



FCTUC DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Caracterização e estratégias de intervenção em elementos estruturais de madeira: caso de estudo no Centro Histórico de Viseu

Relatório apresentado para cumprimento dos requisitos da unidade curricular “Dissertação em Reabilitação Estrutural I” do Curso de Mestrado em Reabilitação de Edifícios

Autor

Ana Margarida Moreira Raimundo

Orientador

Professor Doutor João Henrique Jorge de Oliveira Negrão

Professor Doutor Romeu da Silva Vicente

Esta dissertação é da exclusiva responsabilidade do seu autor, não tendo sofrido correções após a defesa em provas públicas. O Departamento de Engenharia Civil da FCTUC declina qualquer responsabilidade pelo uso da informação apresentada

Coimbra, Julho, 2016

ÍNDICE

ÍNDICE.....	i
1 ENQUADRAMENTO	1
1.1 Introdução	1
1.2 Edifícios antigos e património	1
1.3 Estruturas de madeira	2
1.4 Pavimentos em madeira.....	3
1.4.1 Constituintes e materiais.....	3
1.4.2 Danos estruturais	5
1.5 Ligação pavimento-parede	7
1.5.1 Introdução	7
1.5.2 Intervenções.....	10
1.5.2.1 Soluções.....	10
1.5.2.2 Condicionantes e limitações de ações de reforço	11
1.6 Inspeção e diagnóstico de estruturas de madeira.....	12
1.7 Análise estrutural.....	14
1.8 Centro Histórico de Viseu	16
2 OBJECTIVOS	17
3 METODOLOGIA.....	18
4 PLANO DE TRABALHOS	19
5 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	20
6 BIBLIOGRAFIA.....	24

1 ENQUADRAMENTO

1.1 Introdução

Esta dissertação insere-se no âmbito do Mestrado em Reabilitação de Edifícios da Universidade de Coimbra e pretende identificar a problemática e analisar os conteúdos a estudar em detalhe no âmbito da unidade curricular Dissertação II, que se irá realizar no próximo semestre letivo. O tema a abordar é a caracterização e estratégias de intervenção em elementos estruturais de madeira, tendo como base, casos de estudo no Centro Histórico de Viseu.

1.2 Edifícios antigos e património

Os núcleos urbanos antigos são a imagem cultural, económico e social das cidades e regiões, detendo património histórico e arquitetónico que deverá ser protegido e conservado. Assim, os edifícios antigos são um testemunho físico da identidade dos locais, que deverão ser corretamente caracterizados e avaliados, na imperativa necessidade de intervenção do património. De notar a impreterível salvaguarda do que dá carácter aos edifícios, já que as intervenções a realizar devem respeitar os princípios da conservação abordados na Carta Europeia do Património Arquitectónico (Conselho da Europa, 1975), na Convenção de Granada da Salvaguarda do Património Arquitectónico da Europa (1985), na Carta das Cidades Históricas (ICOMOS, 1987) e na Carta de Cracóvia 2000 (Cóias, 2007). O respeito pelas técnicas e materiais utilizados numa determinada construção e a reprovação de obras de reabilitação apenas com o aproveitamento das fachadas e desaproveitamento do interior dos edifícios é patente na seguinte passagem das “Recomendações para a Análise, Conservação e Restauro Estrutural do Património Arquitectónico” (ICOMOS, 2004): “...O valor de cada construção histórica não está apenas na aparência de elementos isolados, mas também na integridade de todos os seus componentes como um produto único da tecnologia de construção específica do seu tempo e do seu local. Desta forma, a remoção de estruturas internas mantendo apenas as fachadas não se adequa aos critérios da conservação...” apresentado no documento. Igualmente o Comité Científico Internacional para a Análise e Restauro de Estruturas do Património Arquitectónico, ICOMOS, que é o principal consultor da Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (UNESCO) sobre conservação e proteção do património, refere “Um diagnóstico minucioso das causas de

degradação e falha da estrutura de madeira deve anteceder a intervenção e basear-se em evidências documentais, inspeção física, análise e, se necessário, medidas das condições físicas e métodos de ensaio não destrutivos”, considerado no documento “Princípios para a preservação das estruturas históricas em madeira” (Ilharco *et al.*, 2008). Assim, para as estruturas de madeira, deverá efetuar-se uma correta avaliação valorizando os ensaios não destrutivos e sondagens locais, antes da intervenção.

Os edifícios antigos definem-se como os edifícios pré-betão armado como material estrutural dominante, recorrendo portanto a matérias-primas e técnicas construtivas locais. Os materiais comumente utilizados na construção eram a madeira, a pedra, a areia, o barro e a cal, denotando-se a inexistência de regulamentação específica em Portugal para construção de alvenarias e de estruturas de madeiras. Portanto, conclui-se que existiam conhecimentos empíricos e de prática consagrada, atualmente em desuso. A maioria dos edifícios antigos nos centros históricos são constituídos por coberturas e pavimentos de madeira e por paredes resistentes em alvenaria. Denota-se que a madeira foi o material de construção mais utilizado em pavimentos, tanto a nível estrutural como não estrutural, a partir do século XIX até meados do século XX (Appleton, 2011).

1.3 Estruturas de madeira

A evolução das habitações, no decorrer dos tempos, teve influência da modificação dos solos e clima, bem como da necessidade de proteção do Homem face aos perigos externos. Assim, o Homem começou a construir as suas habitações com os recursos naturais existentes, nomeadamente a madeira, e com a adoção de técnicas de construção, que no caso da madeira têm evoluído desde um processo manual e primitivo até à vasta indústria moderna. Na Europa, os princípios básicos da construção em madeira, remontam à Idade do Bronze, sendo a madeira mais usual o Castanho. Nos finais da Idade Média, edifícios de 5 e 6 pisos poderiam ser construídos devido à destreza dos carpinteiros e artífices. Em Portugal e após o sismo de 1755, a baixa de Lisboa foi reconstruída com a aplicação do sistema de gaiolas pombalinas, segundo um plano de reconstrução pelo engenheiro militar Manuel da Maia, sob alçada de Marques de Pombal. Com a estrutura de madeira da gaiola pombalina, as paredes tornaram-se mais leves e flexíveis em caso de sismo, ou seja, o oposto das tradicionais paredes de alvenaria. Assim, com a evolução do conhecimento empírico da madeira e o aparecimento de construções cada vez mais complexas, desenvolveram-se produtos e ligações mais capazes. Contudo, as construções modernas baseiam-se, estrutural e tecnicamente, nas antigas casas de madeira, apesar da evolução (Lourenço e Branco, 2012). A utilização de madeira em pavimentos e coberturas decaiu após o início do uso do betão, tendo-se instalado a ideia, tanto na sociedade como na comunidade técnica, de que a madeira é um material

fraco. Tal preconceito, originou perdas irreparáveis do património arquitectónico, devido á substituição da madeira por betão, em construções antigas (Negrão, 2011).

Para o uso estrutural em pavimentos, as espécies de madeira mais utilizadas em Portugal são o Pinho Bravo (*Pinus pinaster Ait*), o Pinheiro silvestre (*Pinus sylvestris*), o Carvalho Português (*Quercus faginea*), o Castanho (*Castanea Sativa*) e o Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) (Oliveira, 2013). A escolha da espécie para a utilização nos elementos estruturais tem em conta a predominância local, sendo mais frequentes o Castanho, o Carvalho e por vezes o Pinho de Riga ou o Pinho Bravo, no Norte de Portugal, e o Pinho Bravo ou a casquinha (*Pinus sylvestris*) no resto do país (Dias, 2008).

O uso da madeira tem diversas vantagens, destacando-se a renovação natural do material; o reaproveitamento, se houver legislação no futuro para reutilização racional; a trabalhabilidade, dada a reduzida dureza face à resistência; a resistência similar à compressão e tração, sendo ideal para flexões e elementos de suporte horizontal; a boa relação resistência / peso próprio, ideal para grandes vãos; a excelente resistência, com capacidade de absorver choques sem fendilhação e a diversidade de espécies e qualidades. Como desvantagens enumera-se o preço elevado; a elevada heterogeneidade e anisotropia do material; a vulnerabilidade aos agentes agressivos quando desprotegida; a combustibilidade, embora possa ser controlada com ignífugos e seja dificilmente igniscível; a variação dimensional com humidade e a limitação de dimensões (Branco e Brito, 2002).

1.4 Pavimentos em madeira

1.4.1 Constituintes e materiais

A constituição dos pavimentos estruturais de madeira manteve-se pouco variável ao longo dos tempos, sendo fundamentalmente constituído pelo vigamento, Figura 1.1, e pelo soalho, Figura 1.2. O vigamento é o responsável pela resistência e rigidez dos pavimentos e consiste em diversas vigas ou barrotes dispostos paralelamente e com pequeno espaçamento entre si (entre 0,40 e 0,70m de eixo a eixo). Nos edifícios anteriores ao início do século XX, o vigamento era executado com troncos de madeira, comumente designados por paus rolados, sendo que apresentavam diâmetros entre 0,10 e 0,30m e comprimentos entre 4,0 e os 7,0m. Devido à heterogeneidade do diâmetro da secção, a sua aplicação era feita alternado uma menor secção junto a outra com maior secção, de modo a homogeneizar a resistência do pavimento. As vigas de secção retangular começaram a surgir a partir do início do século XX, tendo a viga uma largura entre 0,07m e 0,12m e alturas entre os 0,18 e 0,25m. As entregas, extremidades do vigamento, ficam normalmente apoiadas ou encastradas nas paredes de alvenaria. O soalho, solho ou sobrado, pode ser de diversas espécies de madeira, devendo ter

funções e ser preparadas para o fim a que se destinam e é constituído pela justaposição de tábuas (Oliveira, 2013). Estas podem ser aplicadas diretamente sobre o vigeamento ou sobre barrotes transversais a este, caso em que se orientarão na mesma direção das vigas.



Figura 1.1 – Vigamento efetuado por troncos falqueados (toro esquadriado, em que a seção é aproximadamente retangular) (Dias, 2008)



Figura 1.2 – Soalho em madeira (Cunha J., 2013)

Os tarugos, Figuras 1.1 e 1.3, são os constituintes secundários do pavimento e têm como objetivo principal a distribuição transversal de carga, melhorando o funcionamento a ações lineares, pontuais ou no próprio plano da estrutura. O sistema de tarugamento consiste em aplicar um conjunto de elementos transversais ao vigeamento, numa linha contínua, geralmente em madeira de menor secção que as vigas principais, apresentando uma distância média entre si de 1,5 a 2,0m (Oliveira, 2013). Os tarugos permitem melhorar o comportamento à vibração

decorrente da circulação e funcionam como elementos de contraventamento, se existirem elementos diagonais que impeçam a distorção, possibilitando que o conjunto (pavimento) funcione como um diafragma (Dias, 2008). As cadeias, Figura 1.4, são sistemas de transferência de carga, necessários quando as vigas são interrompidas por aberturas ou outras discontinuidades, como chaminés, lanternins ou caixas de escada (Oliveira, 2013).

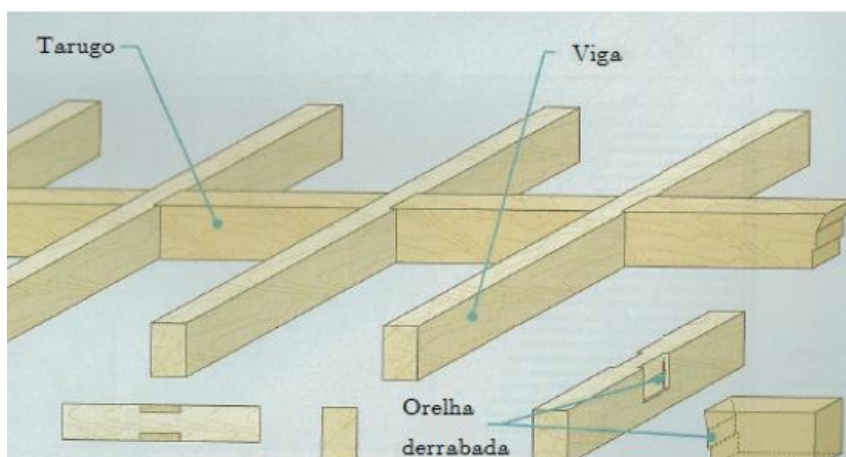


Figura 1.3 – Sistema de tarugamento (Oliveira, 2013)

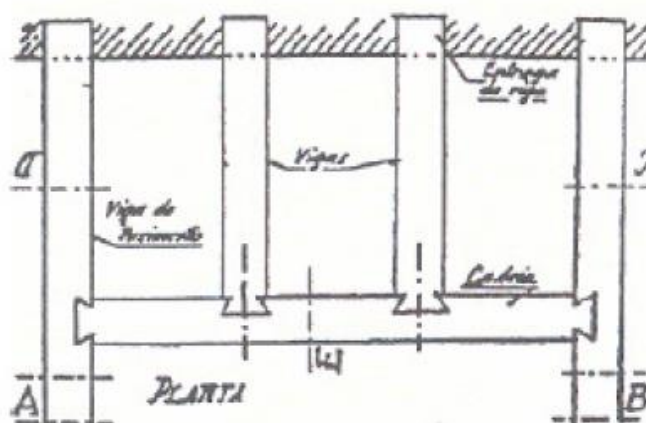


Figura 1.4 – Cadeia em planta (Oliveira, 2013)

1.4.2 Danos estruturais

Apesar dos danos, verifica-se que raramente os pavimentos colapsam integralmente devido a patologias estruturais graves. Tal é justificado, sendo um pavimento uma estrutura complexa, pois o funcionamento conjunto de todos os seus constituintes, pode ser decisivo na mobilização do efeito de membrana e de um comportamento bidirecional (Appleton, 2011).

Os pavimentos podem apresentar vários danos estruturais, podendo ser provocados por ataques biológicos de insetos e fungos (caruncho, térmitas e xilófagos marinhos) e provocados por agentes atmosféricos (radiação solar e chuva). Verificam-se igualmente danos mecânicos nomeadamente de entalhes e de desençaixe de ligações. O pavimento pode exibir defeitos relativos a características do material (nós, fendas e fio inclinado em relação ao eixo da peça).

Os nós, considerados os defeitos mais condicionantes da resistência global dos elementos, têm elevada influência ao nível da resistência à tração das peças. As fendas, são anomalias que surgem mais frequentemente nos elementos de grande secção transversal, devido ao processo de secagem e consequentes retrações elevadas na direção tangencial. As fendas podem conduzir à redução do momento de inércia e provocar graves consequências estruturais, principalmente se estiverem localizados em elementos sujeitos a compressão axial ou em zonas de ligação e forem repassadas e de grande desenvolvimento. Apesar de tudo, as consequências resultantes são de difícil quantificação, sendo que podem ter diminuta influência na resistência da peça, desde que se encontrem dentro de determinados limites dimensionais estabelecidos nas normas de classificação visual. O fio inclinado em relação ao eixo da peça, designado também por fio diagonal ou torcido é consequência do desenvolvimento morfológico natural da árvore, ou do corte desadequado das peças de madeira, consistindo numa inclinação das fibras relativamente ao eixo longitudinal do elemento de madeira. Pode provocar empenos e fendas na ocorrência de pequenas alterações de humidade, e ainda ter implicações graves ao nível da resistência mecânica. O ataque biológico de insetos, nomeadamente de caruncho e térmitas, é bastante comum principalmente nas zonas de entrega das vigas dos pavimentos nas paredes de alvenaria e nas coberturas, sendo esta a zona mais suscetível para fungos, enquanto os carunchos atacam todo o vão da peça. A radiação solar provoca o desgaste por ação dos raios ultravioleta que degradam a camada superficial da madeira, verificando-se uma alteração da sua coloração inicialmente amarelada para posteriormente acinzentada. A água da chuva é o principal agente indireto de degradação da madeira, já que cria condições para a vida da maior parte dos agentes xilófagos. A degradação pela água da chuva pode ser provocada pelas infiltrações nas coberturas ou pela capilaridade das paredes. O teor em água da madeira é um parâmetro fundamental, que influencia muito as suas características pois quanto maior o seu valor (até ao ponto de saturação das fibras), menor é a resistência mecânica da madeira e maior a suscetibilidade de ser atacada por agentes bióticos (Cunha J., 2013).

As ligações também podem ser fragilizadas, sendo as causas mais comuns a corrosão ou rotura de elementos metálicos de ligação; o esmagamento ou fendas na zona afetada pelos ligadores; a falta de chapas metálicas ou parafusos; o afastamento entre elementos que

deveriam estar em contacto e ainda o contacto entre elementos que deveriam estar afastados, entre outros (Cunha J., 2013).

Os danos estruturais mais comuns em pavimentos de madeira são a rotura por corte nas entregas das vigas nas paredes de alvenaria e a rotura por flexão a meio vão das vigas. A primeira rotura deve-se à redução da secção por entalhe, nas entregas, e ocorre por fratura paralela ao fio com origem na raiz do entalhe. O segundo tipo de rotura é predominantemente originado pela presença de nós na face tracionada e na região de momento máximo. A estas causas acrescem os efeitos do ataque de agentes bióticos (caruncho, fungos e térmitas) associado à presença de um elevado teor de humidade (no caso de fungos), sempre com um efeito deletério na resistência mecânica do material e nas dimensões das secções transversais (Ilharco *et al*, 2008).

Os danos verificados em estruturas de madeira são em grande medida provocados pela incorreta conceção e construção inicial, destacando-se o grande espaçamento entre vigas; a falta de tarugamento; as incorretas ligações entre elementos e a não consideração da fluência da madeira (Cunha J., 2013). As técnicas de execução, o excesso de cargas não previstas nos edifícios, os ataques de agentes xilófagos e a fluência da madeira são fatores que podem originar deformações excessivas das vigas do pavimento. As vibrações podem ser causadas pelas características construtivas do pavimento, nomeadamente pelo espaçamento excessivo entre as vigas, existência de seções reduzidas e tarugamento insuficiente (Ilharco *et al*, 2008).

1.5 Ligação pavimento-parede

1.5.1 Introdução

Todas as ligações pavimento-parede possuem particularidades, sendo executadas de forma variável, originando anomalias e soluções de reabilitação diferentes (Simões, 2015). As ligações geralmente representam os pontos mais sensíveis da estrutura, podendo originar anomalias e condicionar o comportamento do conjunto incluindo a estabilidade global da estrutura (Oliveira, 2013). Devido à facilidade de manuseamento e leveza do material, existe facilidade de execução da ligação entre elementos. Os entalhes têm função de travamento da estrutura, transmitindo esforços de compressão e corte, embora não permitam esforços que despoletam a separação das peças. Assim, os elementos metálicos foram introduzidos nas ligações, especialmente em zonas sísmicas, onde os esforços de compressão e tração são cíclicos. Do prego evoluiu-se para o parafuso e atualmente procuram-se tecnologias que garantam maior fiabilidade no comportamento das ligações e facilidade de execução (Lourenço e Branco, 2012).

As ligações que, no caso particular de pavimentos, correspondem predominantemente às entregas das vigas, podem ser do tipo encastradas, com frechais, Figura 1.5, cachorros e ferrolhos. O encastramento deveria ser de pelo menos 0,20 a 0,25m para além da face da parede, usualmente admitindo um apoio em 2/3 da espessura da parede, de modo a obter uma melhor estabilidade e redução de vibrações. De notar que por vezes o apoio se efetuava em toda a largura da parede, podendo originar problemas no topo das vigas devido à fácil exposição a agentes atmosféricos. Quando as paredes apresentavam uma constituição mais ligeira, como as de tabique, eram usados frechais corridos e embutidos nas paredes, o que permitia uma melhor distribuição de cargas, impedindo carregamentos pontuais das vigas nas paredes. Os cachorros de pedra salientes para dentro dos compartimentos onde iam assentar as vigas, eram outro método de ligação, embora tivessem o inconveniente de interferir no aspeto do compartimento inferior mas a vantagem de a viga ficar menos exposta à humidade (Oliveira, 2013). Eram utilizados quando as cargas a suportar pelo pavimento eram muito elevadas (Dias, 2008). Como solução composta, Figura 1.6, eram usados cachorros embebidos nas paredes sobre os quais se colocavam frechais aparentes, onde posteriormente eram apoiadas as vigas. Outro método de ligação era a utilização de ferrolhos, Figura 1.7, que consistiam em barras metálicas achatadas. Estes possuíam furos para pregar ou aparafusar às vigas e prendiam-se à parede através da colocação de chavetas na parte exterior desta. Estes elementos deveriam ser tratados de modo a não se degradarem devido à ação dos agentes atmosféricos, embora se pudessem utilizar ferrolhos de esquadro, que ficavam embutidos na parede. Este tipo de ferrolhos era o mais vantajoso pois diminuía as deformações e vibrações do pavimento e garantia a estabilidade das paredes dos edifícios (Oliveira, 2013).

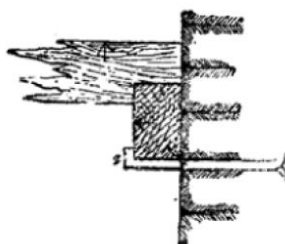


Figura 1.5 – Exemplo de elemento de ferro a suportar o frechal (Oliveira, 2013)

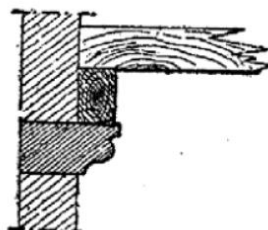


Figura 1.6 – Exemplo de cachorro embebido na parede dando apoio ao frechal (Oliveira, 2013)

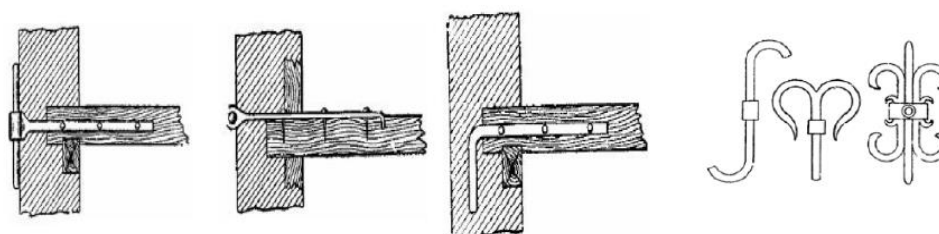


Figura 1.7 – Exemplo de ferrolhos (esquerda) e chavetas (direita) (Oliveira, 2013)

Licinia Simões, (Simões, 2015), enumera alguns trabalhos de investigação referentes à ligação pavimento-parede, efetuados até ao presente, que se enunciam no Quadro 1.1:

Quadro 1.1 – Trabalhos de investigação (Simões, 2015)

Autor(es) e Instituições	Data	Trabalhos de investigação
Roque, J., <i>et al</i> Universidade do Minho	2003	Técnicas de intervenção estrutural em paredes antigas de alvenaria
Varum, H., <i>et al</i> Universidade de Aveiro	2006	Avaliação sísmica de Edifícios de Alvenaria Antiga: desempenho e reforço.
Dias, T., <i>et al</i> Universidade do Porto	2008	Análise de pavimentos de madeira através de ensaios <i>in situ</i> . O caso dos edifícios antigos do Porto
Brignola, A., <i>et al</i> University of Canterbury.	2008	A rigidez no plano dos pavimentos de madeira.
Barros, R., <i>et al</i> Universidade de Aveiro	2008	Reforço sísmico de estruturas de alvenaria com recurso a elementos metálicos
Piazza, M., <i>et al</i> Universidade de Trento	2008	A importância da rigidez no plano dos pavimentos no comportamento sísmico dos edifícios tradicionais.
Lin, T., <i>et al</i> Universidade de Illinois	2012	Comportamento estrutural experimental de ligações parede-diafragma nos edifícios de alvenaria mais antigos.
Moreira, S., <i>et al</i> Universidade do Minho	2014	Parâmetros de design para alvenaria readaptada a ligações de madeira
Magenes, G., <i>et al</i> Universidade de Pavia European Centre for training and Research in earthquake	2014	Teste de mesa sísmica de um edifício de alvenaria de pedra reforçada, à escala, com diafragmas flexíveis.

A autora ensaiou a ligação pavimento/parede com recurso a colocação de cantoneira e vigas longitudinais e transversais em relação a esta, de modo a simular o pavimento de madeira. O actuador foi aplicado a meio da viga perpendicular, sobre uma célula de carga (Figura 1.8a). Na extremidade da viga foi colocada outra célula de carga (Figura 1.8b) e um apoio deslizante entre esta e a viga, de modo a permitir a rotação da viga.



Figura 1.8 – a) Posicionamento do cilindro hidráulico e da célula de carga; b) Posicionamento da célula de carga e da rótula metálica; c) Aspeto geral de um dos ensaios (Simões, 2015)

Foram realizados ensaios e os seus resultados comparados com os de outro trabalho de investigação similar, concluindo-se que a ligação é mais forte no murete com reforço da camada de microbetão e mais fraca no murete com camada de regularização a gesso (Simões, 2015). Este trabalho teve o objetivo de estudar a simulação de duas ligações pavimento/parede, entre pavimento e murete de alvenaria de pedra sem reforço e entre pavimento e murete de alvenaria de pedra reforçado com uma camada de microbetão e rede metálica.

1.5.2 Intervenções

1.5.2.1 Soluções

Vários autores analisam e sugerem diversas soluções de intervenção em ligações pavimento/parede. Destaca-se Nuno Ferreira (Ferreira, 2009) que indica algumas técnicas de intervenção das ligações entre pavimentos e paredes em reabilitação de edifícios antigos, bem como soluções de reconstrução total de pavimentos, como listado no Quadro 1.2.

O autor refere que a metodologia da escolha das soluções se baseia em condicionalismos, nomeadamente nas diferentes necessidades e exigências, devendo ser considerados três tipos de edifícios. Nos edifícios com valor patrimonial elevado, as intervenções têm como objetivo a preservação do património arquitetónico, histórico, artístico e cultural. Nos edifícios com valor patrimonial médio ou baixo e edifícios de serviços com valor patrimonial variável, o objetivo é dotá-los de condições de habitabilidade e segurança renovadas, mais modernas e atuais. A origem das necessidades de intervenção baseia-se nas patologias existentes, no

incremento global da segurança e adaptação a um novo uso. Igualmente o nível de intrusão (elevado, médio, baixo), vantagens e desvantagens, bem como o tipo de intervenção (restauro integral, restauro com modernização, reabilitação fiel ao original, reabilitação com substituição integral ou parcial) devem ser condicionalismos a ter em conta na escolha da solução.

Quadro 1.2 – Agrupamento das técnicas de intervenção no restauro/reabilitação das ligações entre pavimentos e paredes em edifícios antigos e soluções de reconstrução total de pavimentos (Ferreira, 2009)

Técnicas de consolidação e reforço	Fixação ou introdução de um novo elemento na parede para apoio do vigamento	Introdução de um frechal de madeira apoiado em cachorros
		Introdução de cantoneira metálica fixada à parede
		Frechal em betão armado
	Introdução de novos elementos de madeira	Fixação de novas peças de madeira às antigas
		Substituição de troços degradados utilizando ligadores metálicos e de madeira
		Substituição de troços degradados de vigas utilizando colas na união
	Introdução de novos elementos metálicos	Fixação de peças metálicas à madeira antiga
		Introdução de elementos metálicos no interior da seção da viga
		Reforça por colocação de perfis metálicos sob as vigas
	Introdução de colas epoxídicas com peças metálicas ou materiais compósitos	Reforço com barras
		Substituição da cabeça das vigas
		Reforço com placas
	Outras técnicas	Tratamento curativo da madeira
Pregagens de mangas injectadas. Sistema Cintec.		
Confinadores metálicos apertados mecanicamente. Sistema Comrehab.		
Solução de reconstrução de pavimentos	Pavimento em madeira	Abertura de novos nichos
		Abertura de novos nichos com reforço da parede de alvenaria
		Encamisamento da parede de alvenaria, com pano interior de grande espessura
		Fixação de perfis metálicos à parede
		Fixação de perfis metálicos à parede e encamisamento da parede de forma a melhorar o apoio
	Pavimento misto madeira-betão	Abertura de novos nichos
		Abertura de novos nichos com reforço da parede de alvenaria
		Encamisamento da parede de alvenaria, com pano interior de grande espessura
		Fixação de perfis metálicos à parede
		Fixação de perfis metálicos à parede e encamisamento da parede de forma a melhorar o apoio
	Pavimento misto aço-betão	Abertura de novos nichos
		Abertura de novos nichos com reforço da parede de alvenaria
		Encamisamento da parede de alvenaria, com pano interior de grande espessura
		Fixação de perfis metálicos à parede
		Fixação de perfis metálicos à parede e encamisamento da parede de forma a melhorar o apoio
	Outras soluções	Lajes ou vigas de betão fixadas com elementos conectores especiais. Sistema Ancon.
		Elementos metálicos para apoio das vigas

1.5.2.2 Condicionantes e limitações de ações de reforço

As intervenções deverão cumprir requisitos com base nas cartas e convenções internacionais para a reabilitação de edifícios históricos. Salientam-se a eficácia e a durabilidade da solução adotada, com especial importância na redução da vulnerabilidade sísmica, sendo também relevantes a compatibilidade e a reversibilidade das intervenções (Cóias, 2007)

A reabilitação de estruturas de madeira apresenta alguns condicionalismos, nomeadamente a falta de documento-guia que estabeleça regras e exigência de verificações de algumas situações de segurança estrutural, de matéria-prima; a pequena dimensão e baixa capacidade tecnológica das indústrias de serração e o insuficiente conhecimento do material madeira por parte da comunidade técnica e, particularmente em Portugal, a concorrência dos materiais de construção correntes (betão e aço) (Negrão, 2011). Denota-se igualmente a necessidade de mão-de-obra especializada e o cumprimento de normas e regulamentos.

1.6 Inspeção e diagnóstico de estruturas de madeira

Para uma correta reabilitação, deve-se proceder a uma eficiente inspeção e diagnóstico do objeto em estudo, que deverá consistir em trabalhos de preparação, trabalhos de campo e tratamento e interpretação de resultados, através de pesquisa, registo e análise. A inspeção e diagnóstico deve também repercutir-se na poupança de custos refletida na solução de reabilitação ou reforço.

Assim, deverá iniciar-se pelo levantamento preliminar que consiste na recolha de informação do edifício no seu geral e sua envolvente. Dever-se-á contactar os proprietários, Câmara Municipal e possivelmente uma equipa de arqueólogos e historiadores, de modo a analisar o enquadramento histórico e arquitetónico, recolher informação e plantas iniciais e eventuais alterações estruturais pós construção inicial. Poder-se-á complementar a informação com recolha de manuais antigos sobre tecnologias de construção da época.

A inspeção de pavimentos de madeira deve consistir numa análise detalhada e exaustiva/completa da construção ao nível global e dos pormenores, através de inspeção visual local com rotina de inspeção definida (por exemplo de cima para baixo ou esquerda para direita). Deverão ser inspecionados os materiais utilizados nos diferentes elementos construtivos dos pavimentos, sua qualidade, seu processo construtivo, danos estruturais e patologias na fachada e interior, através de ensaios não-destrutivos (NDT) e sondagens. As patologias deverão ser mapeadas e descritas, bem como os ensaios realizados e seus resultados. Deverá elaborar-se um esquema estrutural incluindo caracterização dimensional/geométrica do pavimento e seus constituintes, tais como ligações viga/parede, espaçamento entre vigas, dimensões de seções de vigas, tarugos, cadeias, espessura de soalhos. Deverão assinalar-se eventuais alterações estruturais e manutenções com identificação dos elementos. O esquema estrutural conterá descrição, pormenores construtivos e cortes de seções. Durante a inspeção aos pavimentos de madeira deverão verificar-se vários aspetos singulares, nomeadamente os nós (diâmetro), fendas (comprimento, largura, profundidade), descaio, inclinação do fio, empenos, presença de bolores ou fungos, orifícios

de saída de insetos, insetos mortos, excrementos de insetos, serrim, mudança de coloração, podridão, desagregação ou destacamento de materiais, manchas de humidade, assentamentos/deformações excessivas, ventilação (principalmente nos apoios), elementos metálicos oxidados, pregos salientes, entre outros, devendo indicar os locais e extensão através de mapeamento. Durante todo o processo de inspeção deverá ser realizado o levantamento fotográfico, do geral para o pormenor, executando um catálogo com mapeamento. De notar que se deverão ter-se em consideração as condições ambientais nos dias antecedentes à visita e no próprio dia, pois podem condicionar algumas observações e resultados. Para apoiar a inspeção, deverá ser elaborada uma Ficha de Inspeção detalhada, com parâmetros a analisar *in situ*.

Igualmente deverá recorrer-se a instrumentos durante a inspeção, que poderão necessitar de qualificação de operadores, manutenção e calibração. Os instrumentos comumente utilizados são a lanterna, para iluminação no caso de a luz ser insuficiente para a perfeita visualização; laser, fita métrica ou régua para medição; pincel, escova ou lixa para madeira para limpeza e remoção de sujidade para correta inspeção após observação de serrim, insetos mortos, excrementos de insetos, ou outros vestígios; medidor de fissuras; sacos de plástico para recolha de material e vestígios; martelo, já que o som após embate pode indicar danos tais como vazios ou fendas; formão ou lâmina para avaliar o nível de ataque por insetos xilófagos, a dureza superficial, integridade e degradação nos apoios; lupa para inspeção detalhada; espelho extensível para refletir imagem em locais de difícil visibilidade; entre outros. Como instrumentos não destrutivos de ensaio, enumeram-se o humidímetro, resistógrafo e instrumentos para medição de vibrações. O humidímetro é um ensaio de método local, devendo ser utilizado em vários locais do mesmo elemento e mede o teor em água da madeira, que serve de indicador do risco de ataque por fungos. O resistógrafo também é um ensaio de método local, devendo ser utilizado em vários locais do mesmo elemento. Possibilita a caracterização das propriedades do elemento pois relaciona energia despendida pela penetração de agulha com a resistência da madeira à perfuração. Poderão concluir-se variações de densidade, podridões, vazios e defeitos (constituição e degradação da madeira). Fornece informação qualitativa, fornecendo informação quantitativa através de tratamento estatístico para obtenção do valor de resistógrafo. A medição de vibração é executada através do registo de aceleração em três direções ortogonais, obtendo as frequências próprias de vibração que permitem estimar rigidez e conseqüente estado de conservação. Poderá ser feita medição em zonas sãs e deterioradas de modo a quantificar comportamento devido ao estado de conservação. Este ensaio é de extrema relevância para a calibração do modelo numérico.

O diagnóstico de pavimentos consiste na avaliação detalhada do estado de conservação dos elementos estruturais e é um complemento à inspeção. Tem como objetivo elaborar conclusões de intervenções, por inter-relacionamento dos dados da inspeção.

1.7 Análise estrutural

Para a análise estrutural do elemento em estudo, deverá realizar-se um modelo estrutural adequado, com base na inspeção visual e nos ensaios de medição de vibração. Estes ensaios são de extrema importância pois são necessários para a calibração do modelo, através das características físicas e mecânicas, efetuado comparação entre frequências de vibração numéricas e experimentais. De notar que, conservadoramente, as propriedades mecânicas podem ser estimadas recorrendo a normas para madeira antiga em serviço.

Para a modelação numérica local, e como as ligações pavimento-parede são de elevada relevância, devem ser numericamente introduzidas e analisadas consoante as ligações verificadas no local. De facto, as ligações são de extrema importância já que comprometem as condições de segurança dos pavimentos e da estrutura global (Lopes, 2008).

Os pavimentos, o nível de modelação numérica global, podem ter uma maior ou menor capacidade de distribuição das forças horizontais pelas paredes, ou seja, elementos verticais, quando sujeitos a ações sísmicas. Esta capacidade deve-se ao facto do pavimento funcionar como uma membrana ou diafragma e depende da sua deformabilidade e das ligações pavimento-parede. Os diafragmas são mais flexíveis ou rígidos, consoante a deformabilidade do pavimento no seu plano. Os diafragmas mais flexíveis coagem nas paredes perpendiculares à direção do sismo maiores deslocamentos e esforços para fora do seu plano, enquanto os diafragmas mais rígidos mobilizam mais as paredes paralelas à direção do sismo a absorver esforços no seu plano. Os pavimentos de madeira existentes em edifícios antigos funcionam em geral como diafragmas flexíveis, embora as características dessa flexibilidade dependam de diversos fatores, nomeadamente da dimensão do pavimento em planta, dimensão da secção transversal dos vigamentos, distância entre vigas do pavimento, existência ou não de tarugamento, estado de conservação da madeira, ligação das vigas às paredes que lhes são paralelas, ligação entre os pavimentos e as paredes, espécie/qualidade da madeira e tipo de interligação entre as tábuas de soalho (Roseiro, 2012).

Os pavimentos de madeira apresentam, na sua generalidade, ligações ineficazes às paredes de alvenaria de modo a prevenir forças fora do plano quando sujeitos a sismos. Assim, é de elevada importância proceder à melhoria da ligação pavimento-parede, para que os pavimentos auxiliem a estabilização das paredes na deformação fora do plano, aquando da

ocorrência de sismos. O comportamento ao sismo pode ser melhorado, além da melhoria das ligações, com o aumento da rigidez do pavimento, tanto no plano como fora deste. Uma das soluções é a atribuição ao pavimento de um melhor comportamento de diafragma, transformando o edifício numa caixa, podendo impedir o colapso das paredes. Contudo, não há consenso científico, devido à verificação de graves danos em paredes de alvenaria aquando da introdução de pavimentos com comportamento de diafragma com grande rigidez. Assim, a melhoria da ligação pavimento-parede poderá ser a solução mais adequada para a melhoria ao comportamento sísmico. Os diafragmas devem permitir a transferência de ações sísmicas para as paredes resistentes, devendo existir controlo nas deformações no plano do diafragma que possam provocar danos nas paredes. De notar que o comportamento de diafragma do pavimento pode ser executada de diversas formas, sendo de considerar com cautela as soluções que impliquem o aumento significativo de massa da estrutura, com consequente aumento da ação sísmica. Uma solução deste tipo é a introdução de uma lajeta de betão solidariamente ligada às vigas de madeira, ou seja, executando uma solução mista madeira-betão. Esta solução melhora o comportamento de diafragma, aumenta a capacidade de carga e reduz deformações e vibrações, tendo carácter de reforço global (Dias, 2008).

(Dias, 2008) realizou ensaio de arrancamento de uma viga com recurso a um actuador hidráulico (ensaio destrutivo), para avaliar a resistência das ligações por atrito. Para tal, removeu uma seção de viga de modo a colocar o actuador hidráulico na direção do seu eixo. Foram instalados LVDTs nas extremidades da viga de modo a avaliar o deslocamento da ligação por contacto entre a viga e a parede, além de também terem sido colocados na parede para registar eventuais movimentos desta. Os resultados dependem das condições de apoio e ligações nas extremidades. Concluiu que após vários ciclos de carga-descarga, o imbricamento dos fragmentos de alvenaria e argamassa desaparece, reduzindo o coeficiente de atrito. Concluiu igualmente que existe reduzida eficácia da ligação entre a viga de madeira e as paredes de alvenaria, na direcção do eixo da viga. A ligação viga-parede ensaiada é do tipo apoiada/encastrada na parede. De notar que, do lado oposto, a viga se encontrava apoiada em parede interior e com a sua face superior fixa por tábuas de soalho a vigas adjacentes, tendo obtido deslocamentos com valores mais reduzidos e concluindo que este apoio é mais rígido.

Os núcleos urbanos antigos, locais culturalmente, historicamente e socialmente valiosos, devem ser avaliados no contexto do risco sísmico, tal como de outros fenómenos naturais, para uma correta intervenção integrada de reabilitação. Assim, torna-se imperativo a avaliação da vulnerabilidade sísmica de modo a mitigar o risco sísmico, através da análise do desempenho do edifício aos sismos, com base na sua conceção e execução (Vicente, *et al*, 2010). A avaliação da segurança sísmica de edifícios antigos é complexa, devido à baixa

resistência à tração, ausência de pavimentos rígidos nas construções antigas de alvenaria e falta ou deficiente ligação entre os elementos (Lourenço e Mendes, 2009).

1.8 Centro Histórico de Viseu

Viseu apresenta um património edificado bastante variado no seu centro histórico, nomeadamente edifícios de grande porte como a Sé e o museu Grão Vasco, bem como edifícios destinados à habitação. Comum à maioria dos edifícios antigos existentes em Viseu, e em Portugal, a estrutura dos pavimentos é em vigamento de madeira maciça (Cunha J. , 2016).

Sendo Viseu uma cidade com mais de 2.500 anos e detendo um rico património cultural, material e imaterial, o Município pretende que este seja reconhecido, a nível nacional e internacional, através de classificação a Património da Humanidade da UNESCO. Nesse sentido, projeta-se um plano, de investigação, salvaguarda e reabilitação sustentável do seu edificado histórico, como meio de revitalização do Centro Histórico para o futuro. O faseamento do plano é delineado para 8 anos, sendo constituído por 5 Fases. Atualmente e até Julho de 2017, decorre a *1º Fase-Identificação e avaliação dos valores em presença e consolidação das opções estratégicas de valorização do património cultural e da ARU*. Esta fase inclui igualmente o levantamento do estado de conservação do edificado, adoção de “boas práticas” de reabilitação e a elaboração da “Carta Patrimonial de Viseu”. Como intervenientes do plano de ação “Viseu Património”, destaca-se a colaboração da Universidade De Coimbra, Instituto Pedro Nunes e a Sociedade de Reabilitação Urbana VISEU NOVO, além do Município (Viseu).

2 OBJECTIVOS

O conhecimento dos edifícios antigos é relativamente escasso e empírico, devendo ser promovida uma abordagem científica dos seus problemas construtivos, de modo a conduzir ações de reabilitação, manutenção e substituição corretas. Assim, torna-se de elevada importância a recuperação dos conhecimentos de outrora.

Com a problemática dos pavimentos de madeira e ligações pavimento-parede em edifícios antigos, existe a necessidade de promover um correto comportamento destes, especialmente quando solicitados por ação sísmica. Assim, torna-se imperativo a análise destes de modo a promover ações de reabilitação eficientes. Particulariza-se o caso do Centro Histórico de Viseu pela iniciativa de preservação do edificado e sua identidade atualmente em curso naquela cidade, para possível candidatura a Património da Humanidade da UNESCO.

Pretende-se analisar um pavimento de madeira, a nível global, e as suas ligações, a nível local, com base na inspeção e diagnóstico e sua modelação numérica. Analisar-se-ão diversas soluções de intervenção nas ligações pavimento-parede, bem como no pavimento, com base em diversas condicionantes. Propor-se-á a execução *in situ* de uma solução de intervenção local, na ligação viga-parede e num dos casos de estudo.

Este estudo tem igualmente como objetivo basilar a promoção de boas práticas, de soluções eficazes e de baixo custo.

A relevância científica recai no contributo de resultados de investigação para análises futuras de outros casos de estudo de pavimentos de madeira, bem como para uma análise sísmica mais detalhada. Aliando uma reabilitação eficaz, de baixo custo e de boas práticas, os agentes executores de reabilitação (empresas e projetistas), poderão escolher e adotar as melhores soluções, beneficiando o consumidor. Com a disseminação do conhecimento, o parque edificado será valorizado economicamente e socialmente.

3 METODOLOGIA

Descreve-se a metodologia a adotar, através de um fluxograma, conforme Figura 3.1.

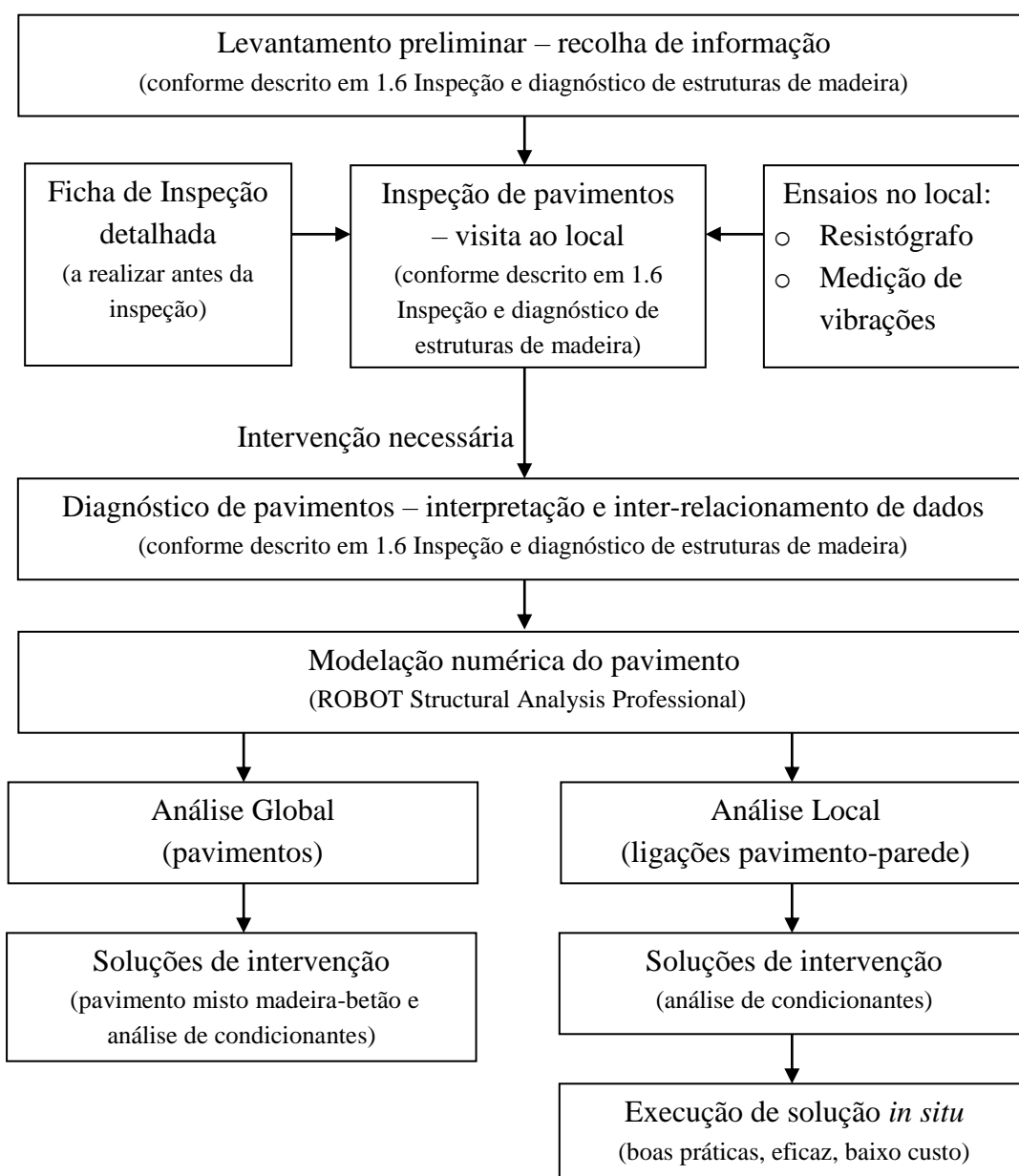


Figura 3.1 – Fluxograma da metodologia a adotar

4 PLANO DE TRABALHOS

O plano de trabalhos define-se como o conjunto de ações a desenvolver ao longo da unidade curricular Dissertação II.

Iniciar-se-á com recolha de bibliografia científica já publicada, de modo a aprofundar o conhecimento da problemática, seguindo-se a recolha de informação relativa ao(s) caso(s) de estudo, conforme descrito em 1.6 *Inspeção e diagnóstico de estruturas de madeira*. Será elaborada uma Ficha de Inspeção detalhada, previamente à visita, contendo os parâmetros a analisar no(s) caso(s) de estudo.

Na fase de inspeção e diagnóstico, realizar-se-á(ão) visita(s) de reconhecimento ao(s) caso(s) de estudo para levantamento, elaboração de esquemas estruturais e de patologias e registo fotográfico. Serão efetuados ensaios não destrutivos, nomeadamente com auxílio de resistógrafo e de ensaio dinâmico para medição de vibrações. Os resultados da inspeção serão analisados, inter-relacionados e discutidos.

Será efetuada modelação numérica do pavimento e das ligações pavimento-parede, de modo a analisar o comportamento do modelo global e local da estrutura.

Através dos resultados da modelação, analisar-se-ão possíveis soluções de intervenção a adotar, nomeadamente ligações pavimento-parede e de pavimento misto madeira-betão. Serão analisadas condicionantes, com base em grelha de exigências funcionais, nomeadamente, comportamento mecânico, comportamento ao fogo, comportamento à água e sua penetração, comportamento ao ataque xilófago, análise custo-benefício, exequibilidade e durabilidade.

Finalizando e colocando em prática o contributo científico, executar-se-á solução de ligação pavimento-parede *in situ*, incluindo justificação para a sua adoção e descrição exaustiva da sua execução.

5 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

A bibliografia base da Dissertação I recai nos documentos seguidamente apresentados. É apresentado um comentário geral sobre as mesmas e sobre a sua importância para o presente trabalho. Destaca-se que esta bibliografia é a de arranque do trabalho a elaborar na unidade curricular de Dissertação II, servindo genericamente para o enquadramento da problemática dos pavimentos de madeira, ligação pavimento-parede e edifícios antigos.

- Appleton, J. (2011). “Reabilitação de Edifícios Antigos - Patologias e Tecnologias de Intervenção”. Edições Orion:

O autor refere a caracterização construtiva de edifícios antigos, suas anomalias, critérios para a resolução destas e para a reabilitação dos edifícios antigos. Apresenta as Cartas e Convenções Internacionais.

- Córias, V. (2007). "Reabilitação Estrutural de Edifícios Antigos. Alvenaria e Madeira - Técnicas Pouco Intrusivas". Lisboa: Argumentum. Edições, Estudos e Realizações.

O autor menciona diversos temas, destacando-se a reabilitação estrutural, a reabilitação e autenticidade, as tecnologias construtivas, o modelo descritivo tridimensional informatizado e informações para a modelação, as patologias estruturais, o levantamento, caracterização e diagnóstico, as estratégias de intervenção, as soluções estruturais e os materiais para a reabilitação estrutural de construções antigas.

- Cunha, J. (2013). "Diagnóstico e avaliação da segurança de estruturas de madeira existentes". Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil - Ramo Construções: Instituto Superior de Engenharia do Porto.

Este autor enuncia quais os danos estruturais dos pavimentos, bem como das ligações pavimento-parede. Refere que a incorreta conceção e construção inicial são em grande parte as causadoras dos danos verificados nas estruturas de madeira.

- Dias, T. I. (2008). "Pavimentos de madeira em edifícios antigos. Diagnóstico e Intervenção Estrutural". Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Reabilitação do Património Edificado: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

O autor refere quais as espécies de madeira comumente utilizadas em elementos estruturais, em Portugal. Descreve quais os constituintes dos pavimentos de madeira e suas funções. Menciona que as ligações em pavimentos de madeira são ineficazes, na sua generalidade, não contribuindo para a estabilização das paredes, aquando da ocorrência de sismos. Refere que a comunidade científica não possui consenso em relação à atribuição de elevada rigidez aos pavimentos de modo a melhorar o comportamento ao sismo, referindo que a solução mais adequada é a de promover a melhoria das ligações pavimento-parede. Descreve e apresenta ensaios e resultados de ensaio de arrancamento de viga com atuador hidráulico, analisando as ligações e seus deslocamentos nas extremidades/apoios de uma viga.

- Ferreira, N. (2009). "Técnicas de ligação pavimentos/paredes em reabilitação de edifícios antigos". Dissertação para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia Civil - Especialização em Construções Cívicas: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

O autor apresenta diversas soluções de intervenção em ligações pavimento-parede e de reconstrução total de pavimento, de aplicação baseada em diversos condicionalismos.

- Ilharco, T., Guedes, J., Costa, A., Paupério, E., Arêde, A. (2008). "Análise de pavimentos de madeira através de ensaios *in situ*. O caso dos edifícios antigos do Porto". Aveiro: CINPAR 2008 - 4º Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas.

O artigo científico refere a importância das recomendações do ICOMOS para a reabilitação de estruturas históricas de madeira e para a análise, conservação e restauro estrutural de património arquitetónico. Menciona quais os dois tipos de rotura em vigas mais comuns como danos estruturais de pavimentos de madeira. Refere quais as causas possíveis para as deformações e vibrações em pavimentos de madeira.

- Lopes, M. (2008). "Sismos e Edifícios". -: Edições Orion.

O autor observa a conceção de estruturas e comenta a análise sísmica de estruturas. Faz referência a análise experimental do comportamento sísmico das estruturas, a novas técnicas de proteção sísmica, a tipificação do parque construído, a intervenções negativas e erros de execução e a reparação e reforço das construções.

- Negrão, J., Faria, A. (2009). "Projecto de Estruturas de Madeira". Publindústria, Produção de Comunicação, Lda.

Os autores referem noções fundamentais da madeira utilizada estruturalmente, incluindo principais propriedades mecânicas; valores a usar no cálculo; comportamento de esforços de tração, de compressão, de flexão e de corte e torção. Destacam-se as ligações para madeira. De notar que esta bibliografia não foi mencionada no presente trabalho, mas tendo sido consultada complementarmente.

- Oliveira, L. (2013). "Exigências funcionais em pavimentos de madeira". Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil - Construções: Instituto Superior de Engenharia do Porto.

A autora indica quais as espécies mais utilizadas em Portugal para o uso estrutural de elementos de madeira. Refere quais os constituintes dos pavimentos de madeira e suas funções. Menciona que as ligações são pontos sensíveis podendo condicionar o comportamento global da estrutura, além de descrever quais os tipos de ligação pavimento-parede usadas em edifícios antigos.

- Pereira, M. (2008). "Reabilitação de Pavimentos em Madeira – O Caso do Centro Histórico de Coimbra". Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil e Arquitectura – Especialização em Reabilitação do Espaço Construído: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

A autora analisa estratégias para a manutenção, conservação, proteção e reabilitação de pavimentos de madeira, incluindo emprego de produtos preservadores. Refere diversas soluções de reabilitação estrutural, nomeadamente de substituição, consolidação ou reforço de estruturas. Este documento de investigação não foi abordado neste trabalho, embora tenha sido analisado complementarmente.

- Roseiro, J. (2012). "Causa, anomalias e soluções de reabilitação estrutural de edifícios antigos. Estudo de caso". Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil - Perfil de Construção: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

A autora refere que os pavimentos de madeira em edifícios antigos funcionam em geral como diafragmas flexíveis, coagindo maiores deslocamentos nas paredes de alvenaria perpendiculares ao sismo, aquando da sua ocorrência.

- Simões, L. (2015). "Ligação pavimentos/paredes de edifícios antigos. Ensaio e verificações de projecto". Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil - Perfil de Construção: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

A autora enumera alguns trabalhos de investigação efetuados sobre a problemática ligação pavimento-parede. Também executa ensaios de ligação, apresentando os resultados em relação a muretes reforçados ou não.

6 BIBLIOGRAFIA

- Appleton, J. (2011). "Reabilitação de Edifícios Antigos - Patologias e Tecnologias de Intervenção". Edições Orion.
- Branco, F., Brito, J. (2002). "Diagnóstico e patologia de construções em madeira". Instituto Superior Técnico - DECivil, com apoio do Programa Operacional Sociedade da Informação - POSI.
- Cóias, V. (2007). "Reabilitação Estrutural de Edifícios Antigos. Alvenaria e Madeira - Técnicas Pouco Intrusivas". Lisboa: Argumentum. Edições, Estudos e Realizações.
- Cunha, J. (2013). "Diagnóstico e avaliação da segurança de estruturas de madeira existentes". Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil - Ramo Construções: Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- Cunha, J. (2016). "Caracterização do património edificado do centro histórico de Viseu". Tese de Mestrado - Mestrado em Engenharia de Construção e Reabilitação: Instituto Politécnico de Viseu, Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu.
- Dias, T. I. (2008). "Pavimentos de madeira em edifícios antigos. Diagnóstico e Intervenção Estrutural". Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Reabilitação do Património Edificado: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Ferreira, N. (2009). "Técnicas de ligação pavimentos/paredes em reabilitação de edifícios antigos". Dissertação para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia Civil - Especialização em Construções Cívicas: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- ICOMOS. (2004). "Recomendações para a Análise, Conservação e Restauro Estrutural do Património Arquitectónico". ICOMOS.
- Ilharco, T., Guedes, J., Costa, A., Paupério, E., Arêde, A. (2008). "Análise de pavimentos de madeira através de ensaios in situ. O caso dos edifícios antigos do Porto". Aveiro: CINPAR 2008 - 4º Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas.
- Lopes, M. (2008). "Sismos e Edifícios". -: Edições Orion.
- Lourenço, P., & Branco, J. (2012). "Dos abrigos da pré-história aos edifícios de madeira do século XXI".
- Lourenço, P., Mendes, N. (2009). "Avaliação da segurança sísmica de edifícios antigos". Seminário Qualificação e Prática na Reabilitação do Património - Gecorpa, Porto.
- Negrão, J. (2011). "Estruturas de madeira em Portugal - Presente e passado recente". Coimbra: CIMAD 11 – 1º Congresso Ibero-Latino Americano da Madeira na Construção.

- Oliveira, L. (2013). "Exigências funcionais em pavimentos de madeira". Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil - Construções: Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- Roseiro, J. (2012). "Causa, anomalias e soluções de reabilitação estrutural de edifícios antigos. Estudo de caso". Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil - Perfil de Construção: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.
- Simões, L. (2015). "Ligação pavimentos/paredes de edifícios antigos. Ensaios e verificações de projecto". Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil - Perfil de Construção: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.
- Vicente, R., Mendes da Siva, J., Varum, H., Costa, A., Oliveira, C., Ferreira, T., Subtil, A. (2010). "Avaliação da vulnerabilidade sísmica do núcleo urbano antigo do Seixal". Universidade de Aveiro: Sísmica 2010 - 8º Congresso Nacional de Sismologia e Engenharia Sísmica.
- Viseu, M. d. (s.d.). ""VISEU PATRIMÓNIO" - Conclusões do Grupo de Reflexão e Lançamento da 1º Fase". Documento Síntese. Apresentação Pública. 16 Fevereiro 2016.