalias em paredes de edifícios antigos surgem do desencadeamento dos seguintes processos:

- Fendilhação;
- Esmagamento;
- Desagregação;

As causas das anomalias são de natureza muito diversa, podendo estar relacionadas com razões de índole estrutural, ou à presença de água e à ação dos agentes agressivos físicos/químicos [4].

A fendilhação é uma anomalia bastante comum em paredes de edifícios antigos, com aparecimento frequente junto a aberturas para portas e janelas ou na ligação de paredes ortogonais, principalmente nos cantos (Figura 3.31). É reconhecido que, em alguns casos, o funcionamento deficiente das fundações gera movimentos de assentamento diferencial que propicia a ocorrência de problemas de fendilhação de índole estrutural e fissuração ao nível das paredes superiores. Prova disso é a evidente inclinação dos pavimentos e tetos, com pendente direcionada no sentido dos deslocamentos verticais das paredes. As fendas têm inclinações características que permitem identificar as zonas críticas das fundações em que os movimentos são mais acentuados [84].



Figura 3.31 - Fendilhação de parede [84].

Esta anomalia pode também estar associada às características da parede ou a erros de construção. A menor qualidade construtiva, a ausência de grandes blocos de travamento que estabelecem ligações eficazes entre paredes ortogonais, ou a inexistência de tirantes e ligações apropriadas entre paredes e pavimentos são exemplos disso mesmo [2].

O problema da fendilhação pode ser evitado aumentando a resistência das zonas consideradas críticas (aberturas de portas e janelas), recorrendo ao guarnecimento através da utilização de tijolos maciços e pedras talhadas que fazem o reforço do contorno das aberturas. A fendilhação na parte superior das aberturas pode ser tanto devido à fraca resistência dos lintéis, como devido ao esforço de corte existente nessa zona quando ocorrem sismos. Segundo Appleton, a forma como a fendilhação progride, a formação de cuma ou várias fendas e a amplitude da sua abertura, dependem de vários fatores, entre os quais será fundamental a constituição e a qualidade das próprias alvenarias. Neste âmbito tornar-se-á imprescindível um conjunto de ações prévias, que vão desde um registo criterioso da zona problemática, até à prospeção e inspeção dos percursos pétreos danificados [4].

O esmagamento das paredes trata-se de uma anomalia menos frequente, de aparecimento localizado, que se deve à aplicação de grandes cargas concentradas em determinadas zonas, por exemplo a descarga das vigas de madeira nas paredes. Para evitar esta anomalia, a maioria das construções encontram-se reforçadas (com pedra de boa qualidade por exemplo) nas zonas onde são aplicadas essas grandes cargas, não havendo então esmagamento da parede, mas ocorrendo muitas vezes no material de revestimento [4].

Por último, a desagregação consiste na perda de material das paredes e consequente perda dos revestimentos (Figura 3.32). Esta anomalia pode ser agravada pela existência de fendas na parede, e está associada à ação dos diversos agentes climáticos (em especial a processos de infiltrações). A água e as humidades infiltradas na parede criam e aumentam as fissuras e vazios das paredes, removendo progressivamente o material que as constitui. A desagregação torna as paredes menos resistentes mecanicamente, principalmente à compressão e ao corte [4].



Figura 3.32 - Desagregação da alvenaria [86].

3.3.3 Anomalias em Pavimentos

No que diz respeito a pavimentos elevados, referem-se os pavimentos com vigamento de madeira como a solução típica dos edifícios antigos. As principais anomalias em pavimentos de madeira relacionam-se com a presença de água infiltrada através da caixilharia exterior, paredes e cobertura, que propicia a deterioração da madeira dos elementos, e com o comportamento da madeira ao longo do tempo, quer do ponto de vista mecânico, quer do da estabilidade dimensional. De um modo geral, as anomalias registadas nos elementos de madeira constituintes dos pavimentos podem depender dos seguintes fatores [4]:

- Características dos materiais constituintes;
- Concentração local de esforços e de deformações em zonas de apoio;
- Apodrecimento da madeira não tratada ou protegida;
- Ataque de fungos (podridão), insetos xilófagos (carunchos e espécies de térmitas);
- Deterioração das zonas de apoio e das entregas dos vigamentos de madeira às alvenarias;
- Degradação das ligações entre várias peças de madeira e das suas fixações;
- Envelhecimento e degradação da madeira.

A presença de humidade no edifício pode ter origens distintas: humidade de precipitação, humidade por capilaridade e higroscopicidade dos materiais. A primeira refere-se à água infiltrada devido à precipitação, afetando principalmente, e no caso particular dos pavimentos, as entregas das vigas na parede resistente (Figura 3.33). Já a humidade por capilaridade deriva da ascensão da humidade através das paredes até ao vigamento dos pisos superiores, comum em zonas em que a parede está em contacto com o solo. Este fenómeno é agravado em materiais permeáveis e devido à inexistência ou deficiente posicionamento de barreiras estanques nas paredes. Por fim, a questão da higroscopicidade está relacionada com a capacidade de um material para absorver a humidade do ar, provocando o humedecimento das superfícies com as quais entram em contacto e aceleração do processo de degradação das mesmas [57].



Figura 3.33 - Infiltrações no pavimento por humidade de precipitação.

A deterioração causada pela humidade resulta na redução da seção útil das peças ate à eventual destruição dos apoios, provocando rotações, deslocamentos verticais e vibrações que seguem a redistribuição de esforços, ultimando o aparecimento de deformações acentuadas, com grandes flechas a meio vão. A par destes problemas, deve ser salientado que o aumento do teor de água nas peças de madeira favorece o aparecimento de fungos (podridão) e insetos xilófagos, que agravam muito os problemas anteriormente mencionados (Figura 3.34) [4].



a) Fungo de podridão [94].



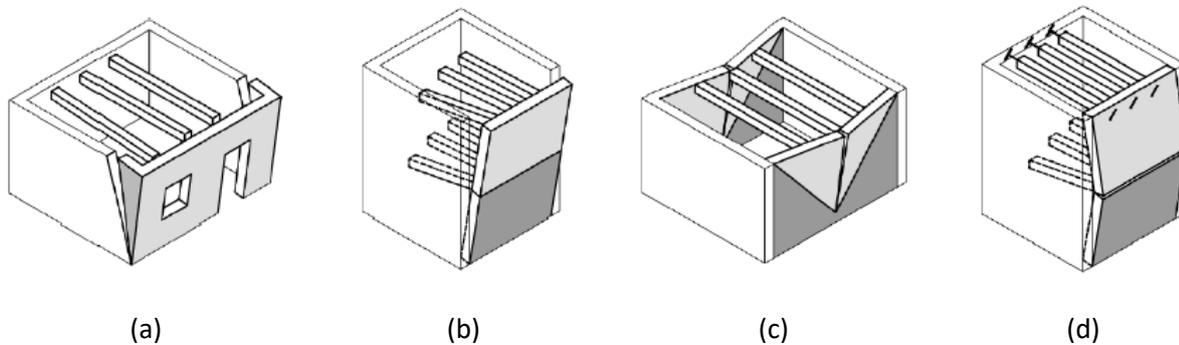
b) Ataque de inseto xilófago [71].

Figura 3.34 - Deterioração de pavimento por ataques de insetos e fungos.

As deficiências do ponto de vista do desempenho estrutural dos pavimentos de madeira dos edifícios antigos estão associadas à sua deformação excessiva quer para fora do seu plano, face às ações verticais decorrentes do uso normal, quer no seu plano, face às ações sísmicas horizontais. Estas deficiências são potenciadas por alguns fatores mencionados anteriormente, destacando-se o natural envelhecimento da madeira e degradação imposta pelos ataques de agentes xilófagos, mas também, e não menos importante, as características da própria madeira e técnica de execução utilizada nesses pavimentos [7].

No caso das ações sísmicas horizontais, a distribuição das forças de inércia horizontais dos pavimentos é feita pelos elementos verticais, ou seja, as paredes no caso de edifícios antigos. Essa capacidade de distribuição, em que o pavimento funciona como uma membrana ou um diafragma, depende da

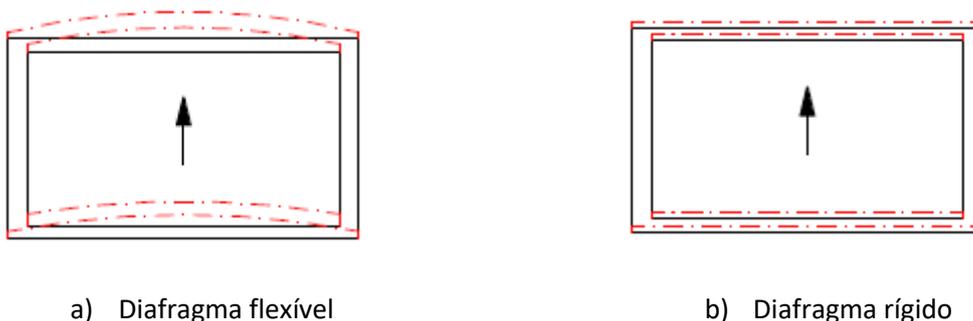
deformabilidade do pavimento no seu plano e das ligações do pavimento às paredes adjacentes [7]. Nos casos em que a referida ligação entre o pavimento e as paredes adjacentes não é satisfatória ou a rigidez no plano é inadequada, regista-se a ocorrência de diferentes mecanismos de colapso envolvendo o derrubamento das paredes perpendiculares à direção do sismo, como esquematizado na Figura 3.35 [78].



- (a) - Rotação da parede devida a falta de ligação do pavimento às paredes;
- (b) - Rotação da parede devida a falta de ligação do pavimento às paredes;
- (c) - Rotura em flexão de parede devido a impulso de pavimento demasiadamente flexível;
- (d) - Instabilidade de parede devido ao impulso do pavimento intermédio com falta de ligação às paredes laterais.

Figura 3.35 - Mecanismos de colapso de paredes [78].

Conforme a deformabilidade dos pavimentos no seu plano, pode dizer-se que os diafragmas horizontais são mais flexíveis ou mais rígidos (Figura 3.36). No caso dos edifícios antigos, os pavimentos de madeira funcionam em geral como diafragmas flexíveis, impondo por isso maiores deslocamentos nas paredes perpendiculares à direção dos sismos e maiores esforços para fora do plano.



a) Diafragma flexível

b) Diafragma rígido

Figura 3.36 - Deformabilidade dos pavimentos [7].

No entanto, como refere Appleton [4], verifica-se frequentemente que os pavimentos de madeira, mesmo apresentando elevado nível de degradação, não sofrem roturas integrais, uma vez que o efeito estrutural alcançado pelo teto, pelo tarugamento e pelo solho pregado pode ser predominante no comportamento

estrutural do pavimento, nomeadamente pela mobilização do efeito de membrana ou diafragma e de um comportamento bidirecional.

3.3.4 Anomalias em Coberturas

As coberturas dos edifícios antigos são, devido à sua função e permanente exposição à ação dos agentes atmosféricos, o elemento de construção que apresenta um quadro mais generalizado de anomalias.

Podemos considerar que as principais anomalias das coberturas podem manifestar-se devido a:

- Deformações excessivas;
- Infiltrações pela cobertura;
- Falta de ventilação, ataque de agentes xilófagos;
- Deficiências construtivas e estruturais (secções reduzidas, apoios de asnas desnivelados, desconhecimento das características reais de resistência e deformabilidade dos materiais e ligações, entre os diferentes elementos estruturais, mal executadas);
- Insuficiente proteção contra os agentes atmosféricos.

Tradicionalmente, e conforme apresentado na presente dissertação, as coberturas dos edifícios antigos são constituídas por elementos de madeira interligados entre si que formam uma estrutura principal e secundária. A propósito destes elementos, Branco [14] alerta para as deficiências detetadas em várias coberturas estudadas, no que diz respeito à seleção da madeira e proteção da mesma em relação aos agentes deterioradores mais comuns, o que condena desde muito cedo a longevidade destas estruturas.

Aqui salienta-se a ação da água da chuva como sendo particularmente gravosa nas coberturas, sobretudo em infiltrações em zonas correntes de cobertura por deficiência da própria estrutura, ou por infiltrações associadas ao mau funcionamento da rede de drenagem de águas pluviais. De um modo geral, as estruturas de madeira deformam-se naturalmente e os efeitos de fluência do material podem ser suficientes para explicar deformações excessivas detetadas nas coberturas. Ainda assim, o estabelecimento de condições de contacto da água com as peças de madeira devido às referidas infiltrações, propiciam alterações na configuração geométrica da estrutura principal, alterando a forma das pendentes devido aos movimentos de adaptação da estrutura secundária e do revestimento, provocando o desalinhamento das telhas (Figura 3.37). A deformação excessiva das coberturas é a primeira causa de perda de estanquidade dos telhados, visto que conduz à abertura das juntas entre telhas, à rotura de vários elementos e danifica o sistema de drenagem de águas pluviais [4].



Figura 3.37 - Estrutura de cobertura com deformação excessiva [55] [71].

Um caso particularmente gravoso relacionado com a deterioração do material, mais concretamente o apodrecimento da madeira, diz respeito às ligações entre os componentes das asnas e o modo como esta anomalia afeta o seu funcionamento. Na eventual rotura da ligação nos apoios entre a barra da linha e das pernas, vital na estabilidade da cobertura, perde-se o efeito de distribuição de esforços (efeito de asna), passando a parede de alvenaria a absorver os impulsos horizontais provenientes da cobertura. Uma vez que este elemento não era executado para receber esse tipo de ações, acaba por fendilhar segundo a direção vertical [4] [44].

No que diz respeito às anomalias provocadas por outros fatores já mencionados anteriormente, Lopes [63] reforça a importância da compreensão das especificidades próprias da madeira enquanto matéria-prima de origem vegetal, estabelecendo um elo de ligação entre essas especificidades e as principais causas da degradação registada em elementos de madeira. Neste sentido, a mesmo autor salienta que a humidade não constitui isoladamente, por si própria, um fator de degradação das estruturas de madeira. A permanência das estruturas de madeira em ambientes húmidos e de fraca ventilação é que potencia as condições ideais de vida aos agentes biológicos, sendo estes os principais responsáveis pela degradação da madeira.

Esta afirmação vai de encontro ao afirmado por outros autores, nomeadamente Appleton [4], reforçando que as elevadas deformações verificadas nas estruturas de cobertura podiam ter muitas origens. É exemplo disso o incorreto dimensionamento dos elementos (inércia insuficiente) ou com a colocação de madeira verde em obra, opções justificadas pelo desconhecimento, na época, das propriedades reais de resistência e deformação dos materiais. Outras origens podem estar associados aos efeitos naturais dos fenómenos de fluência, agravados pela ação dos agentes biológicos e atmosféricos (Figura 3.38).



a) Viga cobertura atacada por podridão branca.



b) Ataque de insetos xilófagos em entrega de barrote de cobertura.

Figura 3.38 - Ação de agentes biológicos em elementos de madeira da estrutura da cobertura [71].

Nas coberturas em terraço ou planas, as principais anomalias detetadas estão relacionadas com diminuição da estanquidade devido ao envelhecimento e danos no sistema de impermeabilização da cobertura. Neste domínio, a degradação da base das mesmas vai provocar deformações e fendilhações no sistema impermeabilizante [4].

3.3.5 Anomalias em Paredes de Compartimentação

Existe uma quantidade considerável de anomalias em paredes de compartimentação que estão diretamente relacionadas com o comportamento das paredes resistentes e pavimentos, uma vez que os diversos pontos de contacto direto entre estes elementos construtivos justificam o aparecimento de anomalias. Conforme já descrito na presente dissertação, a par do papel de compartimentação, as paredes interiores desempenhavam um papel importante no travamento global da estrutura do edifício. De um ponto de vista estrutural, o deficiente comportamento dos elementos estruturais em contacto com estas paredes resultam em alterações do equilíbrio estático destes edifícios, obrigando as mesmas a suportar cargas elevadas e desempenhar funções resistentes para as quais não estavam preparadas [4].

As paredes interiores, maioritariamente constituídas por madeira (paredes de tabique), devido à sua esbelteza e fragilidade apresentam fraca capacidade de suportar forças de compressão e por isso são mais suscetíveis ao aparecimento de anomalias devido a:

- Encurvadura (Instabilidade provocada pelo excesso de carga axial aplicada no topo da parede);
- Esmagamentos (Ocorrência de fendas e empolamentos de reboco).

Estes problemas podiam ocorrer de forma natural ou por erros humanos. A primeira situação é facilmente exemplificada através dos assentamentos diferenciais das fundações, resultando em assentamentos de

pavimentos que por sua vez causam a fendilhação das paredes interiores (Figura 3.39 a)). Relativamente aos erros humanos, destacam-se as intervenções executadas ao longo dos anos, cujas alterações construtivas eliminavam elementos de apoio dos pavimentos (paredes ou vigas principais), resultando em rearranjos ao nível da redistribuição de esforços que, nos casos mais gravosos, transmitiam cargas diretamente às paredes de compartimentação [4].



a) Fendilhação.



b) Empolamento de reboco [84].

Figura 3.39 - Anomalias em paredes interiores.

Ainda assim não é de desprezar que a presença de água nas zonas de ligação com os elementos da envolvente exterior, o próprio envelhecimento dos materiais e as deformações devidas a efeitos da fluência da madeira, são fatores responsáveis por alguns focos de anomalias frequentes em edifícios antigos, e que portanto também devem ser considerados no caso particular das paredes de compartimentação.

3.3.6 Anomalias em Revestimentos e Acabamentos da Envolvente Exterior

A maior parte das anomalias que se detetam nos revestimentos e acabamentos dos edifícios antigos está relacionada com a ação da humidade. Conforme descrito em capítulos anteriores, a ocorrência de infiltrações representa um problema grave para toda a edificação, afetando os elementos da envolvente exterior (paredes, coberturas, caixilharias), estendendo-se ao interior dos mesmos (paredes interiores, pavimentos, escadas).

O caso particular das infiltrações provenientes de águas sujas introduzem grandes quantidades de sais nitratos e matéria orgânica que originam eflorescências, as quais são mais uma causa direta da degradação de alguns revestimentos, nomeadamente de rebocos, e de pinturas.

Regista-se ainda nas envolventes um apreciável número de anomalias devidas à oxidação e corrosão de peças metálicas existentes nos edifícios. A oxidação ocorre especialmente devido à presença de água e

oxigénio, provocando a oxidação do metal e conseqüente redução das capacidades resistentes do material. Este fenómeno pode ser registado em elementos como espigões em chumbadores de portas e janelas, apoios de varandas e guardas, fixações de cantarias, vigas e tirantes, etc. [2].

Importa ainda salientar as anomalias relacionadas intervenções pouco cuidadas como a aplicação recente de argamassas ricas de cimento Portland incompatíveis com os suportes antigos, de pedra com argamassas de cal, ou mesmo de terra e cal. Um reboco efetuado com estas argamassas, quando aplicados sobre bases com propriedades muito diferentes, tornam-se incompatíveis conduzindo à sua fissuração e posterior descolamento dos novos revestimentos [4].

3.3.6.1 Revestimento das Paredes Exteriores

Os principais tipos de anomalias observadas nos rebocos tradicionais, multicamadas, dos paramentos exteriores das paredes são:

- Fendilhação;
- Perda de aderência;
- Eflorescências;
- Colonização biológica;
- Manchas de humidade e sujidade.

Segundo Veiga [101], o tipo ou incidência das anomalias pode variar conforme o tipo de reboco utilizado, seja este tradicional, pré-doseado ou com pintura como acabamento. Os aspetos responsáveis pelos mecanismos de degradação mais correntes são a água, poluição, sais, reações expansivas, biodeterioração e deformações estruturais.

A fendilhação é uma anomalia que pode ser devida à constituição do reboco ou à fendilhação existente na parede. São exemplos típicos do primeiro caso a retração excessiva do reboco devido a deficiente dosagem (ligante em excesso), espessura adequada e deficientes condições de cura. É importante salientar que a fendilhação é a anomalia com maior influência no comportamento dos rebocos exteriores, pelo facto de afetar a sua capacidade de impermeabilização, prejudicar gravemente a aderência, permitir infiltrações de água ou outros agentes e fixação de microrganismos e, conseqüentemente, reduzir a durabilidade do revestimento e da própria parede [54] [65].

A perda de aderência entre a argamassa e parede é uma anomalia bastante comum e particularmente gravosa, manifestando-se através do destacamento da argamassa em relação ao suporte ou pela perda de coesão do material constituinte (Figura 3.40). O aparecimento desta anomalia significa o final de vida útil do reboco, sendo possível considerar que os requisitos de proteção das alvenarias, segurança e

qualidade visual das superfícies das fachadas deixam de ser cumpridos e, portanto, o mesmo deve ser substituído.



Figura 3.40 - Revestimento com perda de aderência [100].

3.3.6.2 Elementos de Pedra (Cantarias)

A utilização de tipos de pedra de baixa porosidade e de elevada resistência, em geral de boa qualidade e bom comportamento em obra (por exemplo granito), garante uma boa resistência aos agentes de alteração, pelo que são relativamente pouco numerosos, e de pouca gravidade, os casos de degradação que se verificam neste material [2]. Ainda assim, no que diz respeito a anomalias em elementos de cantaria, salienta-se as seguintes condicionantes:

- Desgaste da pedra;
- Sujidade;
- Fissuração;
- Cobertos biológicos;
- Efeitos da poluição atmosférica (chuvas ácidas).

A degradação superficial da pedra, provocada pela abrasão imposta pela circulação da água das chuvas, não é considerada uma reação anómala capaz de comprometer a função estrutural da pedra, afetando, no entanto, a sua aparência através do aumento da rugosidade e desgaste da superfície. Este fenómeno é mais visível em pedras de cantaria muito macias, uma vez que a sua constituição facilita a dissolução imposta pela água e ação dos químicos provenientes da poluição atmosférica, resultando em níveis de desgaste superiores e consequente redução da espessura da pedra [55].

Por sua vez, a sujidade acumulada devido à ação de agentes agressores de natureza biológica é um fenómeno grave. A exposição da pedra de cantaria a diversos componentes estranhos (sulfatos, sais, ferro e outras partículas) pode originar a formação de crostas que, no futuro, podem causar degradações profundas nos elementos. Aqui destaca-se também a ação dos animais, em particular a ação química

provocada pelo depósito de excrementos de aves. Estes dejetos contêm elevados teores em nitratos, enxofre, e ainda alguma percentagem de ácido fosfórico, que provocam transformações químicas na superfície da pedra [24].

A fissuração constitui uma anomalia provocada por ações mecânicas, já descritas na presente dissertação, das quais se destacam os movimentos de natureza estrutural das paredes e fundações, as cargas excessivas, oxidação de chumbadores e ferro, choques acidentais, etc.

A ocorrência de coberturas biológicas é comum em zonas das fachadas mais ensombradas, e revelam-se através de manchas de líquenes, fungos e musgos na superfície da pedra (Figura 3.41). No caso das eflorescências, apesar de pouco habituais em pedra de baixa porosidade, podem provocar a formação e destacamento de placas e a degradação através da arenização (formato de areia) e pulverização (formato de pó) [55].



Figura 3.41 - Cobertura biológica em fachada [55].

Relativamente à poluição atmosférica, e com efeito os agentes químicos existentes no ar poluído, estimulam o efeito de degradação da pedra. Aqui podemos realçar o efeito do dióxido de carbono, dióxido de enxofre e gases sulfurosos existentes na atmosfera. No caso do dióxido de enxofre, sendo um dos principais causadores das chuvas ácidas, acelera o processo de corrosão dos revestimentos dos edifícios, e assume maior gravidade em pedras de origem calcária [79]. A maioria dos monumentos históricos possuem elementos em mármore, que se trata de carbonato de cálcio na sua forma cristalina e de pedra-sabão, cuja constituição apresenta carbonato de sódio. Ambos elementos referidos são sais que reagem por meio de dissolução com os principais ácidos da chuva, o ácido nítrico e o ácido sulfúrico. Assim sendo, e considerando uma ação a longo prazo, a chuva ácida dissolve literalmente as superfícies de mármore existentes nos monumentos [107].

3.3.6.3 Revestimento Exterior com Azulejos

Os azulejos surgem essencialmente em edifícios do final do séc. XIX e princípio do séc. XX com peças de qualidade e boa execução embora com argamassas fracas que, por vezes, cedem pontualmente ao tempo

e à humidade nas bases de assentamento. O envelhecimento traduz-se em micro fissuração do vidro e, como consequência, algumas peças de pior qualidade perdem o revestimento. Verificam-se assim algumas perdas e quebras pontuais cujo principal problema resulta da dificuldade em reparar com azulejos idênticos [2].



Figura 3.42 - Perda de azulejos em revestimento exterior.

3.3.6.4 Revestimento de Cobertura

As manifestações patológicas mais importantes, que ocorrem nas coberturas, resultam na passagem de humidade e de água das chuvas para o interior dos edifícios. Esta problemática deve-se em grande parte ao deficiente comportamento dos revestimentos das coberturas e dos sistemas de captação e evacuação destas águas. De um modo geral, podemos destacar as principais degradações observadas [2]:

- Telhas partidas;
- Telhas mal colocadas ou desviadas da sua posição;
- Acumulação de lixos na cobertura;
- Aumento de peso da cobertura;
- Deficiência dos sistemas de drenagem de águas pluviais;

A ocorrência de assentamentos importantes das estruturas de cobertura podem resultar em telhas partidas, assim como circulação descuidada de pessoas nas coberturas para reparações pontuais que por vezes são necessárias. Estes trabalhos de reparação, a par dos descuidos já mencionados, são realizados de forma inadequada, resultando em telhas mal colocadas e muitas vezes diferentes das existentes. O posicionamento incorreto das telhas, ou simples deslocamento das mesmas, resultam na abertura de juntas que permitem a entrada de água.

A falta de manutenção é uma realidade comum nos edifícios antigos, que no caso concreto dos revestimentos de cobertura favorecem a acumulação de poeiras e lixos nos telhados, permitindo o desenvolvimento de organismos e plantas herbáceas que se fixam às telhas, dificultando o escoamento

da água das chuvas. A existência das referidas plantas, assim como a permanência da água no telhado por períodos de tempo elevados, aumentam o peso que a estrutura de cobertura tem de suportar, sendo mais um problema a considerar.

A drenagem ineficiente das águas da chuva resulta muitas vezes no seu escoamento para o interior dos edifícios, através de ruturas e fendilhações existentes. Os problemas mais comuns nos sistemas de drenagem consistem na destruição ou entupimento de caleiras e tubos de queda.

3.3.6.5 Caixilharias

Citando Appleton [4], o *“envelhecimento dos materiais constituintes da caixilharia e dos seus revestimentos e acabamentos, associado à falta de manutenção periódica, explicam o grau de degradação que geralmente se pode observar. Sem dúvida que se trata de elementos particularmente sensíveis, pela sua localização no edifício, exposto à ação direta da radiação solar e das chuvas batidas pelo vento”*.

Mais uma vez, a ação da humidade assume um papel preponderante na deterioração da caixilharia de madeira, favorecendo o ataque de fungos e insetos e provocando problemas de estanquidade. Relativamente as anomalias mais comuns, Amaral [2] destaca:

- Deterioração da junta de vedação aro-vão, ou aro-guarnecimento do vão, quer por apodrecimento dos elementos do aro, quer mesmo por rutura da ligação deste ao contorno do vão;
- Empenos ou descaimentos das folhas móveis verificados em número significativo;
- Bastantes situações de apodrecimento, em alguns casos localizadas e em outros generalizados, de elementos das folhas;
- Roturas de ligações fixas entre elementos das folhas, em número significativo;
- Deterioração generalizada das juntas de vedação dos vidros nas golas de montagem e quebra de vidros;
- Folgas excessivas nas juntas móveis, com consequência de variações higrométricas (retrações) dos elementos das folhas móveis;
- Degradação da pintura, bastantes vezes de forma generalizada, quer dos aros fixos, quer das folhas móveis.



Figura 3.43 - Caixilharia com madeira deteriorada e vidros danificados [55].

3.3.7 Anomalias em Revestimentos e Acabamentos da Envolvente Interior

Nos capítulos anteriores deu-se especial destaque aos problemas causados pela penetração da água na construção e pela presença de diversos tipos de humidades. Estas causas negativas afetam essencialmente as envolventes das edificações, ficando portanto o interior mais preservado. Contudo há ainda um amplo conjunto de fatores adversos que afeta também os elementos da construção interiores, mais concretamente os revestimentos e acabamentos, que de seguida são apresentados.

3.3.7.1 Revestimento Paredes Interiores

As principais patologias nas paredes interiores verificam-se nas paredes de tabique. Estas manifestam-se nos revestimentos de argamassa através de fendas, encurvadura e empolamentos de reboco (Figura 3.44), por cedência profundas das estruturas de madeira dos tabiques quando submetidas a esforços de flexão impostos pelos pavimentos.



Figura 3.44 - Empolamento de reboco em parede interior.

A presença da água junto das envolventes acelera a degradação dos materiais constituintes. Esta degradação provoca cedências e pequenos movimentos da construção que danificam os revestimentos

finais, ou barramentos, de cal e gesso nas paredes interiores. Também a rotura de canalizações de água e de esgoto são responsáveis por muitas patologias acima referidas.

3.3.7.2 Pavimentos

As patologias em revestimentos de pavimentos interiores afirmam-se como degradações pontuais em revestimentos de pavimento de madeira, constituídos por pranchas, produzidas por ataque de térmitas em pisos térreos, ou junto a paredes humedecidas (Figura 3.45 a)). Existem também diversas degradações pontuais fruto de uso, por vezes indevido e repetido, de certos tipos de limpezas e lavagens. Por norma, os revestimentos de madeira utilizados em locais como cozinhas e instalações sanitárias são os mais degradados [4]. É bastante recorrente também degradações por desgaste (Figura 3.45 b)), comum em locais pontuais, nomeadamente junto a entradas ou passagens.



a) Degradação soalho junto a parede humedecida [2].



b) Desgaste do revestimento de madeira.

Figura 3.45 - Anomalias revestimentos pavimentos.

3.3.7.3 Tetos

É nos tetos dos últimos pisos onde se registam as anomalias mais significativas que, devido à degradação das coberturas, sofrem os efeitos das infiltrações já relatadas. As mais correntes verificam-se nos tetos à base de gesso, aplicado sobre fasquiado de madeira, do qual o gesso se destacou fruto da queda de água sobre a madeira ou de oscilação da madeira por variações termo-higrométricas bruscas (Figura 3.46 a)). Também correntes nos edifícios antigos são os tetos forrados segundo a técnica “camisa e saia” com anomalias pontuais resultantes do desprendimento e do apodrecimento de partes dos tetos com a água e humidades presentes em elementos estruturais de paredes e pavimentos na sua proximidade. Nos edifícios antigos de melhor qualidade os tetos incluem, por vezes, elementos decorativos com relevos em gesso os quais apresentam pequenas patologias pontuais resultantes de quebras e desprendimentos destes elementos, ou porque são também arrastados pelo estuque a que estavam aderentes [71].



a) Destacamento de estuque.



b) Manchas por humidade de infiltração.

Figura 3.46 - Anomalias revestimento teto [71].

3.3.7.4 Portas e Equipamentos Interiores

Considerámos equipamentos interiores todos os elementos secundários de compartimentação e os elementos de equipamento (portas, janelas, guardas, lambris, guarnecimentos, armários, etc.). Tratando-se essencialmente de elementos de madeira maciça pintada, as patologias detetadas mais frequentes têm muitas vezes origem exterior ao elemento, nomeadamente desajustes geométricos que impedem o seu funcionamento. Estes desajustes são devidos a cedências das paredes e aros ou desnivelamentos de pavimentos.

Outras patologias são internas aos elementos e resultantes do apodrecimento, ou da degradação, de componentes desses elementos (aros, travessas, portadas, etc.) fruto de ataques de xilófagos, ou da avaria e/ou destruição de importantes ferragens.



a) Porta interior degradada.



b) Portada interior com pintura degradada devido a exposição solar [2].

Figura 3.47 - Anomalias em equipamentos interiores.

Sublinha-se ainda as patologias ligadas aos acabamentos, devido à má qualidade inicial da sua construção e dos materiais de pintura, ou à incidência solar nomeadamente sobre portadas de madeira (fissuras, empolamentos e descasques) (Figura 3.47 b)). De um modo geral, os acabamentos por pintura apresentam sinais de degradação através de destacamentos, manchas e alterações da cor. Estes devem-se sobretudo à má qualidade ou inadequação dos materiais aplicados, presença de humidade na base de aplicação, má utilização, falta de manutenção e envelhecimento natural do revestimento por pintura devido a exposição aos agentes atmosféricos [2] [4].

3.4 ENSAIOS

A necessidade de avaliar o estado, condições de conservação e características mecânicas das diversas peças estruturais, impõe o recurso a ensaios experimentais sobre a estrutura em causa ou sobre os seus materiais de modo a quantificar dados necessários à definição do comportamento estrutural. Os meios auxiliares de diagnóstico incluem técnicas de ensaio e de monitorização que são geralmente classificadas em destrutivas, parcialmente destrutivas e não-destrutivas. A preservação do património histórico e cultural pressupõe o respeito pela integridade e lógica construtiva da estrutura existente, e como tal as técnicas de ensaios destrutivos não devem ser consideradas nas construções antigas com reconhecido valor histórico.

A potencial mais-valia científica conseguida por este tipo de ensaio é portanto evitada na grande generalidade dos casos de edifícios antigos, focando-se o estudo, a realizar, apenas nas técnicas não-destrutivas ou parcialmente destrutivas, abordados na presente dissertação. Ainda assim, nos casos em que estes tipos de ensaios não são suficientes para obter todas as informações necessárias, pode ser considerada a utilização de ensaios parcialmente destrutivos e destrutivos em casos de extrema necessidade ou em casos pontuais [4].

3.4.1 Ensaios não destrutivos

Conforme descrito por Binda [12], os ensaios não destrutivos não requerem ações diretas invasivas na estrutura e os resultados obtidos, sendo geralmente de tipo qualitativo (com exceção dos ensaios dinâmicos), fornecem uma avaliação preliminar das características mecânicas dos materiais. De um modo geral, podem ser usados para:

- Detecção de elementos estruturais ocultos tais como pilares, arcos, estruturas de pisos intermédios, etc.,
- Qualificação dos materiais e caracterização das zonas de heterogeneidade dos mesmos,
- Avaliação da extensão dos danos mecânicos em estruturas fissuradas,

- Detecção de vazios e cavidades,
- Avaliação do teor de humidade e da altura de ascensão capilar,
- Detecção de degradação superficial;
- Avaliação de algumas propriedades físicas e mecânicas dos materiais.

Uma vez que os ensaios não-destrutivos apenas fornecem resultados maioritariamente qualitativos, é necessário que a interpretação dos resultados seja realizada por técnicos experientes, pois quando a correlação essencial entre a propriedade medida e a de interesse não está claramente provada ou a experiência revela-se insuficiente, podem ocorrer discrepâncias quanto a interpretação dos resultados [12].

De salientar que não é realizada neste capítulo uma análise exaustiva dos diferentes ensaios não destrutivos apresentados, mas sim uma apresentação breve do seu funcionamento e dados que os mesmos permitem retirar.

3.4.1.1 Termografia por infravermelhos

A termografia assenta no princípio de que todos os corpos emitem radiação térmica, sendo esta classificada como passiva ou ativa. Na termografia passiva, é analisada a radiação de uma superfície durante ciclos térmicos impostos por fenómenos naturais (insolação e subsequente arrefecimento). Pelo contrário, na termografia ativa é efetuada uma estimulação térmica na superfície através de projetores de luz ou outros sistemas geradores de calor [13].

O equipamento utilizado para reunir as informações relativas à radiação térmica do material em estudo é uma câmara termográfica sensível à radiação infravermelha (Figura 3.48 a)), possibilitando a elaboração de um termograma (emissividade dos materiais) [73]. As condições ambientais como céu nublado, velocidade de vento, temperatura de ar, luz solar, precipitação e áreas molhadas, podem alterar e modificar a precisão e fiabilidade desta técnica [74].



a) Câmara termográfica.



b) Termografia em abóbada.

Figura 3.48 - Termografia por infravermelhos [26].

Tradicionalmente, para medir e avaliar heterogeneidades de materiais constituintes de um elemento construtivo, é necessário recorrer a processos destrutivos para remoção de revestimentos. A termografia permite fazer estes estudos de caracterização sem aceder diretamente ao elemento em estudo, assinalando zonas com heterogeneidades e passagens de ar (por exemplo juntas). Esta vantagem é particularmente útil em edifícios antigos, uma vez que permite a identificação dos vários materiais constituintes de um determinado elemento construtivo (por exemplo uma parede resistente), assim como a presença ou inexistência de humidade sem qualquer tipo de medida invasiva ou mesmo contacto com a superfície [27].

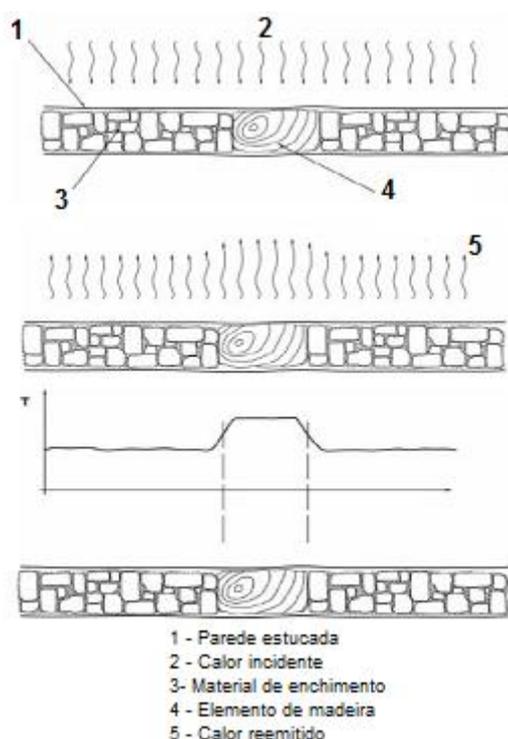


Figura 3.49 - Comportamento térmico de parede de pedra com elemento de madeira [27].

O comportamento térmico dos materiais é determinado através de dois parâmetros: a condutibilidade térmica e o calor específico. Conforme ilustrado na Figura 3.49, a diferença de temperatura entre a parede de pedra e o elemento de madeira permite constatar que diferentes materiais sujeitos à mesma solicitação térmica absorvem e conduzem o calor de forma diferente [27].

3.4.1.2 Ensaios sínicos e ultrassónicos

Esta técnica de ensaio está ligada à velocidade de transmissão de ondas pela estrutura, baseada na geração de um impulso sínico ou ultrassónico num ponto da estrutura e cujo sinal é captado por um recetor.

A informação é obtida através da medição do tempo que os impulsos levam a percorrer uma determinada distância conhecida desde o gerador ao recetor, permitindo portanto calcular a velocidade de propagação das ondas. Esta velocidade depende de fatores intrínsecos (mineralogia, textura, porosidade, etc.) e extrínsecos (teor de humidade, temperatura, etc.), e os resultados obtidos podem fornecer informação relativa a diversas irregularidades impostas pela deterioração através de microfissuras, defeitos provocados pelo fogo e misturas de argamassas [74]. Perante a existência de um vazio, as reflexões de onda que se produzem levam a reduções significativas da amplitude da onda e aumento do tempo de propagação, o que desde logo possibilita a deteção de cavidades no interior de uma dada zona estrutural [10].

A execução prática deste ensaio utiliza um equipamento composto por uma unidade central (gerador de impulsos e circuito de leitura) e transdutores (Figura 3.50), sendo possível utilizar uma única sonda como transmissor e recetor ou sondas separadas de transmissão e receção. Este último requer que seja colocado um transdutor de cada lado do elemento, desdobrando-se em três métodos distintos: o método direto, o semidireto e o indireto ou superficial (Figura 3.51).



Figura 3.50 - Aparelho ultrassom [106].

Segundo Córias [27], o método direto e semidireto permitem avaliar as características de resistência mecânica e de homogeneidade do material, sendo necessária a aplicação dos transdutores em duas faces do material. O método indireto é utilizado maioritariamente para determinar a profundidade de fissuras, necessitando apenas da face de um elemento para aplicação do transdutor.



Figura 3.51 - Métodos de transmissão no ensaio de ultrassons [27].

De um modo geral, [10] estabelece que com este ensaio é possível obter a seguinte informação:

- Estimativa do módulo de elasticidade e da resistência à compressão, a partir de correlações empíricas com a velocidade de propagação das ondas sónicas;
- Homogeneidade das características dos materiais constituintes;
- Presença de fendas no material contínuo;
- Presença e efeitos de anteriores reforços (ex. de argamassa).

Os ensaios sónicos são preferencialmente utilizados para meios heterogéneos e os ultrassónicos para estruturas contínuas com elevada homogeneidade. Para estruturas de alvenaria, tipicamente heterogéneas, é corrente usar impulsos sonoros gerados por dispositivos mecânicos (ex. martelo) semelhantes aos usados em solos ou maciços rochosos, pois as juntas e os vazios existentes na alvenaria de pedra constituem uma barreira impenetrável para ondas ultrassónicas [87].

3.4.1.3 Ensaio de tomografia sónica

Este ensaio é baseado na técnica de ensaio de ultrassons, apresentando como principal aspeto diferenciador a maior complexidade da tomografia na análise e processamento dos dados da propagação das ondas sónicas.

Aqui é realizada a transmissão de ondas sónicas aos materiais, em várias direções, obtendo-se um mapa pormenorizado da distribuição da velocidade do som numa secção plana da estrutura (Figura 3.52) [114]. O referido mapa de distribuições das velocidades de propagação do som no elemento a estudar permite reconstruir a sua geometria interior, determinando as características físicas e verificando a integridade da estrutura em análise [74] [114].

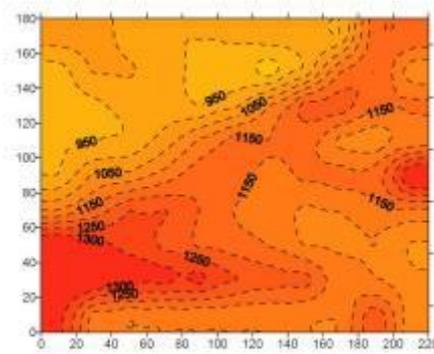


Figura 3.52 - Tomografia de uma parede de alvenaria [98].

O equipamento utilizado na execução do ensaio é constituído por um gerador da onda de tensão de baixa frequência, um martelo instrumentado ou um impactador calibrado, um acelerómetro recetor e um dispositivo de registo, que regista o impulso inicial e a onda recebida [114].

É efetuada a medição da velocidade de propagação dum impulso sónico ao longo de várias direções que cobrem uniformemente a secção a estudar. O cálculo é feito pressupondo que, num campo não uniforme de velocidades, os impulsos sónicos não se propagam segundo linhas retas mas seguem linhas curvas, em resultado da refração, tal como ilustrado na Figura 3.52. A partir do tempo de propagação do sinal, é possível reconstituir a distribuição das velocidades obtendo um mapa de distribuição das velocidades de propagação do som, que permite identificar heterogeneidades e áreas de deficiente resistência [114].

De salientar que a complexidade do método e existência de técnicas de processamento e análise subjacentes mais sofisticadas, restringem a sua realização apenas por parte de instituições com elevada especialização técnica, o que acarreta custos elevados [5].

3.4.1.4 Ensaio de radar

Este método está associado ao uso de ondas eletromagnéticas de alta frequência (100 MHz – 1 GHz), emitidas por impulsos muito curtos e cuja reflexão das suas ondas permite localizar superfícies de separação entre materiais através do contraste entre as suas características dielétricas [74].

O seu funcionamento consiste na leitura dos ecos gerados pelo impulso eletromagnético emitido pela antena emissora, ambos registados pela antena num traço equivalente à amplitude do sinal em função da profundidade, originando um radargrama. O estudo dos fenómenos de reflexão permitem determinar alterações ou defeitos nos materiais constituintes da estrutura, possibilitando por exemplo detetar juntas, defeitos ou cavidades na alvenaria, encontrar estruturas ou tubagens ocultas, etc. [5].



Figura 3.53 - Sistema de Radar [49].

Trata-se de uma técnica de utilização in-situ rápida e eficaz que apresenta resultados confiáveis, apresentando no entanto algumas desvantagens devido à impossibilidade de transmitir indicações sobre a resistência das peças analisadas e por detetar metais magnéticos, gerando confusões entre armaduras ou simples elementos embebidos [74]. De realçar que o elevado custo deste tipo de ensaio, reservando a sua utilização para casos muito especiais e pontuais.

3.4.1.5 Ensaios dinâmicos

Os ensaios dinâmicos in-situ são utilizados para fazer a validação do comportamento estrutural e da integridade do edifício. O método permite avaliar parâmetros modais como a frequência, modos de vibração e amortecimento, entre outros, estando a sua metodologia assente na medição e controlo das frequências próprias de vibração da estrutura e seu acompanhamento ao longo do tempo [88]. Os valores obtidos permitem conhecer, por exemplo, o comportamento da estrutura perante a ocorrência de uma ação sísmica.

As frequências dependem diretamente da rigidez da estrutura, dado que uma diminuição da rigidez resulta numa diminuição da frequência e um aumento da massa traduz-se também na redução da frequência da estrutura. Assim, é possível constatar que mantendo a massa constante, é possível efetuar um controlo da frequência através de um controlo indireto da rigidez [5] [88].

Para estruturas complexas, como é o caso de maioria das construções antigas, o esquema estrutural não é tão facilmente identificável e os materiais constituintes não apresentam, na maioria dos casos, características de homogeneidade por toda a estrutura, dificultando a aplicação deste método.

Nestes casos, o modelo estrutural deve considerar um conjunto de hipóteses e de valores para os parâmetros de comportamento (ex.: módulo de deformabilidade, coeficiente de Poisson, massa volúmica, ângulo de atrito, coesão, etc.) que vão sendo calibrados de forma criteriosa, ajustando as frequências de vibração calculadas através do modelo numérico com as frequências medidas in-situ [5].

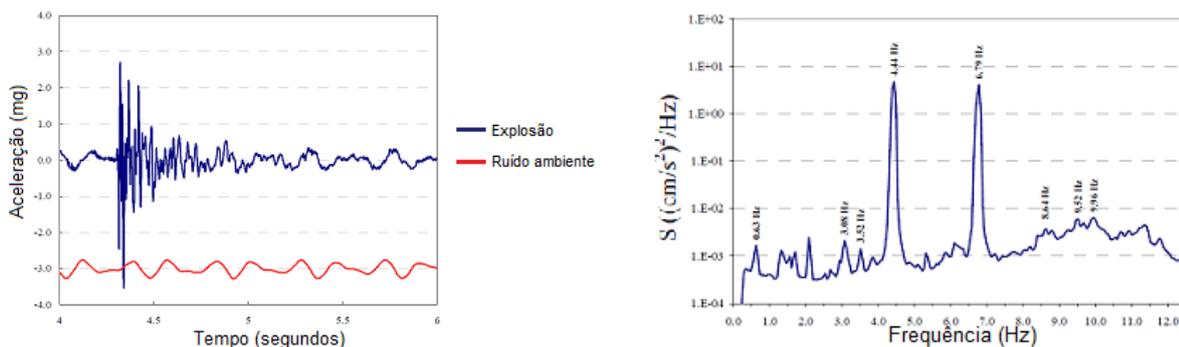
Existem dois tipos de procedimentos que podem ser considerados para a realização deste ensaio:

i. Medições de vibração ambiental

As forças dinâmicas sobre a estrutura derivam de fatores ambientais, tais como o vento e o ruído ambiente. É registrada a resposta dinâmica da estrutura através da medição de acelerações com sensores apropriados e colocados em posições estratégicas (Figura 3.54 a)). Os sinais obtidos são tratados e analisados em termos de amplitude e conteúdo de frequência, com recurso a técnicas de análise espectral, sendo então possível determinar as características dinâmicas da estrutura: as suas frequências e modos fundamentais de vibração e o amortecimento estrutural [5].

ii. Medições de vibração forçada

Imposição de vibrações forçadas de baixa intensidade na estrutura, de modo que os níveis de vibração produzidos não afetem a integridade da estrutura, sendo a resposta registada tal como para os ensaios de vibração ambiental. A excitação forçada pode ser induzida por vibradores mecânicos ou por explosivos de baixa potência (Figura 3.54 a)). O tratamento de resultados segue os mesmos métodos que no caso anterior [5].



a) Amostra de sinal (Explosão / Ruído ambiente).

b) Espectro de potência médio.

Figura 3.54 - Resultados ensaio dinâmico [5].

De salientar que não se trata de um ensaio de uso corrente, já que utiliza equipamentos dispendiosos e fornece resultados cujo tratamento é baseado em manipulações matemáticas e algoritmos complexos. Ainda assim, tem-se verificado o desenvolvimento e comercialização de aparelhos comerciais para uso expedito, com destaque para os acelerógrafos (Figura 3.55).



Figura 3.55 - Acelerógrafo [108].

Este equipamento permite registar acelerações em três direções ortogonais de um determinado ponto, alojadas numa caixa portátil com ligação direta a um computador para transferência e análise de resultados no próprio local. A utilização de múltiplos acelerómetros no mesmo elemento pode potenciar a obtenção correta das suas características e rigor dos resultados [5].

A introdução no mercado de programas de análise de resultados de vibração de estruturas tem possibilitado o acesso mais generalizado a esta técnica de ensaio, tradicionalmente reservada a um número muito restrito de instituições especializadas (universidades e laboratórios específicos). Assim, é possível constatar que os ensaios dinâmicos constituem uma técnica de elevado potencial na análise e caracterização do comportamento estrutural nos edifícios antigo, desde que, no futuro, sejam realizados esforços no sentido de disponibilizar bases de dados credíveis quanto às características dos materiais utilizados nesses edifícios [5].

3.4.1.6 Ensaios de carga estáticos

Os ensaios de carga são executados aplicando cargas normais a elementos estruturais, por patamares de carga, com medição em simultâneo da sua deformação. A forma e valores dos diagramas de carga resultantes dão informações sobre a elasticidade dos elementos, permitindo identificar o comportamento da estrutura em condições de carga e descarga.

De um modo geral, este método permite obter informações relativamente a deformações, assentamentos dos apoios e estudo de formação de fissuras (novas ou já existentes), por patamar de carga atuante. Para se materializar a carga pode usar-se água, areia, sacos de cimento, aço em varão, impondo um crescimento contínuo da carga (Figura 3.56) [35].



Figura 3.56 - Ensaio de carga estático sobre pavimento de madeira [44].

Este ensaio é apenas classificado como um ensaio não destrutivo quando o carregamento é aplicado até o estado limite de serviço da estrutura ou elemento estrutural. O objetivo é avaliar o comportamento sem atingir a rutura, sendo a leitura dos resultados apoiada em ferramentas de simulação numérica mais ou menos complexas, que permitem avaliar o estado e a capacidade de carga [97].

3.4.1.7 Higrómetro

O teor em água na madeira está relacionado com a percentagem de humidade, sendo um fator que condiciona bastante o comportamento e as propriedades da madeira, uma vez que a elevada percentagem de humidade na madeira potencia a sua suscetibilidade a ataques de agentes biológicos [16].

O higrómetro permite a obtenção do teor em água da madeira. Feio [39] realça que um teor de água elevado é revelador de uma deficiência na impermeabilização da fachada ou cobertura. Podemos considerar que, conforme descrito no Eurocódigo 5 [25], para valores de humidade abaixo de 20% a madeira permanece imune a ataques dos fungos xilófagos. Para madeiras que já sofreram ataques de fungos, este valor deve ser reduzido para 18%.



Figura 3.57 - Medição de percentagem de humidade com higrómetro [7].

Através de várias medições é possível identificar e atuar sobre eventuais zonas de entrada de água, com maior potencial de ataques de fungos que normalmente correspondem a detalhes construtivos que permitem a acumulação de humidade, ou a zonas que apresentem alterações cromáticas [48].

3.4.1.8 Identificação da espécie de madeira

A identificação da espécie de madeira é conseguida, na maioria dos casos, através da remoção de provetes muito reduzidos, não afetando a capacidade resistentes do elemento a ensaiar. Apesar de aparentar estar assente numa ação ligeiramente destrutiva, este ensaio é considerado um ensaio não destrutivo.

A importância da informação conseguida com este método está associada à identificação do material lenhoso, uma vez que a natureza da espécie florestal pode apresentar grande variabilidade em relação às propriedades físico-mecânicas, essenciais na avaliação da capacidade resistente do elemento [64]. Esta inspeção é realizada in-situ utilizando fatores como a cor, textura, diferenciação entre borne e cerne. Na impossibilidade de obter uma resposta concreta no que diz respeito ao tipo de madeira presente, é realizada uma análise laboratorial através de lupa e microscópio à disposição celular da madeira, característica intrínseca de cada espécie e que lhe confere determinadas características comportamentais [48].

3.4.1.9 Videoscópio

O Videoscópio permite observar zonas exíguas de difícil acesso ou não visíveis diretamente, através de pequenos buracos, aberturas ou falhas existentes nos elementos construtivos em análise.



Figura 3.58 - Videoscópio digital [117].

Este instrumento pode ser utilizado por exemplo para a observação dos diferentes elementos de pavimentos sem remoção do revestimentos, permitindo uma análise visual do interior e identificar desde logo a existência de perfis metálicos adicionais de reforço e/ou ataques de insetos xilófagos.

3.4.1.10 Resistógrafo

O Resistógrafo é um instrumento que permite uma análise não destrutiva do estado da madeira em profundidade, relacionando a energia despendida na penetração a velocidade constante de uma agulha de pequeno diâmetro com a resistência da madeira à perfuração.



Figura 3.59 - Medição integridade de elementos de madeira com o Resistógrafo [112].

Segundo Dias [44] trata-se de um método de fácil utilização (necessário apenas um operador) e os seus resultados são de interpretação simples. A informação qualitativa obtida é disposta num registo desenhada da variação da resistência à penetração (em papel ou formato digital), permitindo identificar variações de densidade ao longo das diferentes secções do elemento estrutural em estudo, anéis de crescimento, zonas de degradação biológicas e vazios existentes. A Figura 3.60 representa um exemplo do perfil fornecido pelo Resistógrafo, em que o eixo das abcissas (xx) indica a profundidade de penetração da agulha, em mm, e o eixo das ordenadas (yy) indica a energia consumida pelo aparelho.

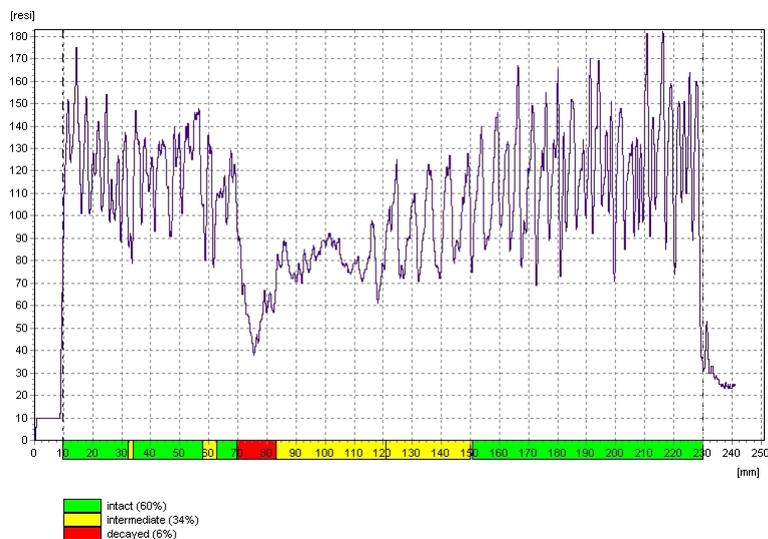


Figura 3.60 - Perfil de um Resistógrafo [36].

A leitura do Resistógrafo permite estimar algumas características mecânicas da madeira, avaliar o estado de conservação dos elementos e definir secções residuais. No exemplo ilustrado na figura anterior, as zonas assinaladas a verde oferecem maior resistência à penetração e por isso são consideradas “intactas”, enquanto a zona assinalada a vermelho ofereceu muito pouca resistência à penetração e como tal é classificada como “danificada”. Relativamente aos dados numéricos, estes deverão ser importados para

programas de cálculo, *Microsoft Excel* por exemplo, de forma a se poder efetuar um tratamento estatístico dos dados recolhidos [36].

3.4.1.11 Método de densidade superficial - Pilodyn

A utilização do Pilodyn é um método simples para estimar o estado de conservação superficial e a secção residual de peças de madeira. Este ensaio permite aferir alguns parâmetros físicos da madeira, como a massa volúmica a partir de correlações com a dureza superficial, medindo a resistência à penetração superficial da madeira através da leitura da profundidade alcançada pela agulha do aparelho.



a) Pilodyn 6J.



b) Medição com Pilodyn.

Figura 3.61 - Método de densidade superficial – Pilodyn [116].

A redução da resistência da madeira à penetração da agulha pode evidenciar a existência de defeitos, no entanto é importante realçar que este método apenas é capaz de caracterizar o estado superficial da peça. Não garante correlações significativas com a resistência mecânica das madeiras, fornecendo apenas a dureza superficial (ou a resistência à penetração superficial) e a massa volúmica, o que pode ser visto como uma limitação do método [47].

3.4.1.12 Poços de sondagem

O principal método para caracterização do tipo, forma e materiais das fundações de um edifício é a realização de poços de sondagem. Este procedimento pressupõe a escavação do terreno junto à fundação do edifício, permitindo a observação visual do tipo de solos existentes, características e limites das fundações e recolha de amostras para posterior análise em laboratório (Figura 3.62) [11].

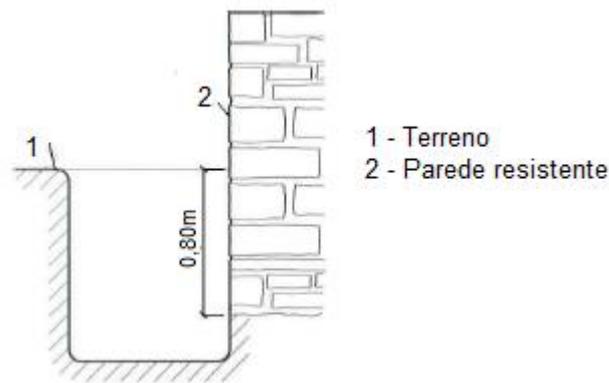


Figura 3.62 - Representação esquemática de um poço de sondagem (adaptado de [27]).

De um modo geral a inspeção visual direta deve permitir retirar conclusões sobre o estado de conservação das fundações e detetar eventuais deficiências como fendas, desagregações e perdas de material que poderão explicar a ocorrência de fendilhações das paredes e pilares suportados pela fundação. Para garantir a segurança do procedimento, o terreno escavado deve ser suportado por meio de entivação [4].

Podem ser realizados outros ensaios de reconhecimento para analisar as características de resistência mecânicas dos solos, nomeadamente as sondagens geotécnicas em profundidade. De um modo geral, os ensaios de reconhecimento em profundidade têm por finalidade verificar a natureza do solo, a espessura das diferentes camadas e a profundidade e resistência da camada mais resistente. Estes dados são importantes para determinação da capacidade resistente do solo e identificação do tipo de estrutura de fundação mais apropriado [4] [13] [27].

3.4.1.13 Técnicas de simulação

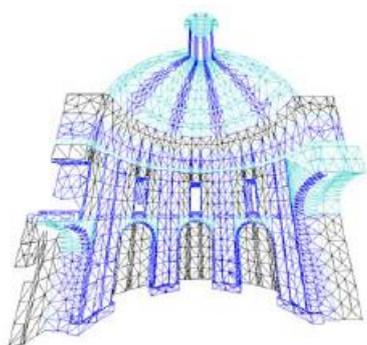
O estabelecimento de modelos estruturais adequados, coerentes com a observação da estrutura efetuada na fase de levantamento e com os resultados dos ensaios experimentais, deve constituir a base da avaliação de segurança. Costa [30] afirma que os métodos de análise estrutura existentes, quando aplicados a construções históricas, podem não ser precisos nem fiáveis e originar decisões inadequadas. A dificuldade em entender corretamente a complexidade de uma construção antiga ou monumento, as incertezas relativas às características dos materiais e a representação imperfeita do comportamento estrutural são alguns dos fatores que dificultam a análise a efetuar.

O modelo estrutural posiciona os diferentes elementos estruturais e componentes do edifício de maneira a representar e simular o seu funcionamento estrutural. Qualquer proposta de modelo deverá levar em consideração três aspetos fundamentais na avaliação da segurança: o esquema estrutural, as características dos materiais e as ações a que a estrutura está submetida. Estes podem ser concebidos com o objetivo de reproduzir e interpretar as avarias estruturais encontradas, prever a resposta estrutural sob condições ainda não experimentadas ou ainda de simular os efeitos resultantes de intervenções de

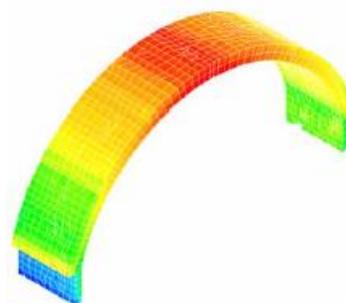
reabilitação e/ou reforço [53]. As particularidades impostas pelos edifícios com valor patrimonial geram dificuldades acrescidas devido a vários fatores já mencionados anteriormente, dos quais se salientam [5]:

- Dificuldade em modelar corretamente a estrutura, considerando todos os parâmetros;
- Incertezas relacionadas com características dos materiais constituintes do edifício;
- Influência de fenómenos ou eventos passados, assim como pouco conhecimento de alterações e reparações que tenham sido realizadas.

Levando isto em consideração, a modelação estrutural deverá permitir obter distribuições das tensões e isostáticas de tração e compressão e identificar possíveis zonas críticas. Pode também ser importante na análise de medidas de reforço, através da comparação dos resultados obtidos antes e depois da aplicação dos reforços. Hoje em dia o método mais comum de modelação estrutural é o método numérico (elementos finitos), cuja modelação numérica tridimensional da estrutura é feita recorrendo a programas de cálculo (por exemplo CASTEM 2000, SAP 2000, etc.), através da discretização das malhas do edifício, pormenorização de detalhes e obtenção de tensões instaladas em pontos da estrutura (Figura 3.63)[5].



a) Discretização numérica em estrutura [1].



b) Tensões de compressão instaladas em arco devido ao peso próprio [5]

Figura 3.63 - Modelação numérica tridimensional.

3.4.2 Ensaios ligeiramente destrutivos

As limitações impostas pelas técnicas de ensaio não destrutivas, nomeadamente ao nível da quantificação de parâmetros que caracterizam o comportamento específico dos diferentes materiais existentes na estrutura de um edifício, impõe a necessidade de utilização de métodos capazes de fornecer informações mais detalhadas sobre as características dos materiais. A utilização de ensaios ligeiramente destrutivos introduzem pequenas perturbações e danos na estrutura, através de ensaios em provetes pequenos e isentos de defeitos, permitindo a aquisição de informação importante relativa às características mecânicas dos materiais. Assim é possível afirmar que estes métodos conseguem fornecer uma

quantificação mais rigorosa e completa de alguns parâmetros que, apenas utilizando método não destrutivos, apresentam resultados incompletos [87].

A necessidade de preservação da pré-existência no caso dos edifícios antigos de reconhecido valor histórico obriga que a utilização deste tipo de ensaios seja cautelosa e pautada por pequenas intervenções que não deixem “sinais” do trabalho realizado.

3.4.2.1 Ensaios de Carotagem

Este método permite obter resultados fiáveis de caracterização mecânica dos materiais. A extração de pequenas amostras (carotes) do material (Figura 3.64 b)) em análise e retiradas de pontos representativos da estrutura permite a realização de ensaios laboratoriais sobre amostras e observação direta do interior do furo resultante da operação de carotagem.

As carotes são extraídas por uma máquina de corte rotativa dotada de coroa com dentes diamantados, na direção perpendicular à parede (Figura 3.64 a)). É procurado provocar a menor perturbação possível nas amostras, que são enviadas posteriormente para laboratório para realização dos ensaios necessários para determinação das características mecânicas, físicas e químicas dos materiais. Também os furos realizados podem ser usados para operações adicionais que permitirão visualizar a constituição da parede e auxiliar na definição das propriedades mecânicas dos materiais, utilizando para isso ferramentas como o videoscópio, ensaios sónicos e testes com dilatómetro. Guardando o topo exterior do carote é possível minimizar o impacto visual da operação, após fechar o furo realizado com material original da construção semelhante ao que foi extraído [74].



a) Extração de carotes.



b) Amostras de material.

Figura 3.64 - Carotagem [74].

A grande heterogeneidade dos materiais constituintes das estruturas antigas de alvenaria releva a importância deste ensaio na definição desses mesmos materiais. Pode ser também utilizado para avaliar as características da alvenaria das fundações.

3.4.2.2 Macacos planos (Flat-Jack)

A utilização de macacos planos como técnica de ensaio permite avaliar in-situ algumas características mecânicas das alvenarias existentes, e permite determinar estados de tensão instalados num ponto da estrutura (com macacos planos simples, ilustrado na Figura 3.65 a)) e estimar a resistência à compressão e o módulo de elasticidade da alvenaria, através do diagrama tensão-deformação (com macacos planos duplos, ilustrado na Figura 3.65 b)) [87]. De um modo simples, o seu funcionamento consiste numa almofada em chapa metálica soldada, com duas bocas de entrada e/ou saída, que quando ligada a um sistema de pressurização, pode ser insuflada com óleo, aumentando de volume [112].

A introdução de um macaco plano de espessura reduzida na direção perpendicular ao plano de estudo, como por exemplo, nas juntas dos blocos de pedra de uma parede de alvenaria, torna esta técnica muito pouco intrusiva. No caso do ensaio de macacos planos simples, antes do corte é registada a distância entre os pontos de referência (miras) e só depois é realizado o corte horizontal na parede por intermédio de um instrumento perfurador manual. Este corte é realizado a uma pressão uniforme, com a introdução do macaco plano, procurando anular as deformações nas proximidades da ranhura. Para o ensaio com macacos planos duplos, são realizados dois rasgos horizontais paralelos, com um determinado afastamento, inserindo os macacos planos com pressão uniforme conforme descrito anteriormente. Este ensaio é normalmente precedido pelo ensaio simples, pelo que, inicialmente, já se dispõe de um macaco plano inserido na parede.



a) Macaco plano simples [110].



b) Macaco plano duplo [102].

Figura 3.65 - Ensaio macacos planos.

Os macacos planos também podem ser utilizados para avaliar a capacidade de carga, deslizamentos horizontais e caracterização mecânica das juntas dos blocos para os diversos níveis de carregamento. Estes macacos são posicionados na direção vertical de modo a permitirem proceder à aplicação de carga horizontal na alvenaria [74].

O elevado nível de confiança nos resultados deste ensaio deve-se às reduzidas (ou mesmo inexistentes) perturbações na amostra de parede onde se pretende obter as características mecânicas e ainda à significativa área de alvenaria que é envolvida no ensaio [87].

3.4.2.3 Dilatómetro

O ensaio do dilatômetro é, conceitualmente, idêntico ao ensaio dos macacos planos. Por sua vez, esta técnica permite determinar apenas características internas de deformabilidade do material, através da aplicação de uma pressão hidrostática. Em termos gerais, esta pressão é exercida por meio de água bombada para o interior de uma sonda dotada de um corpo rígido cilíndrico envolvido por uma membrana de borracha, que atua sobre as paredes de um orifício de seção circular previamente aberto na parede (Figura 3.66) [87].



a) Equipamento dilatômetro.



b) Aplicação dilatômetro em parede.

Figura 3.66 - Ensaio de dilatômetro [74].

Recorrendo a este método podemos medir o módulo de elasticidade da zona analisada, através da medição dos deslocamentos nessa mesma zona. Também as deformações diametrais daí decorrentes são analisadas, segundo quatro direções desfasadas de 45° entre si e perpendiculares ao furo, calculando assim o módulo de deformabilidade do material [1].

Individualmente, o dilatômetro permite efetuar uma avaliação das características internas das paredes que os macacos planos não conseguem. Ainda assim, combinando ambas as técnicas é possível obter uma quantificação mais detalhada do módulo de deformabilidade em toda a secção transversal da parede, em especial a razão entre a deformabilidade interna (dilatômetro) e externa (macacos planos) da alvenaria [87].

CAPÍTULO 4

METODOLOGIA DE INTERVENÇÃO

4.1 INTRODUÇÃO

A reabilitação do património construído pressupõe a aplicação de metodologias de intervenção assentes em processos que respeitem e garantam a futura fruição do monumento original. Os princípios de intervenção propostos pelas diversas Cartas e Recomendações internacionais estabelecem diretrizes que têm como objetivo permanente a recuperação dos espaços sem que seja posto em risco o valor cultural dos elementos construídos, e como tal qualquer metodologia de intervenção deve levar em consideração este facto.

A recuperação patrimonial em edifícios necessita necessariamente da aplicação de materiais e técnicas tradicionais adequadas como garantia de continuidade, referindo Dias [43], a este propósito, o conhecimento rigoroso dos edifícios e dos processos construtivos tradicionais como base de qualquer projeto de intervenção. Por outro lado, Moreira [71] salienta as dificuldades inerentes ao processo de reabilitação de edifícios antigos, nomeadamente na adoção de um processo construtivo que permita absorver a quantidade de fatores externos que podem influenciar a ordem das operações. Neste sentido, o mesmo autor sugere a implementação de um processo de reabilitação simplificado, assente em 4 etapas-chave, representadas no seguinte fluxograma:



Figura 4.1 - Fluxograma representativo da metodologia de intervenção

Dependendo das condições atuais do edifício em estudo, e dos objetivos a ser concretizados, a intervenção pode assumir diferentes formas. Estas podem surgir segundo intervenções não invasivas, com a possível imposição de restrições de uso, até diferentes trabalhos de reparação e reforço. Nos casos mais graves, pode ser considerada a demolição parcial seguida da reconstrução conforme o original.

As propostas de soluções a ser adotadas na intervenção devem sempre ser submetidas a uma análise ponderada, em que todos os aspetos relevantes devem ser considerados, nomeadamente a compatibilidade da segurança estrutural com o respeito pelo valor cultural do edifício. Aqui importa salientar também a importância da análise de custo-benefício das soluções consideradas, no sentido de adotar uma opção cujo custo seja comportável.

4.2 ASPETOS FUNDAMENTAIS A CONSIDERAR

O projeto de intervenção adotado deve estar assente numa filosofia de respeito pelas características construtivas do edifício preexistente, assegurando a compatibilidade técnico-construtiva e implementando, sempre que possível, soluções que melhorem os níveis de desempenho existentes em termos de funcionalidade e conforto.

Observa-se que a perda de integridade, e da autenticidade, bem como dos muitos processos de deterioração, são causados por intervenções inadequadas, por substituições indevidas, pela aplicação de materiais e de produtos incompatíveis e ou irreversíveis, causando danos e perdas irreparáveis ao património [45].

A noção de conservação do património deriva da consciencialização coletiva face a um valor histórico e cultural comum a ser preservado, assegurando a integridade material para manter os valores históricos, técnicos e estéticos das obras de arte. A *Carta Internacional sobre a Conservação e Restauro dos Monumentos e Sítios – Carta de Veneza*, elaborada em 1964, frisa a necessidade de conservação de um monumento através da manutenção permanente do mesmo e dos elementos que o constituem, estabelecendo para isso um conjunto de princípios orientadores sobre os quais se deveriam realizar as intervenções. Assim, estes princípios deverão servir de base à conceção de qualquer projeto de reabilitação ou restauro de edifícios antigos, em especial aqueles com valor histórico e cultural que são destacadas na presente dissertação [94].

i. Garantia da reversibilidade das soluções

Considerar qualquer intervenção como uma hipótese crítica passível de ser modificada, nomeadamente ao nível dos materiais e técnicas que permitam a sua remoção, de preferência total, em caso de avanços técnicos no futuro. As soluções a privilegiar devem permitir a aproximação das características físicas e químicas dos materiais existentes, e aplicação de novos materiais (por exemplo o aço) da forma menos intrusiva possível. As alterações de função do edifício também são encaradas com bastantes reservas, uma vez que, em grande parte dos casos, envolvem a demolição interior total ou parcial dos edifícios, o que implica uma perda patrimonial grave e irreversível [94].

ii. Soluções com o mínimo de intrusão

Escolha de soluções que se aproximem do existente, recorrendo a materiais não estranhos à construção (preferencialmente os tradicionais) e procurando garantir a compatibilidade dos materiais. Aqui importa salientar que o conhecimento das técnicas antigas, compreensão da lógica espacial e das características específicas dos materiais são um importante ponto de partida para a adoção de processos não intrusivos.

De um modo geral, é procurado restringir a intervenção ao mínimo possível para que o bem possa continuar a existir conforme o documento histórico original. Assim, o esquema tradicional será preservado e como tal toda a construção nova, destruição ou modificação são rejeitadas.

Este princípio revela dificuldades acrescidas quando se aborda a questão de reforço estrutural, uma vez que a aplicação corrente de soluções de betão armado como reforço apresenta grande incompatibilidade com os princípios de reversibilidade e manutenção da identidade do edifício. Esta opção deverá ser considerada com bastantes reservas como solução corrente de reabilitação [94].

iii. Adaptação da função ao espaço e às características do edifício

Este princípio diz respeito à consciencialização das equipas técnicas e população em geral que a manutenção da função original do edifício deve ser privilegiada em detrimento de modernidades como a instalação de infraestruturas complexas (ar condicionado ou elevadores) e outros fatores intrusivos. Assim, no sentido de preservar os valores do património, a vivência num centro histórico implica algumas condicionantes ao estilo de vida e prescindir de alguns “luxos” atuais [94].

iv. Recuperação de processos e técnicas antigas

Garantia de soluções compatíveis, adotando as mesmas técnicas e materiais do edifício a intervir. Implica um conhecimento profundo das referidas técnicas e materiais existentes, com vista a garantir melhores aproximações de desempenho [94].

Aqui assume particular relevância a questão da compatibilidade de materiais, uma vez que a par das técnicas construtivas, deverão possuir características semelhantes aos materiais originais, de maneira a garantir um comportamento homogéneo do conjunto.

v. Faseamento construtivo

Este princípio deve ser considerado perante duas abordagens distintas. O primeiro pertence a uma estratégia global de reabilitação de edifícios, assente numa atitude preventiva e de manutenção que pressupõe a aplicação de um plano de trabalhos mínimos em edifícios devolutos que permita mais tarde intervenções menos abrangentes. A outra abordagem surge como resposta perante dificuldades económicas, respondendo a situações mais urgentes ou de maior impacto na utilização do edifício numa primeira fase de intervenção, e prevendo, no entanto, outras intervenções no futuro [94].

vi. Aferição do valor histórico, cultural e tecnológico do edifício

Este princípio está intimamente relacionado com o respeito pela autenticidade, abrangendo uma multiplicidade de aspetos tais como: estética, histórica, técnica e material. Efetuada na fase de diagnóstico, a aferição prévio do valor histórico, cultural e tecnológico do edifício deverá servir de base à metodologia de trabalho adotada. A interpretação dos valores simbólicos de um edifício, incluindo os recursos técnicos nele constante, deverão garantir a transmissão do bem patrimonial para as gerações futuras através da implementação de níveis adequados de intervenção [94].

4.3 ESTUDOS PRÉVIOS DE RECONHECIMENTO

O processo deverá ser iniciado por um reconhecimento do estado do objeto e da sua envolvente. É realizada uma ou mais visitas ao local para contactar as pessoas que habitam ou melhor conhecem o local da intervenção, no sentido de recolher informações sobre a evolução da edificação até à atualidade e registar eventuais acontecimentos importantes que possam ter despoletado a necessidade de medidas interventivas. Durante a visita é efetuado um registo fotográfico dos danos visíveis, procurando enquadrá-los com outros elementos construtivos que possam ter interesse em desenvolvimentos futuros do estudo a realizar [5].

A informação recolhida sobre o estado geral do edifício é reunida num Relatório de Inspeção que deverá, entre outras informações, conter um Mapa de Danos com registo dos danos observados, possíveis causas e medidas de prevenção e de reparação adotar [53]. Este levantamento prévio permite atestar, numa primeira fase, sobre a urgência de uma intervenção rápida. A existência de danos graves na estrutura que envolvam perigo de colapso são alvo de especial atenção, procedendo-se à estabilização temporária através de escoramentos, cintagens, etc. Ainda dentro desta fase, são assinalados desde já os materiais e elementos a substituir ou reabilitar (sempre que possível).

No seguimento das etapas anteriores, e consultando os elementos reunidos, são estudados os meios de prevenção ou de reparação dos danos registados. Esta fase pode ser acompanhada pela colocação de mecanismos de controlo em obra de maneira a determinar as condições atuais da estrutura, registando se os danos se apresentam estáveis ou se, pelo contrário, se encontram ativos e progredindo no tempo. Como exemplos desta situação, podemos considerar o controlo de aberturas de fissuras ou de deslocamentos através da colocação de instrumentos de medida adequados. A análise destas medidas são particularmente relevantes em intervenções de reforço estrutural, que para serem efetivas, têm de levar em consideração o estado de atividade do dano [5].

4.3.1 Caracterização do edifício e seus materiais constituintes

Conforme mencionado anteriormente, o conhecimento e estudo do edifício implica trabalhos de inspeção e diagnóstico que deverão cobrir uma grande variedade de aspetos. A este propósito, Costa [30] estabelece um conjunto de etapas importantes que têm como base as recomendações impostas pelas Cartas de Património e legislação existente, e devem servir de base à metodologia adotada. De seguida é procurado fazer uma análise geral dos procedimentos inerentes a cada uma delas, salientando os pontos mais importantes a considerar.

1. Recolha e análise histórica

Todas as intervenções em edifícios com valor patrimonial necessitam informação sobre o seu passado, nomeadamente no que diz respeito à conceção do edifício e fenómenos a que este esteve sujeito ao longo dos anos. A análise histórica deverá cobrir todo o período de vida do edifício, procurando entender o seu propósito, as técnicas de construção utilizadas, as alterações realizadas no edifício e respetiva envolvente, assim como eventos que tenham provocado danos na estrutura, como por exemplo sismos.

A pesquisa da construção do edifício também deve ser alvo de considerável atenção, salientando a sua configuração, tipos de elementos estruturais, materiais utilizados, entre outros aspetos que se possam revelar importantes. Esta informação poderá ser obtida, sempre que possível, através de arquivos históricos e outras fontes, como por exemplo desenhos, fotos, etc.. Deverá ser complementada com inspeções no próprio edifício e entrevistas a pessoas familiarizadas com o edifício. A importância desta pesquisa está associada à identificação dos materiais utilizados e do sistema estrutural do edifício, sendo possível assinalar desde logo irregularidades e pontos fracos no edifício que podem influenciar o comportamento estrutural [58].

Este estudo deve ser registado num documento de síntese para posterior análise pela equipa projetista, e de um modo geral deve ser dada especial atenção a referências sobre o estado de degradação de determinados elementos durante os anos, intervenções de reconstrução realizadas, novas estruturas e modificações. Também o estudo da localização do edifício deve ter um papel importante, uma vez que a eventual ação das condições ambientais, tais como mudanças de temperatura bruscas e condições adversas, influenciam em larga escala a suscetibilidade do edifício ao aparecimento de anomalias. Em edifícios com importância histórica, o levantamento histórico pode alargar-se ao tecido urbano da envolvente [5].

2. Danos observados

A identificação dos danos existentes é usualmente efetuada através de uma inspeção preliminar do edifício, a ser realizada nas primeiras visitas à obra. Esta análise deve ser conseguida através de inspeção

visual do edifício, e eventualmente, caso seja necessário, com a ajuda de aparelhos óticos simples (por exemplo binóculos).

No caso particular de edifícios de grande envergadura, ou de elementos construtivos de difícil acesso, esta inspeção pode requerer a instalação de meios de acesso apropriados (gruas, andaimes, etc.), obrigando a implementar medidas de segurança adicionais.

As informações retiradas da inspeção preliminar devem ser compiladas num relatório, que deve reunir todos os dados relativos anomalias detetadas, em especial anomalias em elementos estruturais. Neste mesmo relatório é realizada uma classificação qualitativa dos danos existentes, assinalando aqueles que possam constituir maior preocupação para a segurança do edifício. Esta informação pode ser fornecida em desenho (Figura 4.2) e/ou formato de Check-list, destacando cada tipo de elemento estrutural, e sempre acompanhada de um registo fotográfico ou vídeo [58].

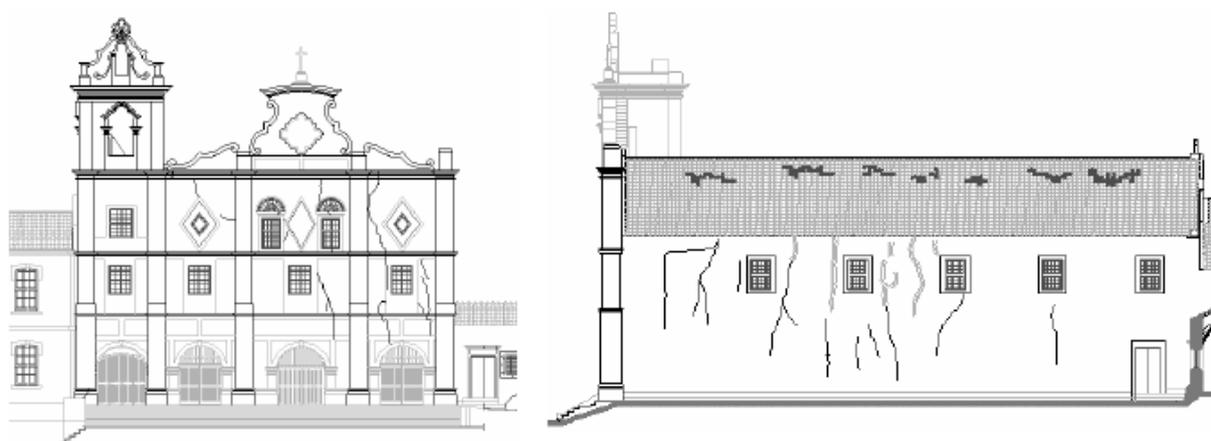


Figura 4.2 - Mapeamento dos danos observados na fachada de um edifício [58].

3. Caracterização geométrica da construção existente

Os levantamentos topográficos (terreno) e fotogramétricos (fachada e coberturas) procuram definir a geometria da construção, evidenciando irregularidades tais como desvios da fachada e pavimentos relacionados com o comportamento deficiente da estrutura [63] [87]. A importância desta fase prende-se com a necessidade de conhecer o estado real da estrutura e identificar desde cedo possíveis causas para os problemas mais graves. Em conjunto, o levantamento arquitetónico reflete em peças desenhadas (plantas, alçados, cortes e pormenores) o que existe na realidade, ou seja, localização de paredes-mestras e divisórias, localização de vigas altas que possam condicionar o pé direito, localização de *courettes*, definição de vãos exteriores e interiores, entre outras informações que possam revelar-se importantes [5].

Quando é possível aceder ao projeto original, este tipo de informação permite também confrontar o que estava previsto inicialmente com o que foi realizado na verdade, conseguindo-se assim constatar possíveis modificações que possam ter ocorrido ao longo dos anos.

4. Levantamento das condições geotécnicas do local

A definição das condições geotécnicas do local assumem particular relevância em situações que são verificadas patologias relacionadas com assentamentos de fundações. Todos os levantamentos referidos são fornecidos à equipa técnica e servirão de base à identificação no local por parte desta das patologias existentes, compiladas num relatório descritivo das situações encontradas complementado por um registo fotográfico detalhado. Este relatório deve incluir o registo de fendas (tipo de fenda, abertura, comprimento, etc.), presença de água e humidades no interior da construção e estado geral de conservação dos elementos do edifício [5]. A realização da inspeção visual irá complementar os dados reunidos nos levantamentos efetuados, na medida que permitirá identificar particularidades construtivas e assinalar valores arquitetónicos a preservar.

É recomendável que a fase de levantamento da pré-existência ou caracterização do edifício seja finalizada com a realização de um relatório dos levantamentos e reconhecimentos efetuados, para posterior análise pelos projetistas de cada especialidade. É também incluído um estudo de diagnóstico, que engloba um conjunto de observações baseadas no conhecimento que se obteve acerca do edifício durante todo o levantamento, nomeadamente, o seu estado de conservação, o atual nível de segurança da estrutura e, por fim, a determinação das causas das anomalias presentes [5].

4.3.2 Diagnóstico, tratamento e análise de informação

O diagnóstico de um edifício histórico implica uma análise exaustiva dos dados e informação obtidos pelos estudos referidos anteriormente. Esta fase tem como principal objetivo a compreensão da construção e do seu contexto a um nível mais preciso, tendo como base as informações reunidas na fase de levantamento. Para isso é necessário dominar o conhecimento da “arte de construir” tradicional e das anomalias de edifícios antigos, assim como de soluções técnicas adequadas para o restauro, conservação ou reabilitação correta do edifício histórico. Por esse motivo, é considerada de bastante utilidade a participação conjunta de engenheiros, arquitetos, historiadores, arqueólogos, e outros especialistas [26].

É encarado como um processo de identificação da natureza e causa das anomalias existentes no edifício, sendo esta uma tarefa bastante exigente uma vez que a informação disponível refere-se muitas vezes apenas aos efeitos presentes, enquanto o estudo a efetuar deve ser direcionado para as causas.

A elaboração do diagnóstico deve ser realizado por técnicos especializados e experientes que deverão coordenar e conduzir uma atividade pluridisciplinar que permita interpretar os danos existentes no

edifício e definir um cenário para o estado atual do edifício, baseado numa inspeção preliminar. Obtendo uma ideia geral dos problemas, é estabelecido um plano de inspeção mais abrangente, mediante as anomalias evidenciadas, condições de aplicação e possíveis riscos, de modo a retirar todas as informações necessárias para análise [63].

De um modo geral, o diagnóstico trata-se de um processo baseado em abordagens qualitativas e quantitativas. Conforme descrito por Costa [30], a abordagem qualitativa é baseada na observação direta dos danos materiais e estruturais, e na investigação histórica e arqueológica. De salientar que alguns destes dados já estão reunidos desde a fase de levantamento das pré-existências, no entanto devem ser complementados com mais informações sempre que assim se justifique. Por outro lado, a abordagem quantitativa engloba ensaios das estruturas e dos materiais, monitorização e análise estrutural. As abordagens anteriormente referidas podem ser desdobradas nas seguintes formas de atuação:

i. Via empírica

Resolução do problema a partir de outros casos resolvidos com sucesso e com o conhecimento integral dos processos construtivos e entendimento do seu comportamento e relação com a envolvente. É uma forma de atuação baseada na experiência do especialista encarregue de efetuar o estudo.

ii. Via científica

Utilização de modelos matemáticos e físicos para obtenção de conclusões suportadas pela ciência. Conforme as questões em análise, pode ser considerado o recurso a computadores e programas informáticos.

iii. Via experimental in-situ

Controlo e acompanhamento no local onde se regista a patologia. São utilizados meios, ferramentas e procedimentos de atuação devidamente adaptados ao caso em estudo, procurando preservar a pré-existência.

iv. Via laboratorial

Realização com recurso a ensaios e estudos das características dos materiais e componentes do edifício, direcionados para uma patologia específica. Os resultados e informações obtidas são reunidas num documento designado Relatório de Inspeção de Diagnóstico, cuja análise permitirá á equipa técnica determinar e justificar quais as opções em termos de processo de reabilitação mais vantajosas.

A recolha de amostras para análise em laboratório e a realização de ensaios para caracterização dos materiais e da estrutura permitem efetuar a sua caracterização física e mecânica e auxiliar na calibração de relações constitutivas, importantes para identificação de modelos estruturais [53]. Por outro lado, os

ensaios estáticos e dinâmicos permitem validar o comportamento estrutural em termos das suas prestações em serviço (por exemplo ensaios de carga).

Realizado todo o estudo, se ainda existirem dúvidas relativamente às opções consideradas deve-se monitorizar o edifício por um certo período de tempo e procurar avaliar a evolução dos fenómenos a que este está sujeito.

4.4 PROJETO

Qualquer intervenção em edifícios antigos, após levantamento das pré-existências e respetivo diagnóstico, pode ser encarada em torno de uma escala de intervenção pretendida. Esta escala desdobra-se sobre quatro níveis de intervenção que dependem diretamente da avaliação realizada, ao nível das anomalias e das necessidades de beneficiação [75]:

- Nível 1: Reabilitação ligeira – Foco em pequenas reparações e beneficiações das instalações e equipamentos;
- Nível 2: Reabilitação média – Nível de intervenção mais significativa, que envolve reparação, substituição e reforço de alguns elementos (estruturais ou não estruturais).
- Nível 3: Reabilitação profunda – Alterações que implicam demolições, reconstrução, introdução de instalações e equipamentos, resolução de problemas estruturais e melhoramento de comunicações horizontais e verticais. Obriga a um estudo pormenorizado de materiais e técnicas a aplicar.
- Nível 4: Reabilitação excepcional – Ações de um grau de desenvolvimento muito profundo, de natureza absolutamente excepcional, que em alguns casos obriga à reconstrução do edifício. Este tipo de obras ultrapassa os conceitos de reparação e beneficiação, e apresenta custos que podem ultrapassar o custo de uma nova edificação com áreas semelhantes.

Aqui se constata que, no caso particular dos edifícios com valor patrimonial, o nível de reabilitação deve ter como limite o terceiro nível no sentido de garantir a preservação do edifício original. De um modo geral, considera-se a atuação nas seguintes áreas: fachadas, coberturas, revestimentos, melhoramento das condições de habitabilidade e comportamento estrutural.

A segurança estrutural é uma das preocupações centrais no estudo a realizar, uma vez que existe uma grande quantidade de anomalias causadas por deformações na estrutura. A avaliação de toda a informação reunida na fase de caracterização do edifício e dos materiais nele existente deverá permitir determinar qual o modelo estrutural mais adequado. A modelação da estrutura é realizada com recurso

a programas de cálculo automático, simulando o seu comportamento em vários cenários e determinando quais as melhores medidas a implementar.

A escolha das técnicas de reforço devem resultar de uma análise global de todas as informações reunidas. Primeiramente, deve-se analisar o incremento em termos de segurança fornecido pelo reforço adotado, de um ponto de vista comparativo entre a situação atual e aquela que se pretende alcançar. Este tipo de intervenções procuram um equilíbrio entre o trabalho executado e o respeito pelas exigências de segurança, sem interferir com o conceito original da construção [5] [60].

De um modo geral, as técnicas de reforço podem ser essencialmente de dois tipos: preventivas ou interventivas. As técnicas de caráter preventivo são utilizadas para prevenir, evitar ou atenuar os danos e o colapso, enquanto as interventivas são utilizadas como resposta a danos existentes. Em ambas podem ser utilizadas duas metodologias distintas de intervenção: atuação ao nível global da construção ou intervenção ao nível dos elementos estruturais [5].

As intervenções globais procuram assegurar a continuidade entre os diversos elementos estruturais, assegurando as ligações entre eles. É exemplo desta prática a introdução de tirantes ao nível dos pavimentos, para permitir ligação entre panos de parede opostos e obrigá-los a trabalhar em conjunto. A propósito desta técnica, salienta-se que os tirantes ficam visíveis pelo exterior e como tal colocam problemas de ordem estética. No que diz respeito às intervenções ao nível dos elementos estruturais, estão relacionadas com técnicas aplicadas individualmente ao elemento estrutural para consolidação e melhoramento das características dos materiais presentes, como por exemplo o reforço de uma viga de madeira com aplicação de perfis metálicos [5].

A par do estudo de reforço estrutural anteriormente referido, e não menos importante, a fase de projeto engloba também a proposta e estudo de soluções às anomalias não estruturais. Manifestando-se essencialmente nos revestimentos, as soluções mais comuns passam pela substituição ou reparação localizada dos elementos, e em alguns medidas corretivas para melhorar o funcionamento. Aqui salienta-se a importância das argamassas, utilizadas quer como ligante quer como revestimento, cuja reabilitação deve respeitar um conjunto de parâmetros. A compatibilidade com as características da solução original assume um papel central, excluindo por exemplo a utilização de argamassas de cimento (totalmente incompatível). Neste contexto opta-se geralmente por soluções com base em argamassas de cal, se possível com adição de pozolanas para melhorar as suas características de hidraulicidade, impermeabilidade à água da chuva e permeabilidade ao vapor de água [55].

Todos os trabalhos a realizar devem ser acompanhados de especificações detalhadas para execução em formato escrito e desenhado, nomeadamente sobre os materiais a utilizar e condições de aplicação, fases de execução e equipamento necessário. Paralelamente, deverá incluir-se também uma estimativa realista

do custo para cada trabalho a efetuar, uma vez que a solução adotada tem de ser avaliada de um ponto de vista de custo-benefício [5].

Em suma, o projeto de reabilitação deve definir as medidas corretivas a aplicar e estabelecer um plano de execução, no qual constem o Mapa de Trabalhos e Quantidades, o caderno de encargos e desenhos de pormenor.

4.5 EXECUÇÃO DOS TRABALHOS

As intervenções em edifícios antigos caracterizam-se pelo elevado nível de especialização que os seus trabalhos acarretam, a ser executados por profissionais com provas dadas na área. De um modo geral, nesta fase são colocadas em prática as soluções construtivas de reforço, consolidação ou renovação dos elementos estudadas na fase de projeto.

No processo de direção de obra é particularmente relevante adotar uma postura em obra de respeito pelas considerações iniciais, supervisão económica e controlo da eficácia da solução, atestando sempre a segurança dos trabalhos. Ainda assim, este deve ser encarado com alguma flexibilidade, permitindo considerar possíveis desvios no projeto inicial. É importante considerar assistência técnica, em fase de obra, que necessariamente tem que ser, tanto quanto possível, presente e permanente, de maneira a responder às surpresas que apenas surgem durante a obra concreta de construção civil [76].

O planeamento realizado na fase de projeto deverá permitir determinar uma ligação sequencial entre as tarefas a executar, estipulando os métodos a implementar e os recursos necessários. Este encadeamento de tarefas, descrito num Plano de Trabalhos, deverá representar uma ferramenta de análise central para todos os intervenientes e impreterível para o sucesso da intervenção.

Outro aspeto essencial está ligado às condições de organização e gestão do estaleiro, que apresenta dificuldades acrescidas em obras de reabilitação. Neste tipo de trabalhos é comum gerar-se dificuldades no transporte e movimentação de materiais em obra, devido às limitações de espaço existentes. Como tal, considera-se sempre que possível a disposição de áreas dentro do próprio edifício para montagem de estaleiros de dimensões reduzidas [76].

Sugere-se ainda a organização, no decorrer da intervenção, de um documento com todos os trabalhos efetuados, criando assim um registo para consulta futura e auxílio no programa de manutenção pós-intervenção.

4.6 MANUTENÇÃO PÓS-INTERVENÇÃO

A reabilitação de edifícios, em particular aqueles com valor patrimonial, por si só não é suficiente para garantir a proteção do valor cultural e histórico, sendo por isso essencial a introdução de políticas de manutenção regular para garantir bons níveis de conservação ao longo do tempo. De um modo geral, todos os materiais de construção atravessam um processo natural de degradação devido à exposição constante ao sol, chuva e vento, e como tal todos os edifícios sem exceção requerem uma manutenção adequada ao longo da sua vida útil como condição prévia para a garantia de um estado de conservação que assegure a manutenção dos níveis de desempenho desejados, e preservação do património [80].

No caso concreto dos edifícios antigos, a previsão antecipada de anomalias procura reduzir a probabilidade de determinado elemento apresentar deteriorações que condicionem gravemente o seu desempenho, sendo esta a abordagem metodológica proposta por Flores & Brito [51] e que, segundo estes mesmos autores, pode ser conseguida de duas maneiras distintas:

- Manutenção preventiva: Execução de atividades de manutenção, baseadas num planeamento e em periodicidades fixas, permitindo uma redução de trabalhos extraordinários e uma menor interferência com a normal utilização do edifício;
- Manutenção preditiva: Execução de atividades de manutenção, em função da análise do estado dos diversos elementos, planeando as inspeções e não as atividades a executar.

Matulionis [67] defende que a adoção de uma postura de manutenção preventiva após conclusão da intervenção pode reduzir significativamente os custos inerentes a tarefas posteriores de reparação a danos extensivos no edifício. De acordo com o diagrama a seguir apresentado (Figura 4.3), a degradação da estrutura e restantes elementos constituintes do edifício segue uma evolução exponencial ao longo do tempo devido à inexistência por longos períodos de medidas de manutenção, resultando em custos de reparação elevados. Por outro lado, implementando um programa de manutenção preventiva a estrutura irá permanecer com a sua configuração esperada para utilização normal, com investimentos mínimos ao longo do tempo.

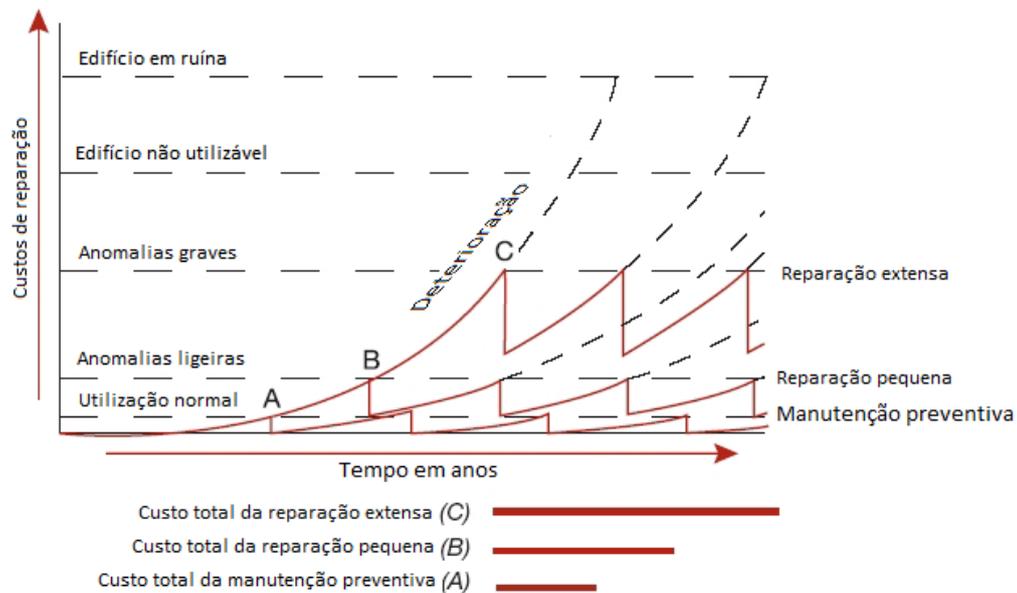


Figura 4.3 - Diagrama resultante da aplicação de manutenção preventiva (adaptado de [67])

Segundo Lobo de Carvalho [62], a metodologia mais usual em Portugal, está assente em procedimentos reativos, ou seja, deixa-se operar o mecanismo de degradação do elemento e só depois se atua sobre a anomalia. A abordagem sugerida por Flores & Brito [51] trata-se de uma metodologia pró-ativa de manutenção, que é considerada mais correta. A este propósito, Giacomini [80] sugere a elaboração de um manual de manutenção que organize, calendarize e defina os procedimentos de monitorização e ações periódicas de conservação. A periodicidade das ações dependem do tipo de edifício (arquitetura, dimensão, tipologia construtiva, materiais existentes, etc.) e dos fenómenos de degradação diagnosticados e das condicionantes ao seu desenvolvimento [81].

No caso concreto de edifícios históricos, deve ser consideradas as seguintes condições especiais no plano de manutenção:

- Antes de definir as periodicidades e ações de intervenção, considerar alguns requisitos tais como a caracterização geral do edifício (tipo de elementos construtivos e materiais existentes) e utilização de mão-de-obra qualificada que compreenda a responsabilidade de intervir num edifício de elevado valor histórico [81].
- Registrar pormenorizadamente no manual de intervenção todas as ações executadas, acompanhadas por suporte fotográfico e elementos escritos, no sentido de melhorar intervenções futuras e fazer do referido manual uma base de dados cada vez mais completa;
- Assegurar condições de segurança adequadas aos trabalhos de manutenção.

Rato [81] sugere a existência de um responsável em cada edifício da gestão do plano de manutenção, procurando garantir a sua execução e acompanhar todas as ações, elaborando o registo das tarefas e

CAPÍTULO 4

relatórios. Esta atividade de gestão deve incluir a coordenação de todos os meios humanos e técnicos, assim como o controlo financeiro.

CAPÍTULO 5

CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 CONCLUSÕES

Tendo em consideração o facto que Portugal atravessou num passado recente uma fase de mudança a nível do setor da Construção Civil e Obras Públicas, em que a reabilitação de edifícios se assumiu como uma das áreas em claro destaque, é relevante direcionar a discussão do tema para o caso particular dos edifícios com valor patrimonial. Com esta dissertação procurou-se estudar o processo de intervenção neste tipo de edifícios, por meio de diretrizes que procurem estabelecer uma metodologia que considere a sensibilização para o problema a um nível académico, mas também para os órgãos públicos e técnicos que atuam na área.

Neste contexto, foi procurado adotar um método multidisciplinar para o estudo do património cultural, criado em função da regulamentação e respeito pelos fundamentos base impostos pela mesma. Não obstante às particularidades de cada edifício classificado, convém salientar que a metodologia sugerida apresenta um carácter generalizado, sem particularizar a informação inerente às técnicas de reabilitação específicas deste tipo de edifícios, mas considerando um conjunto de princípios que podem ser aplicáveis a todo o tipo de edifícios com elevado valor histórico e cultural. Ainda assim, a preservação dos valores históricos e culturais presentes no espaço construído assume um papel central, preservando-se e garantindo-se, por este meio, a continuidade do objeto físico existente e a manutenção dos valores sociais a ele inerentes. Manifesta-se o respeito pela manutenção do critério de autenticidade, através da manutenção dos materiais originais e pela integridade do conjunto, não só ao nível da estrutura mas também ao nível dos elementos e materiais constituintes, de igual valor patrimonial.

De um modo geral, pode verificar-se que os edifícios mais antigos apresentam níveis de degradação consideráveis, em grande parte devido a falta continuada de manutenção. Este “abandono” tornam a intervenção de reabilitação num processo muito sensível, dificilmente posto em prática sem o recurso a especialidades técnicas distintas. Aqui salienta-se o conhecimento profundo da história do edifício, materiais utilizados e estrutura, procurando estabelecer um elo de ligação entre o espaço antigo de valor histórico-cultural e a intervenção contemporânea, respeitadora das pré-existências históricas e culturais. Este processo de identificação de todas as condicionantes é conseguido através de inspeções no local, e

possivelmente ensaios para determinação das características mecânicas dos materiais. Nesta fase é estabelecido também um diagnóstico de anomalias construtivas do edifício histórico, conducentes à determinação do seu estado de conservação.

A criação de uma metodologia específica para o tipo de intervenções em edifícios com valor patrimonial deve cobrir todos os pontos essenciais que ajudem à criação de um projeto que considere as premissas anteriormente referidas. Esta metodologia inicia-se por um bom planeamento e coordenação das ações a implementar, através de uma abordagem multidisciplinar que considere os objetivos do promotor. Estas ações são sempre muito condicionadas pela pré-existência, o que leva à necessidade de realização de um levantamento exaustivo para descrição pormenorizada do edifício. Quanto às soluções adotadas, estas passam pelo recurso permanente a técnicas de construção tradicionais, de soluções não intrusivas e totalmente reversíveis, procurando garantir a manutenção das características formais do espaço, sem adição ou subtração de qualquer elemento construtivo descaracterizador.

Como conclusão final, é procurado com a presente dissertação auxiliar o desenvolvimento de competências específicas na área da reabilitação de edifícios com valor patrimonial, fomentando uma cultura de rigor e exigência em todas as fases inerentes a este tipo de intervenção. A ideia principal passa pelo investimento na resolução dos problemas atuais para que, no futuro, seja garantida a salvaguarda destes edifícios e grande parte dos custos sejam direcionados apenas para a manutenção e conservação do edificado.

5.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Com o desenvolvimento da presente dissertação foi possível abordar alguns aspetos essenciais da reabilitação de edifícios, ainda que, no que diz respeito aos edifícios antigos com valor patrimonial, a informação recolhida para o trabalho desenvolvido deixa em aberto diversas questões que podem ser aprofundadas.

Como parte de estudos futuros, e na sequência da análise desenvolvida, são de seguida apresentadas algumas linhas de investigação sobre as quais se pode aprofundar o estudo do tema:

- Direcionar a metodologia de intervenção sugerida para casos práticos reais, determinando até que ponto são respeitadas, na realidade, algumas das recomendações apresentadas;
- Desenvolver fichas do tipo “check-list” para a metodologia apresentada, tendo por base as especificidades do tipo de edifícios em estudo;
- Detalhar a fase de Projeto, aprofundando o estudo nas diversas especialidades de engenharia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ALMEIDA, C. - Análise do Comportamento da Igreja do Mosteiro da Serra do Pilar sob a Ação dos Sismos. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2000. Dissertação de mestrado.
- [2] AMARAL, F. - Principais tipos de edifícios. In Guia para a Reabilitação do Centro Histórico de Viseu. Viseu: Câmara Municipal de Viseu, 2011.
- [3] ANDRADE, H. - Caracterização de Edifícios Antigos: Edifícios “Gaioleiros”. Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa, 2011. Dissertação de mestrado.
- [4] APPLETON, J. - Reabilitação de Edifícios Antigos: Patologias e Tecnologias de Intervenção. 1.ª Edição. Amadora: Edições Orion, 2003. ISBN 972-8620-03-9.
- [5] ÂREDE, A.; COSTA, A. - Inspeção e diagnóstico estrutural de construções históricas - Algumas contribuições da FEUP. In Atas do 1º Seminário “A Intervenção no Património. Práticas de Conservação e Reabilitação”. Porto: FEUP-DGEMN, 2002.
- [6] ASENSIO CERVER, Francisco - Biblioteca Atrium de la Construcción: Volume 1. Barcelona: Atrium, 1987.
- [7] BAIÃO, M.; PINHO, F.; LÚCIO, V.; COELHO, A. - Aspetos da Reabilitação de Edifícios Antigos de Alvenaria: Conferência Internacional sobre Reabilitação de Estruturas Antigas de Alvenaria. Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa, 2012.
- [8] BEGONHA, A. - Patologia da Pedra - Casos de Obra. 1ª Jornadas de Materiais de Construção. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2011.
- [9] BINDA, L. - The importance of investigation for the diagnosis of historic buildings: application at different scales (centres and single buildings). In MODENA, C.; LOURENÇO, P.; ROCA, P. - Structural Analysis of Historical Constructions. London, 2005. ISBN 04-1536-379-9.
- [10] BINDA, L., CARDANI, G., CANTINI, L., TIRABOSCHI, C. - On site and laboratory detection of the quality of masonry in historic buildings. Int. Symp. on Studies on Historical Heritage. Antalya, 2007. ISBN: 978-975-461-433-6.
- [11] BINDA, L., PENAZZI, D., SAISI, A. - Historic masonry buildings: necessity of a classification of structures and masonries for the adequate choice of analytical models. Sixth International Symposium on Computer

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Methods in Structural Masonry STRUMAS VI. Roma: T.G.Hughes & G.N. Pande, Computers & Geotechnics Ltd., 2003.

[12] BINDA, L., SAISI, A. - Application of NDTs to the diagnosis of Historic Structures. Non-Destructive Testing in Civil Engineering. Nantes: Keynote lecture, 2009. ISBN: 978-2-7208-2542-5.

[13] BINDA, L.; SAISI, A. - Non destructive testing applied to historic buildings: The case of some Silician Churches: 3rd International Seminar "Historical Constructions". Guimarães: Universidade do Minho, 2001.

[14] BRANCO, J. - Reforço de Elementos Existentes de Madeira: Seminário "Intervir em Construções existentes de madeira". Guimarães: Universidade do Minho, 2014.

[15] CABRITA, A.; SÁ, M. - Objetivos, critérios e metodologias gerais de reabilitação. In Guia para a Reabilitação do Centro Histórico de Viseu. Viseu: Câmara Municipal de Viseu, 2011.

[16] CACHIM, P. - Construções em Madeira: A madeira como material de Construção. Porto: Publindústria, 2007.

[17] CARITA, H. – Lisboa Manuelina: E a formação de modelos urbanísticos da época moderna (1495-1521). 1.ª Edição. Lisboa: Livros Horizontes, 1999. ISBN 9789722410809.

[18] Carta de Atenas. Atenas: CIAM - Congresso Internacional de Atenas, 1933

[19] Carta de Cracóvia - Princípios para a Conservação e o Restauro do Património Construído. Cracóvia: Conferência Internacional sobre Conservação "Cracóvia 2000", 2000.

[20] Carta de Veneza - Carta Internacional sobre a Conservação e o Restauro de Monumentos e Sítios. Veneza: II Congresso Internacional de Arquitetos e Técnicos de Monumentos Históricos, 1964.

[21] Carta Europeia de Património Arquitetónico. Estrasburgo: Conselho da Europa, 1975.

[22] Carta Internacional para Salvaguarda das Cidades Históricas. Washington: Internacional Council on Monuments and Sites, 1987.

[23] CARVALHO, M. - Reabilitação de Revestimentos de Paredes de Edifícios Antigos: Proposta de Metodologia de Apoio ao Projeto. Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa, 2014. Dissertação de mestrado.

[24] CASTRO, E. - A conservação de Monumentos em pedra – Estado atual dos conhecimentos. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1984.

[25] CEN - Eurocode 5: Design of timber structures, Part 1-1: General Common rules and rules for buildings. 2004

- [26] COELHO, R. – Metodologia Geral para o Restauro de Construções Históricas: Técnicas de Inspeção de Alvenarias, Cantarias e Revestimentos. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 2010. Dissertação de mestrado.
- [27] CÓIAS, V. - Inspeções e Ensaios na Reabilitação de Edifícios. IST Press, Lisboa, 2006
- [28] CÓIAS, V. - Reabilitação Estrutural de Edifícios Antigos: Técnicas Pouco Intrusivas. 2.ª Edição. Edições Argumentum, 2007. ISBN 9789728479404.
- [29] CORREIA, G. - Estudo de Casos: Gestão de Operações de Reabilitação de Edifícios Antigos. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2009. Dissertação de mestrado.
- [30] COSTA, A. - Metodologias de Avaliação da Segurança em Construções Tradicionais. Porto, 2010.
- [31] COSTA, A. - Metodologias de Avaliação da Segurança em Construções Tradicionais. Porto, 2010.
- [32] COSTA, A.; Arêde, A. - Strengthening of Structures Damaged by the Azores Earthquake of 1998. Atas do Sismica 2004, International Meeting of Masonry Walls and Earthquakes. Guimarães, 2004.
- [33] COSTA, C. - Obras de Conservação e Restauro de Edifícios Antigos: Estudos Sobre a Conservação da Pedra do Convento de S. Francisco de Mesão Frio. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 2009. Dissertação de mestrado.
- [34] COSTA, F. - Enciclopédia Prática da Construção Civil. Lisboa: Portugália Editora, 1955.
- [35] CROCI, G. - The Conservation and structural Restoration of Architectural Heritage. United Kingdom: Computational Mechanics Publications, 1998.
- [36] CUNHA, J. - Diagnóstico e Avaliação da Segurança de Estruturas de Madeira Existentes. Porto: Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2013. Dissertação de mestrado.
- [37] Declaração de Nara sobre a Autenticidade do Património Cultural. Nara: Conferência sobre a autenticidade em relação a convenção do Património Mundial, 1994.
- [38] Diário da República. Decreto-Lei n.º 107/2001 de 8 de Setembro, 2001.
- [39] Diário da República. Decreto-Lei n.º 13/85 de 6 de Julho, 1985.
- [40] Diário da República. Decreto-Lei n.º 138/2009 de 15 de Junho, 2009.
- [41] Diário da República. Decreto-Lei n.º 149/2015 de 4 de Agosto, 2015.
- [42] Diário da República. Decreto-Lei n.º 309/2009 de 22 de Outubro, 2009.
- [43] DIAS, S. - Intervenções de Reabilitação em Património Construído: Projeto de Beneficiação do Castelo de Alter do Chão. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa - Instituto Superior Técnico, 2008. Dissertação de mestrado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [44] DIAS, T. - Pavimentos de Madeira em Edifícios Antigos: Diagnóstico e Intervenção Estrutural. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2008. Dissertação de mestrado.
- [45] FEIFFER, C. - La conservazione delle superfici intonacate: il metodo e le tecniche. 2.^a ed. Milano : Skira editore, 1997. ISBN: 88-8118-271-8.
- [46] FEILDEN, B. - Conservation of Historic Buildings. 3^a Edição. Oxford: Architectural Press, 2003. ISBN 0 7506 5863 0.
- [47] FEIO, A. - Inspection and Diagnosis of Historical Timber Structures: NDT Correlations and Structural Behaviour. Guimarães: Universidade do Minho, 2005. Tese de Doutoramento.
- [48] FEIO, A.; REBELO, N. – Reabilitação de Estruturas de Madeira. Diagnóstico e Inspeção. Engenharia e Vida, 2006.
- [49] FERNANDES, F.; LOURENÇO, P.; ZANZI, L. - Avaliação da constituição de elementos estruturais através do Radar de Prospecção Geotécnica. Guimarães: Universidade do Minho, 2006.
- [50] FERREIRA, J. - Técnicas de Diagnóstico de Patologias em Edifícios. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2010. Dissertação de mestrado.
- [51] FLORES, I.; BRITO, J.- A influência de alguns parâmetros na fiabilidade de estratégias de manutenção. 3^o ENCORE – Encontro Sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2003.
- [52] FLÓRIDO, F. - Tipificação de Soluções de Reabilitação de Paredes de Madeira em Edifícios Antigos. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2010. Dissertação de mestrado.
- [53] GAMBAROTTA, L. - Sperimentazione e Modellazione di Ponti ad Arco in Muratura. Pubblicazione Serie I, n. 11 – Atti Giornata di Studio sulla Sperimentazione dei ponti. Trento: CIAS-Politecnico di Milano, 1999.
- [54] GASPAR, P., FLORES-COLEN, I., BRITO, J. - Técnicas de diagnóstico e classificação de fissuração em fachadas rebocadas. 2^o Encontro Nacional sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios, vol. II. Porto: Faculdade Engenharia da Universidade do Porto/Universidade Politécnica da Catalunha, 2006.
- [55] GUIMARÃES, J. - Técnicas Tradicionais de Construção, Anomalias e Técnicas de Intervenção em Fachadas e Coberturas de Edifícios Antigos. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 2009. Tese de mestrado.
- [56] HENRIQUES, F. - A conservação do património histórico edificado. Memória nº755. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1991.

- [57] HENRIQUES, F. - Ação da humidade em paredes: formas de manifestação, critérios de quantificação e análise de soluções de reparação, Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa - Instituto Superior Técnico, 1992. Tese de Doutoramento.
- [58] ICOMOS - Guide for the Structural Rehabilitation of Heritage Buildings. Lisboa: CIB Publication 335, 2010. ISBN 978-90-6363-066-9
- [59] ICOMOS - Principles for the Preservation of Historic Timber Buildings. México: International Wood Committee, 1999.
- [60] ICOMOS - Recomendações para a Análise, Conservação e Restauro Estrutural do Património Arquitetónico. Lisboa, 2002.
- [61] LEITÃO, D.; ALMEIDA, M. - Metodologia para a Implementação de Check-lists em Intervenções de Reabilitação. Guimarães: Universidade do Minho, 2004.
- [62] LOBO DE CARVALHO, J. - Conservação do Património. Políticas de sustentabilidade económica. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa - Instituto Superior Técnico, 2007. Tese de Doutoramento.
- [63] LOPES, M. - Tipificação de Soluções de Reabilitação de Estruturas de Madeira em Coberturas de Edifícios Antigos. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2007. Dissertação de mestrado.
- [64] MACHADO, J.; CRUZ, H., Nunes, L. - Degradação e reabilitação de estruturas de madeira. Seleção de técnicas não destrutivas a aplicar in-situ. Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Estruturas. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2000.
- [65] MAGALHÃES, A. – Patologia de rebocos antigos. Cadernos de Edifícios, nº 2. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2002.
- [66] MASCARENHAS, J. - Sistemas de Construção VI: Coberturas inclinadas (1ª parte). Lisboa: Livros Horizonte, 2006. ISBN 9789722414425.
- [67] MATULIONIS, R.; FREITAG, J. - Preventive Maintenance of Buildings - New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. ISBN 0442318669.
- [68] MENDES, Vitória; LOPES, Sidney - Manual de Boas Práticas na Reabilitação de Edifícios no Centro Histórico de Leiria. Leiria: Câmara Municipal de Leiria - Gabinete de Reabilitação Urbana, 2013.
- [69] MOREIRA, A. - Materiais de Construção - Pedras Naturais. Apontamentos de unidade curricular Materiais de Construção I. Tomar: Instituto Politécnico de Tomar - Escola Superior de Tecnologia de Tomar, 2008.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [70] MOREIRA, M. - Tetos Decorativos em Madeira em Edifícios Patrimoniais Portugueses. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2010. Dissertação de mestrado.
- [71] MOREIRA, M. - Reabilitação de Estruturas de Madeira em Edifícios Antigos: Estudo de Caso. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2009. Relatório de Projeto de mestrado.
- [72] NEVES, M. - Técnicas de Recalçamento e Reforço de Fundações: Metodologias, Dimensionamento e Verificações de Segurança. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa - Instituto Superior Técnico, 2010. Dissertação de mestrado.
- [73] Norma Europeia EN 13187 - Thermal performance of buildings. Qualitative detection of thermal irregularities in building envelopes. Infrared method.
- [74] OLIVEIRA, R. - Análise de Práticas de Conservação e Reabilitação de Edifícios com Valor Patrimonial. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2003. Dissertação de mestrado.
- [75] PAIVA, J. V., AGUIAR, J., PINHO, A. - Guia Técnico de Reabilitação Habitacional. Volume 1, 1ª edição. Lisboa: Instituto Nacional de Habitação, e Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2006.
- [76] PEREIRA, A. - Operações de Reabilitação de Edifícios Antigos - Organização de um Sistema de Informação Transversal a Todo o Processo. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2013. Dissertação de mestrado.
- [77] PEREIRA, M. – Reabilitação de Tetos Estucados Antigos. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2010. Relatório de Projeto de mestrado.
- [78] PIAZZA, M.; BALDERASSI, C.; TOMASI, R. – The role of in-plane floor stiffness in the seismic behavior of traditional buildings. The 14th World Conference on Earthquake Engineering. Beijing, 2008.
- [79] PINHEIRO, C. - Modelos de gestão da degradação de fachadas em pedra de edifícios antigos. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa - Instituto Superior Técnico, 2013. Dissertação de mestrado.
- [80] PÓVOAS, R.; TEIXEIRA, J.; GIACOMINI, F. - Reabilitação de Edifícios Correntes de Valor Patrimonial - Uma Proposta de Aproximação Metodológica: Seminário “Cuidar das casas – A Manutenção do Património Corrente”. Porto: ICOMOS Portugal, 2011.
- [81] RATO, V. – Conservação do Património Histórico Edificado: Princípios de Intervenção. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa - Instituto Superior Técnico, 2002. Dissertação de mestrado.
- [82] ROCHA, H. – Reabilitação no Centro Histórico do Porto: Estudo de Caso. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2011. Dissertação de mestrado.
- [83] ROCHA, P. – Anomalias em Coberturas de Terraço e Inclínadas. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa - Instituto Superior Técnico, 2008. Dissertação de mestrado.

- [84] RODRIGUES, J. – Principais Técnicas de Consolidação e Reforço de Paredes de Edifícios Antigos. Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa, 2010. Dissertação de mestrado.
- [85] ROQUE, J. – Reabilitação Estrutural de Paredes Antigas de Alvenaria. Guimarães: Escola de Engenharia da Universidade do Minho, 2002. Dissertação de mestrado.
- [86] ROSEIRO, J. – Causas, Anomalias e Soluções de Reabilitação Estrutural de Edifícios Antigos: Estudo de caso. Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa, 2012. Dissertação de mestrado.
- [87] ROSSI, P. – Inspection and Monitoring for the Restoration of Historic Buildings. Curso de Recuperação e Valorização de Edifícios e Conjuntos Históricos. Lisboa: FUNDEC-IST, 1998.
- [88] ROSSI, P. - Possibilities of the Experimental Techniques for the Structural Analysis of Historical Constructions. Barcelona: CIMNE, 1997.
- [89] SEGURADO, J. - Trabalhos de carpintaria civil: Biblioteca de Instrução Profissional. Lisboa: Livraria Bertrand, 1942.
- [90] SILVA, A. – Patologia em Fachadas com Revestimentos de Ladrilhos Cerâmicos. Lisboa: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2010. Dissertação de mestrado.
- [91] SIMÕES, L. – Ligação Pavimentos/Paredes de Edifícios Antigos: Ensaio e Verificações de Projeto. Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa, 2010. Dissertação de mestrado.
- [92] SOARES, D. – Programa Previsional de Manutenção em Edifícios Históricos. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa - Instituto Superior Técnico, 2012. Dissertação de mestrado.
- [93] SOUSA, D.– Reabilitação de Caixilharias de Madeira: Edifício do Governo Civil (Antiga Casa Pia). Porto: Universidade Lusófona do Porto – Faculdade de Comunicação, Arquitetura, Artes e Tecnologias de Informação, 2015. Dissertação de mestrado.
- [94] TAVARES, A.; COSTA, A.; VARUM, H. – Manual de Reabilitação e Manutenção de Edifícios: Guia de Intervenção. Aveiro: INOVADOMUS, 2011.
- [95] TAVARES, M. – A Conservação e o Restauro de Revestimentos Exteriores de Edifícios Antigos: Uma Metodologia de Estudo e Reparação. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2009. Tese de doutoramento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [96] TEIXEIRA, J. - Descrição do sistema construtivo da casa burguesa do Porto entre os séculos XVII e XIX. Contributo para uma história da construção arquitetónica em Portugal. Provas de aptidão pedagógica e capacidade científica. Porto: Faculdade de Arquitetura da Universidade do Porto, 2004.
- [97] TIMOSHENKO, S. - History of strength of materials. New York: McGraw-Hill, 1953.
- [98] VALLUZZI, M. - Requirements for the choice of mortar and grouts for consolidation of three-leafstone masonry walls. RILEM Workshop on Repair Mortars for Historic Masonry, 2005.
- [99] VEIGA, M. - As argamassas na conservação. In Atas das 1^{as} Jornadas de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro. Avaliação e Reabilitação das Construções existentes. Coleção Comunicações, COM 103. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2003.
- [100] VEIGA, M. - Conservação e Reparação de Revestimentos de Paredes de Edifícios Antigos: Métodos e materiais. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2009. Programa de investigação e de pós-graduação.
- [101] VEIGA, M. - Metodologias para Caracterização e Conservação de Argamassas de revestimento de Edifícios Antigos. Relatório final do Projeto OLDRENDERS (co-financiado pela Agência de Inovação). Lisboa: LNEC, Outubro de 2001.
- [102] VICENTE, R.; MENDES DA SILVA, J.; VARUM, H., RODRIGUES, H.; JÚLIO, E. – Caracterização mecânica de paredes de alvenaria em construções antigas – Ensaio com macacos planos. Revista Internacional Construlink Nº 19 VOL. 7, 2009.
- [103] WATT, D. - Building Pathology: Principles & Practice. Blackwell Science Ltd., 1999.
- [104] ZACARIAS, N. – Reabilitação Sustentável de Edifícios Antigos com Valor Patrimonial: Caso de estudo na Baixa Pombalina. Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa, 2012. Dissertação de mestrado.
- [105] <http://adefesadefaro.blogspot.pt/2011/06/igreja-do-carmo-e-o-gato-escaldado.html>
- [106] <http://atcp.com.br/imagens/produtos/ultracon/ultracon-170.jpg>
- [107] <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/por-que-chuva-acida-corroi-os-monumentos-historicos.html>
- [108] <http://portal.andina.com.pe/EDPfotografia3/Thumbnail/2016/02/18/000341968W.jpg>
- [109] <http://travancasdaraia.blogspot.pt/2014/03/roriz-no-caminho-de-santiago.html>
- [110] http://www.controls-group.com/backend/prodotti/img_upload/img_big/1110241644110_2.jpg
- [111] <http://www.inventario.iacultura.pt/graciosa/santacruz-fotos/138-1.jpg>

- [112] <http://www.ncrep.pt>
- [113] <http://www.oapix.org.pt/imgs/thumb6/1364495069K1mIO3rr6Ev37IU0.jpg>
- [114] <http://www.oz-diagnostico.pt/fichas/1F%20038.pdf>
- [115] <http://www.patrimoniocultural.gov.pt/pt/patrimonio>
- [116] <http://www.sluis-funderingsherstel.nl/funderingsherstel/funderingsonderzoek/>
- [117] <https://ae01.alicdn.com/kf/HTB1FAzVKFXXXXcmXpXXq6xXFXXs/Autel-Maxivideo-MV208-Digital-font-b-Inspection-b-font-Videoscope-Diagnostic-Boroscope-Endoscope-Camera-8-5mm.jpg>
- [118] https://www.wikiwand.com/pt/Classificacao_do_patrimonio_em_Portugal
- [119] <http://www.inventario.iacultura.pt/graciosa/santacruz-fotos/138-1.jpg>
- [120] <http://ama.cmah.pt/images/content/72ja4swldstx6by.png>

ANEXO I – CARTA DE CRACÓVIA (2000)

CARTA DE CRACÓVIA 2000

PRINCÍPIOS PARA A CONSERVAÇÃO E O RESTAURO

DO PATRIMÓNIO CONSTRUÍDO

Cracóvia (Polónia), 26 de Outubro de 2000

Reconhecendo o contributo dos indivíduos e das instituições que, ao longo de três anos, participaram na preparação da Conferência Internacional sobre Conservação “Cracóvia 2000” e na sua Sessão Plenária com o título “o património cultural como fundamento do desenvolvimento da civilização”, os signatários, participantes na Conferência Internacional sobre Conservação “Cracóvia 2000”, conscientes dos profundos significados associados ao património cultural, submetem aos responsáveis pelo património os seguintes princípios como orientação dos seus esforços na salvaguarda desses bens culturais.

PREÂMBULO

Atuando no espírito da Carta de Veneza (1964), tendo em conta as recomendações internacionais e motivados pelo processo da unificação europeia, na entrada do novo milénio, os signatários da presente Carta estão conscientes de viver um tempo no qual as identidades, num contexto cada vez mais amplo, se tomam mais distintas e singulares. A Europa atual caracteriza-se pela diversidade cultural e, assim, pela pluralidade de valores fundamentais associados ao património móvel, imóvel e intelectual, o que implica diferentes significados que originam conflitos de interesse. Esta situação requer de todos os responsáveis pela salvaguarda do património cultural uma maior atenção aos problemas e às decisões a serem tomadas na prossecução dos seus objetivos.

Cada comunidade, tendo em conta a sua memória coletiva e consciente do seu passado, é responsável, quer pela identificação, quer pela gestão do seu património.

Os monumentos, considerados como elementos individuais desse património, possuem valores que se alteram com o tempo. Esta alteração de valores, que podemos identificar em cada monumento é, afinal, uma das características do património, ao longo da História. Através deste processo de mudança de valores, cada comunidade desenvolve uma consciência e um conhecimento da necessidade de preservar os bens culturais construídos, pois eles são portadores dos seus próprios valores patrimoniais comuns.

Este processo não pode ser objeto de uma definição redutora. Apenas se pode indicar o modo segundo o qual pode ser identificado.

Os instrumentos e os métodos utilizados para uma correta preservação do património devem adaptar-se às situações concretas, que são evolutivas, sujeitas a um processo de contínua mudança.

O contexto particular de escolha destes valores requer a elaboração de um projeto de conservação e a tomada de uma série de decisões que constituem o projeto de restauro, de acordo com critérios técnicos e organizativos apropriados. Conscientes dos profundos valores da Carta de Veneza, e trabalhando para os mesmos objetivos, propõem os seguintes princípios para a conservação e restauro do património construído.

OBJETIVOS E MÉTODOS

1. O património arquitetónico, urbano ou paisagístico, assim como os elementos que o compõem resultam de uma dialética entre os diferentes momentos históricos e os respetivos contextos socioculturais. A conservação deste património é o objetivo desta Carta. **A conservação pode ser realizada mediante diferentes tipos de intervenções, tais como o controlo do meio ambiental, a manutenção, a reparação, o restauro, a renovação e a reabilitação.** Qualquer intervenção implica decisões, escolhas e responsabilidades relacionadas com o património, entendido no seu conjunto, incluindo os elementos que embora hoje possam não ter um significado específico, poderão, contudo, tê-lo no futuro.

2. **A manutenção e a reparação constituem uma parte fundamental do processo de conservação do património. Estas ações exigem diversos procedimentos, nomeadamente investigações prévias, testes, inspeções, controlos, acompanhamento dos trabalhos e do seu comportamento pós-realização.** Os riscos de degradação do património devem ser previstos em relatórios apropriados para permitir a adoção de medidas preventivas.

3. A conservação do património construído é executada de acordo com o projeto de restauro, que se inscreve numa estratégia para a sua conservação a longo prazo. **O “projeto de restauro” deverá basear-se num conjunto de opções técnicas apropriadas e ser elaborado segundo um processo cognitivo que integra a recolha de informações e a compreensão do edifício ou do sítio. Este processo pode incluir o estudo dos materiais tradicionais, ou novos, o estudo estrutural, análises gráficas e dimensionais e a identificação dos significados histórico, artístico e sociocultural.** No projeto de restauro devem participar todas as disciplinas pertinentes e a coordenação deve ser levada a cabo por uma pessoa qualificada na área da conservação e restauro.

4. **Devem ser evitadas reconstruções de partes significativas de um edifício, baseadas no que os responsáveis julgam ser o seu “verdadeiro estilo”. A reconstrução de partes muito limitadas, com um**

significado arquitetónico pode ser excepcionalmente aceite, na condição de se fundamentar, em documentação precisa e irrefutável. Se for necessário para o uso adequado do edifício, podem-se incorporar elementos espaciais e funcionais, mas estes devem exprimir a linguagem da arquitetura atual. A reconstrução total de um edifício, que tenha sido destruído por um conflito armado ou por uma catástrofe natural, só é aceitável se existirem motivos sociais ou culturais excecionais, que estejam relacionados com a própria identidade da comunidade local.

DIFERENTES TIPOS DE PATRIMÓNIO CONSTRUÍDO

5. Qualquer intervenção que afete o património arqueológico, devido à sua vulnerabilidade, deve estar estritamente relacionada com a sua envolvente: o território e a paisagem. Os aspetos destrutivos das escavações devem reduzir-se tanto quanto seja possível. Cada escavação deve ser acompanhada de documentação completa sobre os trabalhos arqueológicos. Tal como em qualquer intervenção patrimonial, os trabalhos de conservação de achados arqueológicos devem basear-se no princípio da intervenção mínima. Os trabalhos arqueológicos só podem ser realizados por profissionais e a metodologia e técnicas usadas devem ser estritamente controladas. Para a proteção e apresentação pública de sítios arqueológicos deve encorajar-se: o recurso a técnicas modernas; a criação de bancos de dados; a utilização de sistemas de informação e a utilização de técnicas de apresentação virtual dos sítios.

6. O objetivo da conservação dos monumentos e dos edifícios com valor histórico, que se localizem em meio urbano ou rural, é o de manter a sua autenticidade e integridade, incluindo os espaços interiores, o mobiliário e a decoração, de acordo com o seu aspeto original. Tal conservação requer um “projeto de restauro” apropriado, que defina os métodos e os objetivos. Em muitos casos, requer-se ainda um uso apropriado para os monumentos e edifícios com valor histórico, compatível com os seus espaços e o seu significado patrimonial. As obras em edifícios com valor histórico devem analisar e respeitar todas as fases construtivas pertencentes a períodos históricos distintos.

7. A decoração arquitetónica, as esculturas e os elementos artísticos, que fazem parte integrante do património construído, devem ser preservados mediante um projeto específico vinculado ao projeto geral de restauro. Esta metodologia pressupõe que o especialista em restauro do património construído possua os conhecimentos e a formação adequadas, para além da capacidade cultural, técnica e prática, para interpretar os diferentes ensaios e análises nas áreas artísticas específicas. O “projeto de restauro” deve garantir uma relação correta com o conjunto envolvente, incluindo o ambiente, a decoração e a escultura e respeitando as técnicas tradicionais da construção e a sua necessária integração como uma parte substancial do património construído.

8. As cidades e as aldeias históricas, no seu contexto territorial, representam uma parte essencial do nosso património universal. Cada um destes conjuntos patrimoniais deve ser considerado como um todo, com as suas estruturas, os seus espaços e as características socioeconómicas, em processo de contínua

evolução e mudança. Qualquer intervenção deve envolver todos os sectores da população e requer um processo de planeamento integrado, cobrindo uma ampla gama de atividades. Em meio urbano, a conservação tem por objeto, quer os conjuntos edificados, quer os espaços livres. A sua área de intervenção tanto pode restringir-se a uma parcela de um grande aglomerado urbano, como englobar a totalidade de uma pequena cidade ou mesmo uma aldeia, integrando sempre os respetivos valores imateriais, ou intangíveis. Neste contexto, a intervenção na cidade histórica deve ter presente a morfologia, as funções e as estruturas urbanas, na sua interligação com o território e a paisagem envolventes. Os edifícios que constituem as zonas históricas podendo não se destacar pelo seu valor arquitetónico especial, devem ser salvaguardados como elementos de continuidade urbana, devido às suas características dimensionais, técnicas, espaciais, decorativas e cromáticas, elementos de união insubstituíveis para a unidade orgânica da cidade. O “projeto de restauro” das cidades ou aldeias históricas deve, não só verificar a sustentabilidade das opções estratégicas que assume, como prever o processo de gestão de futuras alterações, ligando as questões da conservação do património aos aspetos económicos e sociais. Para além do conhecimento das estruturas físicas, devem ser estudadas as influências que futuras alterações poderão provocar, bem como os necessários instrumentos para gerir essas alterações. O “projeto de restauro” de cidades e aldeias históricas deve considerar que os imóveis do tecido urbano desempenham uma dupla função:

- Elementos definidores da forma urbana;
- Possuem uma espacialidade interna, que constitui um dos seus valores essenciais.

9. As paisagens reconhecidas como património cultural são o resultado e o reflexo da interação prolongada nas diferentes sociedades entre o homem, a natureza e o meio ambiente físico. São testemunhos da relação evolutiva das comunidades e dos indivíduos com o seu meio ambiente. Neste contexto, a sua conservação, preservação e desenvolvimento centram-se nos aspetos humanos e naturais, integrando valores materiais e intangíveis. É importante compreender e respeitar o carácter das paisagens e aplicar leis e normas adequadas que harmonizem os usos mais importantes do território com valores paisagísticos essenciais. Em muitas sociedades, as paisagens possuem uma relação histórica com o território e com as cidades. A integração da conservação da paisagem cultural com o desenvolvimento sustentado de regiões e localidades com atividades ecológicas, assim como com o meio ambiente natural requerem uma consciencialização e uma compreensão das suas relações ao longo do tempo, o que implica o estabelecimento de relações com o meio ambiente construído, de regiões metropolitanas, cidades e núcleos históricos. A conservação integrada de paisagens arqueológicas ou com interesse paleontológico, bem como o desenvolvimento de paisagens que apresentam alterações muito significativas, envolvem a consideração de valores sociais, culturais e estéticos.

10. **As técnicas de conservação devem estar intimamente ligadas à investigação pluridisciplinar sobre materiais e tecnologias usadas na construção, reparação e no restauro do património edificado. A intervenção escolhida deve respeitar a função original e assegurar a compatibilidade com os materiais, as estruturas e os valores arquitetónicos existentes.** Quaisquer novos materiais ou tecnologias devem ser rigorosamente testados, comparados e experimentados antes da respetiva aplicação. Embora a aplicação in situ de novas tecnologias possa justificar-se para uma boa conservação dos materiais originais, estas devem ser constantemente controladas tendo em conta os resultados obtidos, o seu comportamento ao longo do tempo e a possibilidade da sua eventual reversibilidade. Deve estimular-se o conhecimento dos materiais e técnicas tradicionais de construção, bem como a sua apropriada manutenção no contexto da sociedade contemporânea, considerando-as como componentes importantes do património cultural.

GESTÃO

11. A gestão das cidades históricas e do património cultural em geral, tendo em conta os contínuos processos de mudança, transformação e desenvolvimento, consiste na adoção de regulamentos apropriados, na tomada de decisões, que implicam necessariamente escolhas, e no controlo dos resultados. Um aspeto essencial deste processo, é a necessidade de identificar os riscos, de antecipar os sistemas de prevenção apropriados e de criar planos de atuação de emergência. O turismo cultural, apesar dos seus aspetos positivos para a economia local, deve ser considerado como um risco. Deve prestar-se uma particular atenção à otimização dos custos envolvidos. A conservação do património cultural deve constituir uma parte integrante dos processos de planeamento económico e gestão das comunidades, pois pode contribuir para o desenvolvimento sustentável, qualitativo, económico e social dessas comunidades.

12. A pluralidade de valores do património e a diversidade de interesses requerem uma estrutura de comunicação que permita uma participação efetiva dos cidadãos no processo, para além dos especialistas e gestores culturais. Caberá às comunidades adotar os métodos e as formas apropriadas para assegurar uma verdadeira participação dos cidadãos e das instituições nos processos de decisão.

FORMAÇÃO E EDUCAÇÃO

13. A formação e a educação em património cultural exige a participação da sociedade e a integração da temática nos sistemas nacionais de educação a todos os níveis. A complexidade dos projetos de restauro, ou de quaisquer outras intervenções de conservação, por envolverem aspetos históricos, técnicos, culturais e económicos, requerem a nomeação de responsáveis bem formados e competentes. A formação dos especialistas em conservação deve ser interdisciplinar e incluir o estudo da história da arquitetura, da teoria e das técnicas da conservação. Esta formação deve assegurar uma qualificação adequada, necessária à resolução de problemas de investigação, bem como para resolver corretamente

as intervenções de conservação e restauro de uma forma profissional e responsável. A formação de profissionais e técnicos nas disciplinas da conservação deve considerar a evolução das metodologias e do conhecimento técnico e participar no debate atual sobre as teorias e as políticas de conservação. A qualidade da mão-de-obra e o trabalho técnico durante os projetos de restauro devem também ser valorizados com uma melhor formação profissional.

MEDIDAS LEGAIS

14. A proteção e conservação do património construído podem ser melhoradas através da adoção de medidas legais e administrativas. Estas medidas devem assegurar que os trabalhos de conservação sejam realizados por especialistas em conservação ou sob sua supervisão. As disposições legais também podem prever um período de estágios práticos, no contexto de programas estruturados. Deve conceder-se uma atenção especial aos recém-formados especialistas em conservação do património cultural, nomeadamente no momento da graduação como profissionais independentes. Este grau deveria ser adquirido sob supervisão de especialistas em conservação.

Comité de Redação: Alessandra Melucco (Itália), André De Naeyer (Bélgica), Andrzej Kadluczka (Polónia), Andrzej Michalowski (Polónia), Giuseppe Cristinelli (Itália), Herb Stovel (Canadá), Jacek Purchla (Bélgica), Jan Schubert (Alemanha), Javier Rivera Blanco (Espanha), Jean Louis Luxen (Bélgica), Joseph Cannataci (Malta), Jukka Jokilehto (Finlândia -Itália), Krzysztof Pawlowski (Polónia), Ingal Maxwell (Escócia), Ireneusz Pluska (Polónia), Manfred Wehdorn (Áustria), Marek Konokpa (Polónia); Mário Docci (Itália), Michael Petzet (Alemanha), Mihály Zádor (Hungria), Ray Bondin (Malta), Robert de Jong (Países Baixos), Salvador Pérez Arroyo (Espanha), Sherban Cantacuzino (Inglaterra), Tamas Fejerdy (Hungria), Tatiana Kirova (Itália) e Zbigniew Kobilinski (Polónia).

ANEXO II – EXEMPLO CHECK-LIST CARACTERIZAÇÃO EDIFÍCIO

Check-list N.º 1		Caracterização do Edifício			Responsável:	
					Data:	__/__/__
Obra N.º		Nome da obra				
N.º de Pisos		Localização				
Elemento em análise	Tipo de elemento	Código	Caracterização	Código	Observações	
Fundação	Direta	A1	Com sobrelargura (Alvenaria de pedra fraca)	1		
	Semidireta	A2	Sem sobrelargura (Alvenaria de pedra boa)	2		
	Indireta	A3	Estacaria de madeira	3		
Parede resistente	Exterior	B1	Alvenaria de pedra	1		
	Interior	B2	Parede de frontal (madeira)	2		
Pavimento	Apoiado em parede	C1	Estrutura de madeira	1		
	Apoiado em frechal	C2	Estrutura com enchimento	2		
	Apoiado em arco de alvenaria	C3	Com ferrolho metálico de ligação	3		
Cobertura	Inclinada	D1	Revestimento telha cerâmica	1		
	Curva	D2	Com peças metálicas de ligação	2		
	Plana	D3	Base de pedra	3		
Escada	Um lanço	E1	Estrutura de madeira	1		
	Lanços múltiplos	E2	Estrutura de ferro	2		
	Helicoidal	E3				
Parede interior	Tabique	F1	Com ligação a parede resistente	1		
	Frontal	F2	Com viga forte na base	2		
Revestimento/acabamento	Parede interior	G1	Caiçação	1		
	Parede exterior	G2	Ladrilhos cerâmicos	2		
	Pavimento piso	G3	Estuque	3		
	Pavimento teto	G4	Madeira	4		
	Pavimento térreo	G5	Pedra	5		
Caixilharia	Janela de abrir	H1	Folha única	1		
	Janela deslizante	H2	Folhas múltiplas	2		
	Janela basculante	H3	Folhas única com bandeira	3		
	Pivotante	H4	Folhas múltiplas com bandeira	4		
Cantaria	Janela	I1	Pedra talhada geometria simples	1		
	Porta	I2	Pedra talhada geometria complexa	1		
	Soco	I3				
	Cunhal	I4				
	Pilastra	I5				
	Cornija	I6				

ANEXO III – EXEMPLO CHECK-LIST DESCRIÇÃO ANOMALIAS

Check-list N.º 2	Descrição de anomalias em Fundação	Responsável:	
		Data:	__/__/__
Obra N.º	Nome da obra		
Descrição elemento:		Código:	
Localização em planta da anomalia		Registo fotográfico	
(Inserir planta)		(Inserir foto)	
Tipo de Anomalia			√
Assentamento das fundações			
Perda de capacidade resistente das fundações			
Aumento das cargas			
Possíveis causas			√
Presença de água (alterações do nível freático associado a má drenagem e impermeabilização)			
Construção/Demolição de edifício na vizinhança			
Terreno de fundação muito compressível			
Mau dimensionamento do elemento			
Efeito de grupo (estacas em fundações indiretas)			
Fundação sobre solo instável			
Acréscimo de sobrecargas			
Vibrações geradas no edifício ou proximidade			