

# **TÉCNICAS DE LIGAÇÃO PAVIMENTOS/PAREDES EM REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS ANTIGOS**

**NUNO FILIPE DE OLIVEIRA FERREIRA**

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de  
**MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES CIVIS**

---

Orientador: Professor Doutor Hipólito José Campos de Sousa

JULHO DE 2009

## **MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2008/2009**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ [miec@fe.up.pt](mailto:miec@fe.up.pt)

*Editado por*

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ [feup@fe.up.pt](mailto:feup@fe.up.pt)

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2008/2009 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2009.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

Aos meus Pais

*Apresentem-me soluções, não problemas.*

Margaret Thatcher



## **AGRADECIMENTOS**

O presente trabalho é apresentado como resultado de um trabalho individual, contudo, a realização do mesmo não teria sido possível sem a colaboração importante de algumas pessoas, às quais não posso deixar de agradecer.

Ao meu orientador, o Professor Doutor Hipólito de Sousa, um agradecimento especial, pelo rigor da orientação, pela disponibilidade demonstrada e pela partilha conhecimentos e experiência prática, sem as quais não seria possível a realização deste trabalho.

Ao professor Doutor Francisco Piqueiro, pela amizade e apoio, bem como o fornecimento de bibliografia importante para o desenvolvimento da presente tese.

Aos meus colegas e amigos de curso, em especial ao Fernando Pinto, Gonçalo Correia e João Laranjeira, pela troca de impressões e sugestões, pela amizade e apoio constante, sem os quais seria difícil realizar este trabalho.

À minha namorada Helena, um agradecimento muito especial por todo o apoio, motivação, carinho, compreensão e paciência demonstrados durante todo desenvolvimento do trabalho.

O agradecimento especial à minha família, em especial aos meus pais, pois sem eles nada disto seria possível. Agradeço o seu apoio e motivação constantes.



## RESUMO

É hoje consensual, que com o advento do betão armado na construção, aliado à falta de formação específica nas escolas de engenharia e arquitectura, o conhecimento relativo às técnicas tradicionais de construção foram-se perdendo no tempo.

Face ao evidente e presumível redireccionamento do sector da construção para a reabilitação, torna-se essencial redescobrir as técnicas tradicionais e ser capaz de, respeitando-as, trazer à reabilitação uma abordagem que aproveite as evoluções e desenvolvimento técnico entretanto verificado.

Qualquer abordagem à reabilitação de edifícios antigos, revela que um dos aspectos fulcrais, é a escolha da solução a adoptar na reabilitação dos pavimentos. Verifica-se usualmente duas situações, a manutenção integral com recurso ao restauro, ou a demolição total e conseqüente substituição por soluções de betão armado. Torna-se importante perceber, que entre estas duas soluções, existe um leque enorme de possibilidades, com características adequadas ao cumprimento das várias exigências e especificidades da reabilitação de edifícios antigos.

Uma das maiores dificuldades na reabilitação dos pavimentos, prende-se na ligação destes às paredes de alvenaria resistentes. Estas ligações tornam-se parte fulcral da estrutura, pois o seu correcto dimensionamento permite uma adequada transmissão de esforços, evitando o aparecimento de patologias nas paredes e pavimentos. Assim, reveste-se de especial relevância, compreender e caracterizar as várias soluções de ligação paredes/pavimentos que podem ser adoptadas na reabilitação de edifícios.

Com este trabalho pretende-se criar uma base de consulta aplicada às ligações entre as paredes e os pavimentos de edifícios antigos, desenvolvendo-se uma metodologia simples onde com base na tipologia dos edifícios (relação com o seu valor patrimonial), nas causas que originam a necessidade de intervenção (patologias, incremento da segurança ou novo uso), no tipo de intervenção que se pretende colocar em prática (mais ou menos conservativa) e na solução tradicional existente (tipo de ligação, secção das vigas, etc.), seja possível apontar soluções de intervenção adequadas aos condicionalismos existentes.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reabilitação; Ligações, Pavimentos; Paredes; Metodologia





## **ABSTRACT**

It is agreed that, with the advent of reinforced concrete in construction, together with the lack of specific teaching in schools of engineering and architecture, knowledge on traditional building techniques have been lost in time.

With the obvious and apparent redirection of the construction sector for reconstruction, it is essential to rediscover the traditional techniques and, respecting them, incorporate on the reconstruction, the advantages and developments of the modern construction techniques.

Any approach to the reconstruction of buildings, shows that one of the key issues is the choice of the solution adopted in the reconstruction of pavements. There are usually two situations, the maintenance through the restoration or the total demolition and replacement with reinforced concrete solutions.

It is important to realize that between these two solutions, a wide range of possibilities, with appropriate characteristics to fulfill the various requirements and difficulties of the reconstruction of old buildings.

One of the biggest problems in the reconstruction of pavements, is the connection between them and the resistance masonry walls. These links become an important part of the structure, and its proper design allows adequate transmission of forces, avoiding the appearance of problems in the walls and floors. So, it is important to understand and characterize the various solutions for the connection walls / floors that can be adopted in the reconstruction of buildings.

This work aims to create a base for consultation, applied to the connections between walls and floors of ancient buildings, performing a simple methodology which based on the types of buildings (related to its patrimonial value), the causes that lead the need for intervention (degradation, increase safety or reuse), the type of intervention to be put in place (more or less conservative) and the traditional existing solutions (the connection type, section beams, etc.), can point to appropriate solutions of intervention.

**KEYWORDS:** Rehabilitation; Links, Floors, Walls, Methodology



# ÍNDICE GERAL

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	III
<b>RESUMO</b> .....	V
<b>ABSTRACT</b> .....	VII
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1. <b>CONSIDERAÇÕES GERAIS</b> .....	1
1.2. <b>OBJECTIVOS DO TRABALHO</b> .....	2
1.3. <b>ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO</b> .....	3
<b>2 REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS</b> .....	5
2.1. <b>NOTA INTRODUTÓRIA</b> .....	5
2.2. <b>CONSIDERAÇÕES GERAIS</b> .....	6
2.3. <b>RESTAURO E REABILITAÇÃO. CONCEITOS TEÓRICOS</b> .....	7
2.4. <b>RESTAURO E REABILITAÇÃO. A PRÁTICA</b> .....	8
2.4.1. Reabilitação de edifícios com valor patrimonial elevado.....	9
2.4.2. Reabilitação de edifícios com valor patrimonial médio ou baixo .....	9
2.4.3. Reabilitação de edifícios de serviços com valor patrimonial variável .....	11
2.4.4. O que fazer? Restaurar ou Reabilitar .....	11
2.5. <b>NECESSIDADES DE INTERVENÇÃO E SUAS ORIGENS</b> .....	12
2.6. <b>COMO DIFERENCIAR O RESTAURO E A REABILITAÇÃO</b> .....	15
<b>3 LIGAÇÕES ENTRE PAREDES E PAVIMENTOS EM EDIFÍCIOS ANTIGOS</b> .....	17
3.1. <b>NOTA INTRODUTÓRIA</b> .....	17
3.2. <b>CARACTERÍSTICAS DA MADEIRA UTILIZADA NAS LIGAÇÕES PAVIMENTOS/PAREDES</b> .....	19
3.2.1. Espécies mais utilizadas .....	19
3.2.2. Secção das vigas.....	19
3.3. <b>LIGAÇÕES PAVIMENTOS/PAREDES EM EDIFÍCIOS ANTIGOS</b> .....	20
3.3.1. Descrição do sistema construtivo .....	20
3.3.2. Tratamento das ligações com vista à sistematização.....	23

<b>4 ORIGENS DAS INTERVENÇÕES</b> .....	25
<b>4.1. PATOLOGIAS</b> .....	25
4.1.1. Degradação de madeira – Singularidades das ligações entre pavimentos e paredes .....	25
4.1.2. Degradação biológica .....	26
4.1.2.1. Fungos Xilófagos.....	26
4.1.2.2. Insectos de ciclo larvar .....	28
4.1.2.3. Insectos sociais .....	31
4.1.3. Agentes Atmosféricos .....	32
4.1.4. Agentes químicos .....	33
4.1.5. Fogo.....	33
4.1.6. Deficiente concepção ou uso estrutural .....	34
4.1.6.1. Secção insuficiente e deficiente uso estrutural .....	34
4.1.6.2. Deformações elevadas devido ao efeito da fluência.....	35
4.1.6.3. Nós.....	36
<b>4.2. INCREMENTO DA SEGURANÇA</b> .....	36
<b>4.3. NOVO USO</b> .....	36
<b>5 SOLUÇÕES DE INTERVENÇÃO EM LIGAÇÕES PAVIMENTO/PAREDES</b> .....	39
<b>5.1. INTRODUÇÃO</b> .....	39
<b>5.2. FIXAÇÃO OU INTRODUÇÃO DE UM NOVO ELEMENTO NA PAREDE PARA APOIO DO VIGAMENTO</b> .....	41
5.2.1. Introdução de um frechal de madeira apoiado em cachorros .....	41
5.2.2. Introdução de cantoneira metálica fixada à parede.....	42
5.2.3. Frechal de betão armado.....	43
<b>5.3. INTRODUÇÃO DE NOVOS ELEMENTOS DE MADEIRA</b> .....	44
5.3.1. Fixação de novas peças de madeira às antigas .....	44
5.3.2. Substituição de troços degradados utilizando ligadores metálicos e de madeira.....	45
5.3.3. Substituição de troços degradados de vigas utilizando colas na união.....	47
<b>5.4. INTRODUÇÃO DE NOVOS ELEMENTOS METÁLICOS</b> .....	49
5.4.1. Fixação de peças metálicas à madeira antiga .....	49
5.4.2. Introdução de elementos metálicos no interior da secção da viga .....	50
5.4.3. Reforço por colocação de perfis metálicos sob as vigas.....	51
<b>5.5. INTRODUÇÃO DE COLAS EPOXIDICAS COM PEÇAS DE REFORÇO METÁLICAS OU DE MATERIAIS COMPÓSITOS</b> .....	52

5.5.1. Reforço com barras .....	52
5.5.2. Substituição da cabeça das vigas.....	55
5.5.3. Reforço com placas .....	56
<b>5.6. OUTRAS TÉCNICAS .....</b>	<b>57</b>
5.6.1. Tratamento curativo da madeira.....	57
5.6.2. Pregagens de mangas injectadas. Sistema Cintec. ....	58
5.6.3. Confinadores metálicos apertados mecanicamente. Sistema Comrehab.....	59
<b>5.7. PAVIMENTOS EM MADEIRA.....</b>	<b>60</b>
5.7.1. Abertura de novos nichos.....	61
5.7.2. Abertura de novos nichos com reforço da parede de alvenaria.....	61
5.7.3. Encamisamento da parede de alvenaria, com pano interior de grande espessura .....	62
5.7.4. Fixação de perfis metálicos à parede.....	63
5.7.5. Fixação de perfis metálicos à parede e encamisamento da parede de forma a melhorar o apoio.....	63
<b>5.8. PAVIMENTOS MISTOS MADEIRA/BETÃO .....</b>	<b>64</b>
5.8.1. Abertura de novos nichos.....	65
5.8.2. Abertura de novos nichos com encamisamento da parede de alvenaria .....	66
5.8.3. Encamisamento da parede de alvenaria, com pano interior de grande espessura .....	66
5.8.4. Fixação de perfis metálicos à parede.....	66
5.8.5. Fixação de perfis metálicos à parede e encamisamento da parede de forma a melhorar o apoio.....	67
<b>5.9. PAVIMENTOS MISTOS AÇO/BETÃO .....</b>	<b>67</b>
5.9.1. Abertura de novos nichos.....	68
5.9.2. Abertura de novos nichos com encamisamento da parede de alvenaria. ....	68
5.9.3. Encamisamento da parede de alvenaria, com pano interior de grande espessura .....	69
5.9.4. Fixação de perfis metálicos à parede.....	69
5.9.5. Fixação de perfis metálicos à parede e encamisamento da parede de forma a melhorar o apoio.....	69
<b>5.10. OUTRAS SOLUÇÕES.....</b>	<b>70</b>
5.10.1. Lajes ou vigas de betão fixadas com elementos conectores especiais. Sistema Ancon. ....	70
5.10.2. Elementos metálicos para apoio das vigas .....	71
<b>6 METODOLOGIA DE ESCOLHA DA SOLUÇÃO .....</b>	<b>75</b>
<b>6.1. NOTA INTRODUTÓRIA .....</b>	<b>75</b>
<b>6.2. METODOLOGIA .....</b>	<b>76</b>
6.2.1. Notas.. .....	79

<b>7 CONCLUSÕES</b> .....	81
<b>7.1. CONCLUSÕES GERAIS</b> .....	81
<b>7.2. DIFICULDADES SENTIDAS</b> .....	84
<b>7.3. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS</b> .....	84
<b>8 BIBLIOGRAFIA</b> .....	87

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 – Paredes de alvenaria de pedra. ....	17
Fig. 2 – Pavimento com estrutura em madeira. (Edifício da R. José Falcão nº95 – Porto).....	18
Fig. 3 – Pavimento com estrutura em abóbada (Sousa [19]) .....	18
Fig. 4 – Cobertura tradicional de duas águas. (Edifício da R. José Falcão nº95 – Porto).....	18
Fig. 5 – Solução tradicional de compartimentação – Tabique (Sousa [19]) .....	18
Fig. 6 – Vigas de secção circular (Edifício da R. do Infante D. Henrique nº87-91 - Porto) .....	20
Fig. 7 – Vigas com arestas chafradas 8Dias [18]) .....	20
Fig. 8 – Vigas de secção rectangular (Edifício da R. José Falcão nº95 – Porto) .....	20
Fig. 9 – Entrega das vigas. (Edifício da R. José Falcão nº95 – Porto) .....	21
Fig. 10 – Entrega das vigas. (Edifício da R. do Infante D. Henrique nº87-91 - Porto).....	21
Fig. 11 – Pormenor da ligação do ferrolho à viga de pavimento. (Edifício da R. José Falcão nº95 – Porto).....	21
Fig. 12 – Pormenor do travamento do ferrolho com chaveta pelo exterior. (Edifício da R. do Infante D. Henrique nº87-91 - Porto) .....	21
Fig. 13 – Ferrolho e chaveta simples (Segurado [17]) .....	22
Fig. 14 – Ferrolho de esquadro (Segurado [17]) .....	22
Fig. 15 – Viga apoiada em cachorro de pedra (Sousa [19]) .....	22
Fig. 16– Apoio de vigas em frechal (Cóias [6]) .....	22
Fig. 17 – Apoio de vigas em frechal. Pormenor de um ferrolho de ligação. (Cóias [6]) .....	22
Fig. 18 – Elemento metálico em Consola (Segurado [17]) .....	23
Fig. 19 – Ferrolho chumbado à parede (Segurado [17]).....	23
Fig. 20 – Duas cavilhas e chapa de ferro (Segurado [17]) .....	23
Fig. 21 – Apoio do frechal em cachorro de pedra (Segurado [18]).....	23
Fig. 22 – Ataque de fungos cromogéneos (Arriaga [21]) .....	27
Fig. 23 – Podridão cúbica [30].....	28
Fig. 24 – Podridão branca fibrosa (Arriaga [21]) .....	28
Fig. 25 – Podridão branca esponjosa [30] .....	28
Fig. 26 – Ataque de caruncho (Arriaga [21]) .....	29
Fig. 27 - Ataque de caruncho (Arriaga [21]) .....	29
Fig. 28 - Ataque de caruncho (Arriaga [21]) .....	30
Fig. 29 - Ataque de caruncho (Arriaga [21]) .....	32
Fig. 30 – Degradação causada pela instalação de tubos de drenagem. (Dias [18]) .....	35

Fig. 31 – Degradação causada devido à construção de lajeta de betão. (Dias [18]) .....	35
Fig. 32 – Viga de pavimento excessivamente deformada [31].....	35
Fig. 33 – Nós em vigas de pavimentos. (Dias [18]).....	36
Fig. 34 – Frechal de madeira apoiado em cachorros de pedra (Arriaga [21]) .....	42
Fig. 35 – Cantoneira metálica fixada à parede (Arriaga [21]).....	42
Fig. 36 – Frechal de betão armado (Arriaga) [x] .....	43
Fig. 37 – Fixação de novas peças de madeira às antigas (Arriaga [21]) .....	44
Fig. 38 – Empalme com corte oblíquo na face lateral e espigas de madeira (Arriaga [21]) .....	45
Fig. 39 – Empalme com corte oblíquo na face lateral e parafusos metálicos (Arriaga [21]).....	46
Fig. 40 – Empalme com corte oblíquo na face superior e pregos metálicos (Arriaga [21]) .....	46
Fig. 41 – Empalme colado com caixa e espiga recta (Arriaga [21]).....	47
Fig. 42 – Empalme colado com corte oblíquo na face lateral (Arriaga [21]) .....	48
Fig. 43 – Empalme colado com corte oblíquo na face superior (Arriaga [21]) .....	48
Fig. 44 – Fixação de peças metálicas à madeira antiga (Arriaga [21]).....	50
Fig. 45 – Introdução de elementos metálicos no interior da viga (Cóias [6]) .....	51
Fig. 46 – Reforço por colocação de perfis metálicos sob as vigas (Arriaga [21]) .....	51
Fig. 47 – Corte da cabeça da viga (Arriaga) [21] .....	53
Fig. 48 – Introdução das barras de reforço (Arriaga) [21] .....	53
Fig. 49 – Colocação da resina (Arriaga) [21].....	53
Fig. 50 – Exemplos de cortes dentados (Arriaga) [21].....	53
Fig. 51 – Reforço com barras em furos laterais (Arriaga [21]) .....	53
Fig. 52 - Solução com entalhe na face superior (Cóias [6]) .....	54
Fig. 53 - Solução com entalhe na face lateral (Cóias [6]) .....	54
Fig. 54 – Reforço com barras com remoção apenas da parte degradada (Arriaga [21]) .....	54
Fig. 55 – Corte da cabeça da viga (Arriaga [21]) .....	55
Fig. 56 – Introdução das barras de reforço e furação de enchimento (Arriaga [21]) .....	55
Fig. 57 – Colocação da resina (Arriaga [21]).....	55
Fig. 58 – Empalme com conexão com barras de aço e resina (Arriaga) [21] .....	55
Fig. 59 – Corte da cabeça da viga (Arriaga) [21] .....	56
Fig. 60 – Realização das Guias(Arriaga) [21].....	56
Fig. 61 – Colocação das placas (Arriaga) [21] .....	56
Fig. 62 – Acabamento (Arriaga) [21] .....	56
Fig. 63 – Mangas injectadas. Sistema Cintec. (Cóias [6]).....	58



Fig. 64 – Confinadores metálicos apertados mecanicamente. Sistema Comrehab (Cóias [6]) .....	59
Fig. 65 – Consolidação com recurso a manga injectada (Cóias [6]) .....	61
Fig. 66 – Consolidação com recurso a confinadores apertados mecanicamente (Cóias [6]) .....	61
Fig. 67 – Consolidação com encamisamento armado (Cóias [6]) .....	61
Fig. 68 – Fixação de um perfil metálico à parede (Cóias [6]) .....	63
Fig. 69 – Exemplo de execução em obra. Edifício da R. do Infante D. Henrique nº87-91 - Porto .....	63
Fig. 70 - Fixação de um perfil metálico à parede e reforço de apoio com encamisamento. Adaptada (Cóias [6]) .....	64
Fig. 71 – Transformação de um soalho tradicional em numa laje mista madeira-betão (Branco [26])	64
Fig. 72 – Chapa perfilada [27] .....	67
Fig. 73 – Pavimento misto colaborante. Edifício da R. do Infante D. Henrique nº87-91 - Porto .....	67
Fig. 74 – Ligador Ancon [28] .....	70
Fig. 75 – Ligador Ancon DSD com movimento longitudinal [28].....	71
Fig. 76 – Ligador Ancon DSDQ com movimento longitudinal e lateral [28] .....	71
Fig. 77 – Sistema Maxi Speedy. Fixação em frechal com pregos. [29] .....	72
Fig. 78 – Sistema Maxi Speedy. Fixação em frechal com parafusos. [29] .....	72
Fig. 79 -Sistema Maxi Speedy. Fixação directa em alvenarias. [29] .....	72
Fig. 80 – Sistema Maxi Speedy. Gama de produtos. [29] .....	72



## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1- Restauro/Reabilitação de edifícios habitacionais. Problemas.....	10
Quadro 2 – Classificação da tipologia dos edifícios.....	12
Quadro 3 - Necessidades de intervenção em edifícios de elevado valor patrimonial e suas influências nas soluções de intervenção.....	13
Quadro 4 - Necessidades de intervenção em edifícios de médio e baixo valor patrimonial e suas influências nas soluções de intervenção.....	14
Quadro 5 - Necessidades de intervenção em edifícios de serviço e suas influências nas soluções de intervenção.....	14
Quadro 6 - Causas das necessidades de intervenção em edifícios.....	15
Quadro 7 – Tipificação das soluções de intervenção.....	16
Quadro 8 – Níveis de intrusão.....	16
Quadro 9 – Secção das Vigas.....	20
Quadro 10 – Ligações entre pavimentos e paredes usadas antigamente.....	23
Quadro 11 – Resumo das causas e consequências das patologias: Fungos cromogénios.....	27
Quadro 12 – Resumo das causas e consequências das patologias: Fungos de podridão.....	28
Quadro 13 – Resumo das causas e consequências das patologias: Caruncho pequeno.....	29
Quadro 14 – Resumo das causas e consequências das patologias: Caruncho grande.....	30
Quadro 15 – Resumo das causas e consequências das patologias: Caruncho exótico.....	30
Quadro 16 – Resumo das causas e consequências das patologias: Gorgulho.....	31
Quadro 17 – Resumo das causas e consequências das patologias: Térmitas subterrâneas.....	32
Quadro 18 – Resumo das causas e consequências das patologias: Térmitas da madeira seca.....	32
Quadro 19 – Resumo das causas e consequências das patologias: Ataque de agentes químicos....	33
Quadro 20 – Resumo das causas e consequências das patologias: Fogo.....	34
Quadro 21 – Resumo das causas e consequências das patologias: Secção Insuficiente.....	35
Quadro 22 – Resumo das causas e consequências das patologias: Deformação elevada devido a fluência.....	35
Quadro 23 – Resumo das causas e consequências das patologias: Nós.....	36
Quadro 24 – Necessidades de intervenção: Incremento da segurança.....	36
Quadro 25 – Necessidades de intervenção: Novo uso.....	37
Quadro 26 – Agrupamento das técnicas de intervenção no restauro/reabilitação das ligações entre pavimentos e paredes em edifícios antigos e soluções de reconstrução total de pavimentos.....	40
Quadro 27 – Classificação das soluções onde não há aproveitamento do pavimento pré-existente..	41
Quadro 28 – Quadro resumo da solução: Frechal de madeira apoiado em cachorros de pedra.....	42

Quadro 29 – Quadro resumo da solução: Cantoneira metálica fixada à parede .....	43
Quadro 30 – Quadro resumo da solução: Frecha de betão armado .....	43
Quadro 31 – Quadro resumo da solução: Fixação de novas peças de madeira às antigas .....	45
Quadro 32 – Eficácia da solução esquematizada .....	45
Quadro 33 – Eficácia da solução esquematizada .....	46
Quadro 34 – Eficácia da solução esquematizada .....	46
Quadro 35 – Quadro resumo das soluções: Substituição de troços degradados utilizando ligadores metálicos e de madeira.....	47
Quadro 36 – Eficácia da solução esquematizada .....	47
Quadro 37 – Eficácia da solução esquematizada .....	48
Quadro 38 – Eficácia da solução esquematizada .....	48
Quadro 39 – Quadro resumo das soluções: Substituição de troços degradados utilizando colas na união .....	49
Quadro 40 – Quadro resumo da solução: Fixação de peças metálicas à madeira antiga .....	50
Quadro 41 - Quadro resumo da solução: Introdução de elemento metálico no interior da viga.....	51
Quadro 42 – Quadro resumo da solução: Reforço com perfis metálicos .....	52
Quadro 43 – Quadro resumo da solução: Reforço com barras e resinas epoxidicas.....	54
Quadro 44 – Quadro resumo da solução: Substituição parcial da cabeça das vigas.....	56
Quadro 45 – Quadro resumo da solução: Reforço com placas .....	57
Quadro 46 - Resumo da solução: Tratamento curativo da madeira .....	58
Quadro 47 – Resumo da solução: Pregagem de mangas injectadas .....	59
Quadro 48 – Resumo da solução: Confinadores metálicos. Sistema Comrehab .....	59
Quadro 49 – Resumo da solução: Pavimento de madeira com abertura de novos nichos .....	61
Quadro 50 – Resumo da solução: Pavimento de madeira com abertura de novos nichos e reforço das paredes com confinadores. ....	62
Quadro 51 – Resumo da solução: Pavimento de madeira com abertura de novos nichos e reforço das paredes com encamisamento. ....	62
Quadro 52 – Resumo da solução: Pavimento de madeira com encamisamento interior de grande espessura .....	62
Quadro 53 – Resumo da solução: Pavimento de madeira com fixação de perfis metálicos .....	63
Quadro 54 – Resumo da solução: Pavimento de madeira com fixação de perfis metálicos e encamisamento .....	64
Quadro 55 – Resumo da solução: Pavimento misto madeira-betão com abertura de novos nichos ...	65
Quadro 56 – Resumo da solução: Pavimento misto madeira-betão com abertura de novos nichos e reforço das paredes com confinadores .....	66

Quadro 57 – Resumo da solução: Pavimento misto madeira-betão com abertura de novos nichos e reforço das paredes com encamisamento .....	66
Quadro 58 – Resumo da solução: Pavimento misto madeira-betão com encamisamento interior de grande espessura.....	66
Quadro 59 – Resumo da solução: Pavimento misto madeira-betão com fixação de perfis metálicos .	66
Quadro 60 – Resumo da solução: Pavimento misto madeira-betão com fixação de perfis metálicos e encamisamento .....	67
Quadro 61 – Resumo da solução: Pavimento misto aço-betão com abertura de novos nichos .....	68
Quadro 62 – Resumo da solução: Pavimento misto aço-betão com abertura de novos nichos e reforço das paredes com confinadores .....	68
Quadro 63 – Resumo da solução: Pavimento misto aço-betão com abertura de novos nichos e reforço das paredes com encamisamento .....	68
Quadro 64 – Resumo da solução: Pavimento misto madeira-betão com encamisamento interior de grande espessura.....	69
Quadro 65 – Resumo da solução: Pavimento misto madeira-betão com fixação de perfis metálicos .	69
Quadro 66 – Resumo da solução: Pavimento misto aço-betão com fixação de perfis metálicos e encamisamento .....	69
Quadro 67 – Resumo da solução: Laje/viga de betão armado com sistema ANACON.....	71
Quadro 68 – Resumo da solução: Fixação de vigas de madeira com sistema Maxi Speedy da EXPAMET. Fixação a frechal.....	72
Quadro 69 – Resumo da solução: Fixação de vigas de madeira com sistema Maxi Speedy da EXPAMET. Fixação a alvenaria. ....	73
Quadro 70 – Definição da tipologia do edifício .....	76
Quadro 71 – Definição das causas que estão na origem das patologias.....	76
Quadro 72 – Definição da tipologia das soluções de intervenção .....	76
Quadro 73 – Influencia da tipologia dos edifícios e das origens das necessidades de intervenção nas tipologias das soluções de intervenção escolhidas. ....	77
Quadro 74 – Definição da secção das vigas existentes. ....	78
Quadro 75 – Listagem das soluções tendo em conta as combinações mais usuais entre a tipologia dos edifícios, as origens das necessidades de intervenção e as soluções de intervenção. ....	79



# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

A reabilitação de edifícios antigos tem vindo a adquirir cada vez mais importância. Hoje a sociedade e seus responsáveis compreendem que é indispensável conservar o património edificado dos seus centros histórico. Esta mentalidade reflecte-se no aumento da actividade do sector da reabilitação na indústria da construção, que segundo um estudo recente, representa actualmente cerca de 20 a 28% do total da actividade do sector da construção (Ferreira [1]). Comparando estes valores com os existentes em 1999 e 2001, e referindo o mesmo estudo, o sector da reabilitação representava aproximadamente 7% do total da actividade. Verifica-se assim que existe uma tendência de crescimento, comprovando a importância cada vez maior do sector da reabilitação em Portugal.

Contudo a “evolução dos números” não foi acompanhada por uma evolução equitativa do (re)conhecimento das técnicas e materiais de construção tradicionais, o que consequentemente levou à realização de intervenções menos qualificadas.

Este facto reflecte-se na “...ocorrência de erros nas intervenções de conservação – em particular, sobre construções antigas, ...” que deve-se “... fundamentalmente, à inadequada formação ou falta de formação dos técnicos que intervêm ao longo das diferentes fases do processo: projecto, obra e ulterior manutenção.” (Mesquita [2])

É curioso verificar que embora a tecnologia do betão armado na construção portuguesa seja relativamente recente, sendo utilizada com grande expressão a partir do final da década de 40 do século XX, “... a sua influência tornou-se tão determinante que foram primeiro abandonadas, e logo depois esquecidas, as técnicas tradicionais consagradas por séculos de experiência.” (Appleton [3])

Simultaneamente, as escolas de engenharia e arquitectura, deixaram de abordar os temas relacionados com as tecnologias e materiais de construção tradicionais.

Com a inexistência de formação académica e o desuso total das técnicas construtivas antigas, verifica-se que os conhecimentos técnicos são escassos, e frequentemente empíricos (Appleton [3]). Existe assim a necessidade de estudar os edifícios antigos e as características das estruturas, dos materiais e das técnicas construtivas utilizadas.

Desse estudo deve resultar uma bases de dados de informação técnica, registo das experiências realizados, organizando e sistematizando o conhecimento. Só assim será possível reabilitar com qualidade, tomar as opções correctas, optando por técnicas de intervenção adequadas.

## 1.2. OBJECTIVOS DO TRABALHO

No passado, os saberes construtivos tradicionais estavam tão consolidados, que a transmissão do conhecimento era feita “de geração em geração”, não havendo necessidade de criar regulamentos ou outros documentos que servissem de auxílio à construção de edifícios. O advento do betão armado, foi encarado por engenheiros e construtores, com grande entusiasmo, sendo considerado “...*como um material quase milagroso, com capacidades inesgotáveis que advêm da sua capacidade para ser moldado e da sua aparente indestrutibilidade.*” (Applleton [3]) Assim, os vários agentes ligados à construção foram abandonando e esquecendo dos métodos de construção tradicional, usados durante séculos.

Durante um largo período de tempo a reabilitação de edifícios antigos teve um peso pouco significativo no sector da construção, contudo, hoje em dia, reconhecida a importância da conservação do património arquitectónico por parte da sociedade em geral, a reabilitação ganha cada vez mais preponderância na indústria da construção, pelo que as intervenções em edifícios antigos são prática comum.

Verificando-se a inexistência de informação técnica sobre o edificado antigo, torna-se importante estudar estes edifícios de forma a compreender o seu funcionamento estrutural, os materiais e as técnicas utilizadas. Existe a necessidade de agrupar e registar informação, de forma a ser possível intervir nos mesmos com qualidade.

Na reabilitação de edifícios antigos, entende-se que uma das maiores dificuldades é a escolha da solução a adoptar na reabilitação dos pavimentos. Estes elementos estruturais revestem-se de especial importância, pois afectam vários factores, devendo ser capazes de satisfazer as exigências ao nível da segurança (não apenas específica dos pavimentos, mas também a nível global, pois contribuem para o travamento do edifício), mas também ao nível do conforto e da compartimentação, pois têm de ser capazes de criar uma barreira física entre diferentes pisos, garantindo exigências de desempenho importantes como a estanquidade e o isolamento sonoro.

A escolha da solução de intervenção nos pavimentos torna-se então complexa, sendo que normalmente são apenas consideradas duas soluções:

- A manutenção integral da estrutura dos pavimentos com recurso a técnicas de restauro;
- A demolição total e substituição por solução de betão armado.

É importante perceber que entre os dois tipos de intervenção referenciados, existe uma variada gama de soluções capazes de cumprir os rígidos requisitos que os pavimentos devem garantir.

Simultaneamente, uma das maiores dificuldades na reabilitação dos pavimentos, prende-se com a ligação destes às paredes resistentes. A correcta concepção e dimensionamento destas ligações é fulcral, de modo a garantir uma adequada transmissão de esforços, evitando o aparecimento de patologias nas paredes e pavimentos. Assim, reveste-se de especial relevância, compreender e caracterizar as várias soluções de ligação paredes/pavimentos que podem ser adoptadas na reabilitação de edifícios antigos.

Este trabalho tem como principal objectivo, dar um importante contributo na reunião de informação técnica, em particular no que diz respeito às ligações entre paredes e pavimentos dos edifícios antigos. Apresentam-se as várias soluções tradicionais correntemente utilizadas, bem como uma lista extensa de soluções de intervenção aplicadas na reabilitação dessas mesmas, explicando as vantagens e inconvenientes de cada uma.



Simultaneamente evidencia-se a importância, da relação entre as várias soluções de intervenção propostas, com condicionamentos que de forma directa ou indirecta afectam a escolha das mesmas. É importante identificar e compreender os diversos factores que influenciam a reabilitação de edifícios no geral, e as ligações entre paredes e pavimentos em particular. Desses diversos factores serão abordados os mais preponderantes:

- O valor patrimonial, isto é, se o edifício que se pretende reabilitar possui um elevado, médio ou baixo valor patrimonial; Este factor influenciará no grau de conservação pretendido e consequentemente no tipo de soluções de intervenção que podem ou devem ser utilizadas;
- As origens das necessidades de intervenção, ou seja, esclarecer se o objectivo é o tratamento de patologias, o incremento da segurança ou a adaptação do edifício a um novo uso, pois para cada necessidade, existem soluções de intervenção mais adequadas do que outras;
- As características das soluções existentes, isto é, compreender como a solução tradicional foi realizada, quais os materiais e técnicas utilizadas, pois estas podem invalidar a aplicação de certas soluções de reabilitação, pelo que é necessário tê-lo em consideração.

É importante perceber que o relacionamento destes factores é preponderante na escolha de soluções de intervenção adequadas. Assim, para além do contributo no que diz respeito à reunião de informação técnica sobre as várias soluções antigamente utilizadas nas ligações paredes/pavimentos e das soluções de reabilitação aplicáveis às mesmas, este trabalho dá um importante contributo para a compreensão e relacionamento dos vários condicionamentos descritos, desenvolvendo uma metodologia simples, mas capaz de relacionar os mesmos e apontar uma gama de soluções de intervenção susceptíveis de serem utilizadas.

### **1.3. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO**

Para além deste capítulo introdutório, onde se faz uma breve apresentação do conteúdo do trabalho realizado, a tese encontra-se organizada noutros 6 capítulos.

No capítulo 2 faz-se um enquadramento da actual situação da reabilitação em Portugal. Aborda-se a evolução das perspectivas teóricas da conservação de património arquitectónico até aos dias de hoje, sendo depois confrontadas com o que realmente é posto em prática nas intervenções de reabilitação de edifícios antigos, tentando-se perceber o porquê de serem opções incompatíveis. Faz-se uma reflexão, de forma a tentar compreender a dificuldade das escolhas de soluções de intervenção em função das diferentes tipologias dos edifícios. Definem-se ainda quais as origens das necessidades de intervenção mais correntes em função da tipologia dos edifícios. Finalmente evidencia-se uma classificação clara das soluções de intervenção possíveis.

No capítulo 3 faz-se uma caracterização sumária dos edifícios antigos que apresentam maior potencialidade de serem reabilitados. De forma mais pormenorizada, caracterizam-se as ligações entre as paredes e os pavimentos, sendo evidenciados os seus materiais constituintes, e as diferentes técnicas construtivas utilizadas na sua concretização.

No capítulo 4 apresentam-se as diferentes causas que estão na origem das necessidades de intervenção. Abordam-se os temas das patologias, a necessidade de incremento da segurança e a adaptação a um novo uso.

No capítulo 5 apresentam-se todas as soluções de intervenção possíveis de serem aplicadas às ligações entre paredes e pavimentos em edifícios antigos. Dividem-se ainda as soluções possíveis em dois grandes grupos de soluções, aquelas onde existe o reaproveitamento das estruturas do pavimento

existente e aquelas onde o aproveitamento é nulo e se recorre à reconstrução total do pavimento. Dentro de cada grupo define-se uma subdivisão que agrupa as técnicas de intervenção com características semelhantes. Todas as soluções são classificadas quanto ao seu grau de intrusão e à tipologia da solução de intervenção, sendo também evidenciadas as vantagens e inconvenientes de cada uma.

No capítulo 6 apresenta-se e explica-se o funcionamento da metodologia proposta. A metodologia relaciona vários condicionalismos como a tipologia do edifício, o grau de conservação que se pretende, as origens da necessidade de intervenção e solução construtiva existente, com as soluções de intervenção que cumpram todos os requisitos pretendidos.

Finalmente, no capítulo 7 apresenta-se as principais conclusões retiradas ao longo da realização do trabalho. Propõe-se ainda temas para desenvolvimento futuro com base nas conclusões retiradas deste trabalho.

## 2 REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS



### 2.1. NOTA INTRODUTÓRIA

“A conservação, salvaguarda e valorização do património construído é matéria de cidadania que começa a ser entendida como factor de progresso e desenvolvimento estratégico, contribuindo de forma inequívoca para a qualidade e bem estar das populações.” (Costa [4])

Em Portugal existem cerca de 600.000 edifícios que foram construídos anteriormente a 1945 (INE [5]), utilizando principalmente alvenaria e madeira como material de construção (Cóias [6]). O grau de conservação destes edifícios é precário, pois cerca de 390.000 necessita de reparações, sendo que 37% destes precisam de reparações médias ou grandes (INE [5]).

A reabilitação em Portugal só há relativamente pouco tempo ganhou alguma importância, tanto a nível social como na própria indústria da construção. Mesmo assim a actividade da reabilitação tem um peso diminuto quando comparada com a construção de novos alojamentos. Quando o peso desta actividade é comparada com outros países europeus, verifica-se que Portugal é dos países da União Europeia que apresenta o segmento da reabilitação menos desenvolvido (Paiva [7]), no entanto o sector tende a crescer e representar uma fatia cada vez maior no sector da construção (Cóias [6] e Ferreira [1]).

A protecção dos imóveis que integram o património cultural português, assenta na sua classificação. A Lei de Base do Património Cultural Português – Lei nº 13/85 de 6 Julho de 1985 [8], identifica e caracteriza os edifícios consoante o seu valor patrimonial. “*Os bens imóveis podem ser classificados como monumento, conjunto e sítio, (...) podendo ainda todos os bens ser classificados como de valor local, valor regional, valor nacional ou valor internacional.*”

Entende-se por Monumentos, as “*obras de arquitectura, 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”, por Conjuntos, os “agrupamentos arquitectónicos 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”, e por Sítios, as “obras do homem ou obras conjuntas do homem e da natureza, espaços suficientemente característicos e homogéneos, de maneira a poderem ser delimitados geograficamente, notáveis pelo seu interesse histórico, arqueológico, artístico, científico ou social.” (Lei nº 13/85, [8])*

È preciso perceber, que a definição de valor patrimonial, não advém apenas da riqueza da arquitectura e engenharia presentes (valor patrimonial tangível), mas também de valores intangíveis como o legado histórico, cultural e tradicional do edifício e a sua importância para a sociedade.

È senso comum que a preservação do valor patrimonial é importante e essencial. Contudo, é necessário compreender a relevância dos diferentes factores usados na classificação, conseguir entender, definir e justificar quais os aspectos têm um maior peso - valor intrínseco do edificado, valor do conjunto ou os valores culturais.

Apesar de existir um consenso quanto à necessidade de intervir e preservar o património edificado, os processos de intervenção escolhidos na reabilitação de edifícios com valor histórico originam problemas. Quando se pretende reabilitar um edifício, o tipo de intervenção afecta directamente as técnicas e materiais utilizados, o que consequentemente influencia o grau de intrusão na obra e a permanência ou não do carácter histórico do edifício.

Existem conceitos teóricos que tentam definir recomendações relativamente às intervenções em edifícios antigos. No entanto, na prática, não se consegue aplicar esses conceitos criteriosamente devido a várias condicionantes.

Neste capítulo vai-se explicar a evolução dos conceitos teóricos atrás referidos e perceber as razões da sua não aplicação integral nos casos práticos reais. Far-se-á uma reflexão sobre os diferentes pontos de vista (teórico e prático), tentando perceber o que realmente é importante ter em consideração quando se escolhe uma determinada solução de intervenção, tanto no conjunto do edifício, como no caso particular das ligações entre paredes e pavimento.

Por fim, serão definidas e agrupadas diferentes tipologias de intervenção, com vista a poder-se classificar de forma sistemática, as várias soluções de intervenção que serão estudadas mais à frente neste trabalho.

## **2.2. CONSIDERAÇÕES GERAIS**

Verifica-se que existem diferentes práticas de intervenção em edifícios antigos, dependendo essencialmente das técnicas e materiais utilizados nas intervenções. Assim torna-se necessário distinguir essas diferentes práticas, de forma a clarificar e facilitar a compreensão de cada uma. Neste trabalho serão considerados e definidos dois tipos de intervenção, o Restauro e a Reabilitação.

Em termos teóricos e no que toca à intervenção em edifícios antigos, o restauro e a reabilitação produzem resultados finais bastante diferentes. A escolha de uma em detrimento de outra, tem consequências directas em aspectos como a maior ou menor conservação do património, a arquitectura, a estética, a capacidade resistente, o conforto de forma geral, entre outros.

A distinção também é necessária para criar categorias susceptíveis de serem parametrizáveis de forma a ser possível classificar claramente as várias técnicas de intervenção que serão estudadas, sendo mais fácil criar a sistematização pretendida neste trabalho.

Torna-se assim importante perceber e clarificar significado dos termos “restauro” e “reabilitação”, pois muitas vezes são confundidos ou utilizados com o mesmo sentido.

Ao longo deste trabalho estes diferentes conceitos serão várias vezes abordados, o que exige desde já uma clarificação quanto ao significado dos mesmos.

O Comité Científico Internacional para a Análise e Restauro e Estruturas do Património Arquitectónico do ICOMOS [9], no seu documento “Recomendações para a Análise, Conservação e Restauro Estrutural do Património Arquitectónico”, define o significado destes dois termos:

- Restauro – *“Processo de recuperar a forma de uma construção de acordo com a imagem de determinado período de tempo com recurso à remoção de trabalhos adicionais ou substituição de trabalhos posteriores em falta.”*
- Reabilitação – *“Processo para adaptar uma construção a um novo uso ou função, sem alterar as partes da construção que são significativas para o seu valor histórico.”*

Entende-se assim que restauro consiste numa recuperação, mantendo todos ou quase todos os materiais pré-existentes e as técnicas tradicionais de construção, conservando o aspecto visual característico de qualquer edificação antiga, e que reabilitação consiste na recuperação/adaptação de um edifício conservando as características das partes com maior valor histórico. Assim quando se referir neste trabalho o termo “restauro”, trata-se de uma intervenção mais conservadora, que respeita completamente ou quase completamente todas as partes com valor patrimonial do edifício. Quando se referir o termo “reabilitação”, trata-se de uma intervenção mais liberal onde não existe um respeito completo por todas as partes com valor patrimonial do edifício.

É importante perceber que quando se avalia a intervenção global num edifício, muito dificilmente esta é um restauro puro. Verifica-se que qualquer intervenção num edifício é uma reabilitação, que possui uma maior ou menor componente de restauro de partes ou elementos desse mesmo edifício.

Assim é importante perceber que pode-se classificar com estes termos soluções de intervenção globais, considerando todo o edifício, onde na maioria dos casos aplicamos o termo “reabilitação”, e soluções de intervenção locais, onde poder-se-á restaurar ou reabilitar uma parte ou elemento construtivo.

### **2.3. RESTAURO E REABILITAÇÃO. CONCEITOS TEÓRICOS**

Como foi referido anteriormente, as soluções de intervenção escolhidas na reabilitação de edifícios antigos afectam directamente os materiais e técnicas utilizadas, o que se reflecte em aspectos importantes como o grau de intrusão, a permanência ou não do carácter histórico, a melhoria ou não das condições de habitabilidade e o conforto, entre outros.

Este problema tem sido abordado por peritos nas áreas da arquitectura e conservação ao longo dos últimos anos, tendo o seu entendimento evoluído com o passar do tempo. Contudo, e como será perceptível, o problema do restauro/reabilitação de edifícios antigos foi sempre tratado tendo em consideração questões ligadas apenas à conservação da identidade dos edifícios, materiais e técnicas, sem nunca serem relacionadas com outros aspectos como a habitabilidade e o abandono.

A Carta de Atenas, de 1931, (CIAM [10]) recomenda a preservação de edifícios históricos nas cidades, de forma a respeitar o carácter e aparência das mesmas. Relativamente às técnicas de intervenção,

considera aceitável a utilização de técnicas e materiais novos à época, especialmente o betão armado: *“Les experts... approuvent l’emploi judicieux de toutes les ressources de la technique moderne et plus spécialement du ciment armé.”*<sup>1</sup>

Em 1964, a Carta de Veneza [11], revela uma maior preocupação quanto à manutenção das técnicas e materiais tradicionais no restauro de edifícios com valor histórico: *“O restauro... Destina-se a conservar e a revelar os valores estéticos do monumento e baseia-se no respeito pelos materiais originais e em documentos autênticos”*. Deixa contudo a possibilidade de utilizar técnicas e materiais modernos à época *“Sempre que as técnicas tradicionais se revelem inadequadas, a consolidação de um monumento pode ser assegurada com apoio a de todas as técnicas modernas de conservação e construção cuja eficácia tenha sido comprovada por dados científicos e garantida pela experiência.”*

A Carta Italiana del Restauro, de 1972, veio limitar o uso de produtos modernos, exigindo e ensaios aos novos produtos. Em 1987, a *Carta Italiana della conservazione e del restauro degli oggetti d’ arte e di culture*, evidenciou a importância da adopção de técnicas tradicionais na reabilitação (Cóias [6]).

Em 2000, a Carta de Cracóvia [12], mantém a postura adoptada em 1987, referindo que as técnicas de conservação devem respeitar a função original do património edificado, assegurar a compatibilidade com os materiais e estrutura existentes, bem como com os valores arquitectónicos: *“The chosen intervention should respect the original function and ensure compatibility with existing materials, structures and architectural values.”*

Consegue-se perceber a importância que é dada à manutenção do carácter histórico de edifícios antigos. Contudo estas recomendações embora sejam seguidas com mais cuidado na reabilitação/restauro de monumentos, nos edifícios de serviços e edifícios residenciais não são tidas em conta na maioria dos casos, sendo que uma solução usual de intervenção consiste na demolição parcial, ou mesmo de todo o edifício com a excepção da fachada.

Esta opção é bastante criticada pelo Comité Científico Internacional para a Análise e Restauro e Estruturas do Património Arquitectónico do ICOMOS, que em 2004, nas suas *“Recomendações para Análise, Conservação e Restauro Estrutural do Património Arquitectónico”* (ICOMOS [9]) refere que *“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 de conservação. (...) Qualquer intervenção numa estrutura histórica tem de ser considerada no contexto do restauro e conservação da totalidade da construção.”*

É fácil perceber que a evolução das mentalidades dos peritos tem-se traduzido numa grande preocupação pela manutenção do património edificado, com recurso a técnicas e materiais tradicionais de forma a preservar o “carácter” histórico dos edifícios.

## 2.4. RESTAURO E REABILITAÇÃO. A PRÁTICA

A reabilitação de edifícios na prática é um tema muito mais complexo do que parece à primeira vista. Pode-se considerar que existem três tipos de intervenções bastante distintas:

- Reabilitação de edifícios com um valor patrimonial elevado – Frequentemente grandes edifícios considerados monumentos nacionais, onde o proprietário é o Estado.

---

<sup>1</sup> Os peritos ... aprovam o emprego criterioso de todos os recursos associados às técnicas modernas e mais especialmente do “cimento” armado.

- Reabilitação de edifícios com um valor patrimonial médio ou baixo quando analisados individualmente, mas com grande valor quando avaliados no conjunto – Frequentemente edifícios de habitação nos centros históricos urbanos.
- Reabilitação de edifícios de serviços com valor patrimonial variável.

Na “reabilitação de edifícios com um valor patrimonial elevado”, o mais usual é a reabilitação com recurso a técnicas e materiais tradicionais. As soluções interventivas respeitam totalmente, ou quase totalmente, o valor e carácter histórico do edifício, dando assim origem a soluções que respeitam as recomendações do ICOMOS.

Relativamente aos “edifícios com um valor patrimonial médio ou baixo” e aos “edifícios de serviços com valor patrimonial variável”, as opções são bastante mais complexas e, na maioria dos casos, opta-se por demolições parciais ou mesmo totais dos edifícios com excepção das fachadas, não respeitando assim as recomendações teóricas já referidas.

É preciso perceber as grandes diferenças entre estas três situações e saber os aspectos complexos que influenciam cada uma e que originam soluções de intervenção tão distintas.

#### 2.4.1. REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS COM VALOR PATRIMONIAL ELEVADO

Como foi referido, normalmente estes edifícios são monumentos de grande valor patrimonial onde o proprietário é o Estado. Estes dois factores conjugados são as principais razões da escolha de intervenções com uma grande componente de restauro.

Tais edifícios possuem um valor não apenas arquitectónico e artístico, mas também social. São edifícios que pela sua história têm significado para a sociedade em geral e são a marca de uma determinada região ou mesmo do país. Na introdução deste capítulo foi referido que cada vez mais a salvaguarda e valorização do património edificado é matéria de cidadania. A própria sociedade aprecia e quer preservar o seu património.

Por outro lado, o Estado tem obrigação de preservar o património nacional, e por uma questão de princípios e de respeito pela história e pela sociedade, o restauro é a solução óbvia.

Outro factor preponderante nestes casos, é o facto de haver uma maior facilidade na aceitação dos preços das obras, pois o Estado tem capacidade financeira e como o objectivo principal é a conservação do património edificado e não a viabilização deste, o preço não é o um factor preponderante.

#### 2.4.2. REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS COM VALOR PATRIMONIAL MÉDIO OU BAIXO

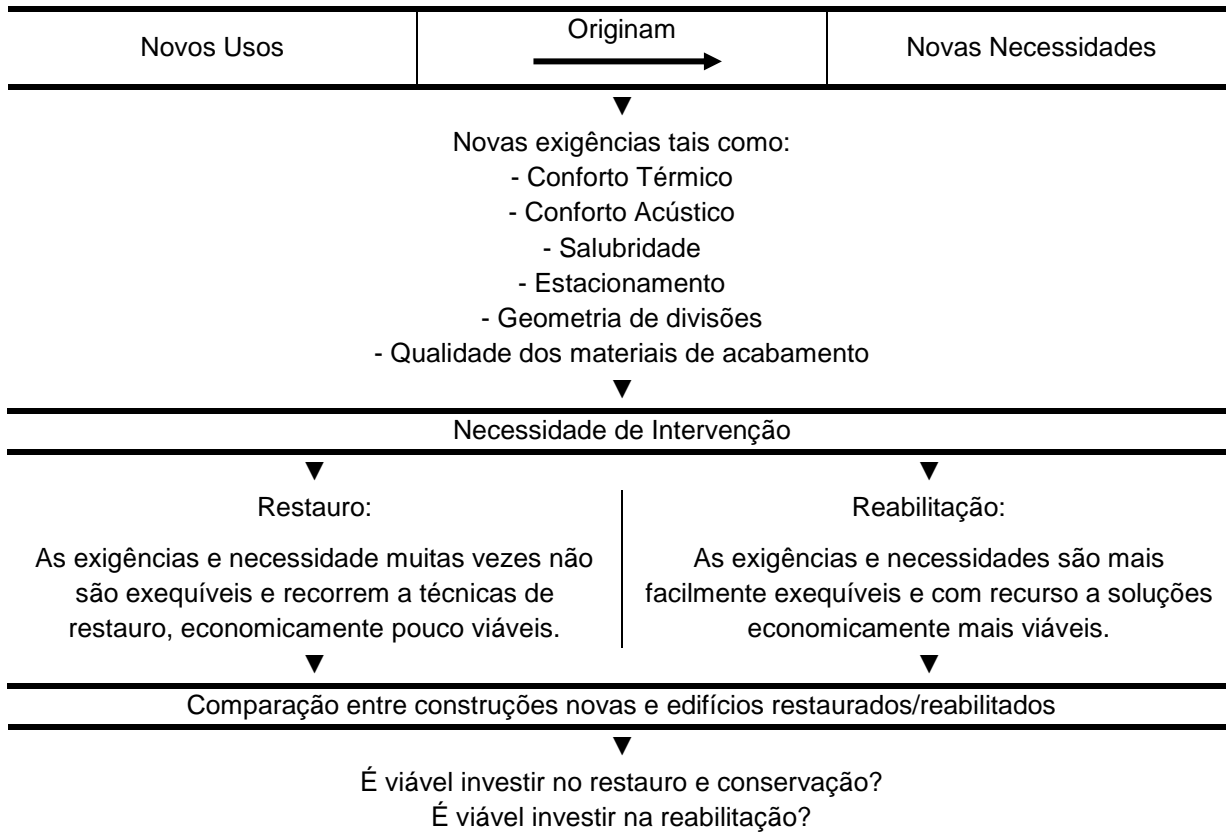
Os edifícios com valor patrimonial médio ou baixo são na sua generalidade edifícios habitacionais ou comerciais dos centros históricos urbanos.

A reabilitação deste tipo de edifício é bastante mais complexa que a dos anteriormente mencionados. Existem uma série de factores que condicionam as decisões e que relegam para segundo plano as recomendações teóricas sobre a conservação e o restauro.

Quando se fala em reabilitação de edifícios habitacionais antigos, fala-se invariavelmente de um novo uso, logo, de novas necessidades e novas exigências de desempenho, que por sua vez são de difícil compatibilização com técnicas de restauro, não só pela dificuldade técnica inerente mas também pela viabilidade económica das mesmas quando comparadas com técnicas menos conservadoras.

De forma a entender a complexidade destas relações, e a forma como estas afectam o tipo de solução de intervenção, apresenta-se o quadro seguinte:

Quadro 1- Restauro/Reabilitação de edifícios habitacionais. Problemas.



De forma bastante resumida o problema coloca-se da seguinte forma: Actualmente as exigências da sociedade ao nível da habitação são elevadas, e as casas antigas não satisfazem essas exigências, mesmo que se encontrem em boas condições de conservação.

Tais exigências de desempenho são de difícil alcance quando se opta por uma reabilitação com uma grande componente de restauro e, quando é possível alcançar tais exigências recorrendo a técnicas tradicionais, implicam a aplicação de procedimentos de execução técnica difícil e dispendiosos. Verifica-se também a escassez de mão-de-obra orientada para o restauro, possuidora do conhecimento das técnicas tradicionais, o que a encarece bastante comparativamente com a corrente.

Por oposição, a reabilitação mais intrusiva consegue quase sempre garantir as exigências de desempenho pretendidas e a um custo inferior, não sendo necessário o constante recurso à mão-de-obra especializada durante a execução.

Por outro lado, os proprietários dos edifícios antigos são maioritariamente proprietários privados, e com mais ou menos capacidade financeira, o seu objectivo é rentabilizar o seu património, seja para uso próprio ou venda. Logo, à partida o custo das obras é um factor preponderante.

Tem de se ter em consideração a concorrência que os edifícios novos fazem à reabilitação de edifícios antigos. As pessoas normalmente não se importam de pagar um pouco mais por um edifício reabilitado desde de que este tenha todas ou quase todas as condições de um edifício moderno. No entanto, se o



preço for exageradamente caro e/ou as condições de habitabilidade, conforto, etc., forem medíocres, dificilmente o mesmo se verifica.

É preciso então perceber que a reabilitação com uma grande componente de restauro, embora conserve completamente o carácter e valor histórico do edifício, pode não ser considerada uma boa opção, tanto para o proprietário como para um futuro morador.

#### 2.4.3. REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS DE SERVIÇOS COM VALOR PATRIMONIAL VARIÁVEL

Existem casos de edifícios antigos que são utilizados como edifícios de serviços, ou que se pretende transformá-los em tal. De qualquer das formas e na maioria dos casos, a intervenção neste tipo de edifício é bastante intrusiva, mais intrusiva ainda que em edifícios residenciais antigos. Este facto ocorre essencialmente por um motivo, que é a segurança dos utilizadores.

Tratando-se de edifícios de serviços, possuem uma afluência de pessoas considerável, e o grau de exigências é superior aos dos edifícios habitacionais. A título de exemplo e de forma a compreender melhor esta situação, pense-se num pavimento. Num edifício residencial esse pavimento tem de ser estanque, deve possuir isolamento térmico e acústico, provavelmente passam por ele tubos de abastecimento e drenagem de água, e deve possuir uma certa rigidez para que não seja deformável ao ponto de se tornar desconfortável. Isto implica um reforço dos pavimentos pré-existentes ou muitas vezes a construção de um novo.

Num edifício de serviços o pavimento tem de ter todas as características atrás mencionadas, só que tratando-se de um edifício desse género o cumprimento dessas exigências é mais difícil, pois a escala e factores de segurança são maiores, o que obrigatoriamente origina soluções mais robustas e rígidas. Assim o nível de reforço é grande o que muito dificilmente é compatível com técnicas de restauro, obrigando assim, na maioria dos casos, a uma reconstrução total do pavimento.

#### 2.4.4. O QUE FAZER? RESTAURAR OU REABILITAR

Relativamente a este assunto o autor pensa que não se deve ser radical, optando-se por qualquer um dos conceitos de forma pré-concebida, pois não é dessa forma que se encontram as melhores soluções. O património histórico e cultural presente nos edifícios antigos deve se preservado a todo custo, contudo deve-se saber pesar os vários factores relacionados com a sua preservação e manutenção.

Diferentes edifícios têm diferentes significados, pelo que, a análise isolada é distinta da análise em conjunto, originando assim diferentes necessidades e exigências, pelo que não se pode comparar grandes edifícios históricos, com edifícios residenciais ou de serviços.

O autor considera que os edifícios de grande valor patrimonial devem ser “restaurados”, preservando assim todo o seu significado histórico. Isto porque esses edifícios são normalmente monumentos visitáveis, e o seu carácter tradicional pode e deve ser partilhado e apreciado por toda a sociedade.

Relativamente aos edifícios residenciais, deve-se ter em conta uma série de outros factores que não existem quando se trata de um edifício com elevado valor patrimonial. Tem de se entender que, muitas vezes, os proprietários dos edifícios antigos não têm condições financeiras ou não lhes é viável restaurar um edifício. É preciso entender que as necessidades das sociedades mudam ao longo do tempo e que a maioria dos edifícios antigos, mesmo em bom estado de conservação, não consegue garantir tais exigências. Assim torna-se necessário reabilitar esses mesmos edifícios com recurso a técnicas mais descaracterizadoras, de modo a cumprir as várias exigências e cativar as pessoas a

habitarem neles. Dificultar a reabilitação de edifícios antigos, fazendo com que a componente de restauro se torne demasiado elevada, faz com que seja difícil conseguir chegar aos níveis de exigência actuais, ou chega-se a um preço tão elevado que desmotiva qualquer investidor.

Sendo radical e promovendo apenas a conservação (como defendem os conceitos teóricos), promove-se o abandono dos centros históricos urbanos e a consequente perda patrimonial.

“Portugal tem delapidado grande parte do seu património construído; tomando como referência os dados dos CENSOS 2001, mais de metade das habitações em edifícios anteriores a 1919 desapareceram na década de 1991-2001, numa obsessiva preferência pelo novo, tornando o parque habitacional português um dos mais novos da Europa, e muito do parque mais antigo sobrevive num estado de abandono e degradação crescentes.” (Paiva [13])

É assim necessário encontrar um equilíbrio entre a “destruição” e a conservação, de modo a ser rentável promover a reabilitação dos edifícios residenciais, salvaguardando o nosso património e os centros históricos das cidades como um todo e prevenindo o abandono e perda total do mesmo

Ao nível dos edifícios de serviços a situação é ainda mais complexa, pois, embora possam possuir um valor patrimonial elevado, a conservação das técnicas e materiais tradicionais é bastante difícil. A segurança e conforto na utilização são parâmetros que pesam mais (na opinião do autor) do que a necessidade de conservar o património.

Neste dois últimos casos embora se defenda a utilização de técnicas de intervenção com uma menor componente de restauro, não se quer deixar de frisar que quando for viável e/ou seja possível garantir as exigências pretendidas pelos utilizadores, deve-se optar por soluções mais conservadoras, utilizando técnicas e materiais tradicionais, preservando assim o património histórico.

Pode-se então neste contexto classificar os edifícios antigos conforme o seu valor patrimonial e uso. Esta tipificação é importante para a realização da metodologia sistemática deste trabalho, e embora simples, cobre a maioria dos casos de restauro/reabilitação de edifícios (a sigla “Tip.” significa tipologia – ver quadro 2).

Quadro 2 – Classificação da tipologia dos edifícios

Tipologia usual	Valor patrimonial	Código
Monumento	Elevado	Tip.1
Residência/Comércio	Médio/baixo	Tip.2
Serviços	Variável	Tip.3

## 2.5. NECESSIDADES DE INTERVENÇÃO E SUAS ORIGENS

Como foi explicado, o tipo de intervenção necessária depende muito do tipo de edifício que se pretende reabilitar e qual será no futuro o seu uso. Este facto origina uma serie de necessidades de intervenção diferentes consoante o caso que se está a tratar.

Neste capítulo tenta-se relacionar a tipologia do edifício (monumento, residencial ou serviços), com as necessidades de intervenção mais usuais em cada e com o tipo de solução de intervenção que essas necessidades originam.

Em monumentos, a necessidade de intervenção tem normalmente como origem a degradação do edifício ou de algumas das suas partes, sendo que o objectivo será então a conservação ou mesmo o reforço com recurso a técnicas de restauro. Poderá eventualmente existir a necessidade de garantir certas exigências ao nível da segurança e conforto na utilização e nesses casos poderá ser necessário recorrer a técnicas de reabilitação.

Relativamente à influência dos vários tipos de necessidades de intervenção nos pavimentos e consequentemente nas suas ligações com as paredes, pode-se dizer que nestes casos não será relevante e que as técnicas eventualmente utilizadas serão substituições pontuais ou totais de elementos, sem grande prejuízo do elemento estrutural antigo.

Apresenta-se de seguida um quadro (Quadro 3) onde se sistematizam os parâmetros atrás referidos. Encontram-se nessa tabela as situações mais usuais para esta tipologia de edifícios, sendo que as menos usuais e que não se encontram nela descritas, deverão figurar na sistematização relativa aos edifícios residenciais ou de serviço que se expõe mais à frente.

Quadro 3 - Necessidades de intervenção em edifícios de elevado valor patrimonial e suas influências nas soluções de intervenção

Origem da Necessidade de Intervenção	Causa	Tipologia da solução de intervenção
Degradação	Patologias	Restauro
Reforço estrutural	Aumento da segurança	Restauro
		Restauro e reabilitação

Ao nível dos edifícios residenciais, existem uma variedade de situações que originam as necessidades de intervenção. Essas diferentes situações, como já foi referido, são de difícil relação com as soluções de intervenção necessárias e passíveis de serem implementadas. Esquematizam-se assim no Quadro 4 as origens das necessidades de intervenção mais usuais, as suas causas e as tipologias das soluções de intervenção utilizadas frequentemente no solucionamento desses problemas.

Tendo como objectivo a sistematização de processos, é necessário agrupar diferentes necessidades que originem as mesmas soluções. Tendo em consideração o que atrás foi referido, quando se pretende reabilitar um edifício residencial antigo, pretende-se criar condições de habitabilidade satisfatórias a preços minimamente competitivos. Assim uma das causas na origem da necessidade de intervenção será criar condições de habitabilidade que satisfaçam as exigências da sociedade em geral (conforto térmico, acústico, geometria das divisões, salubridade, qualidade dos materiais, etc.)

Outra causa será a necessidade de regularização de cotas entre pavimentos. Este problema coloca-se frequentemente quando se pretende reabilitar uma banda de edifícios. É fácil perceber que será mais viável reabilitar um conjunto de edifícios do que um edifício isolado. Isto origina muitas vezes a necessidade da regularização de cotas de pavimento de edifícios adjacentes, de forma a ser possível ligar os diferentes edifícios sem criar um desnível desagradável. Neste tipo de intervenções será invariavelmente necessário destruir e reconstruir pelo menos um dos pavimentos, pensando assim em novos dispositivos de ligação.

A necessidade de criar estacionamento também é muito importante. Naturalmente os futuros residentes querem sítios onde possam guardar com segurança as suas viaturas. Este problema é de difícil resolução e originará intervenções importantes a nível estrutural que podem ter influência nos pavimentos pré-existent e consequentemente nas ligações destes às paredes.

Poderão eventualmente existir problemas com resoluções menos complexas, como degradações pontuais ou reforços estruturais em edifícios já reabilitados.

Naturalmente as várias causas apresentadas poderão sobrepor-se, o que não implica a não utilização da metodologia aqui apresentada. O utilizador deverá ter a capacidade de situar o seu caso numa das apresentadas e verificar se a situação escolhida cobre todos os pressupostos do caso real.

Quadro 4 - Necessidades de intervenção em edifícios de médio e baixo valor patrimonial e suas influências nas soluções de intervenção

Origem da Necessidade de Intervenção	Causa	Tipologia da solução de intervenção
Degradação	Patologias	Reabilitação
		Reabilitação e Restauro
Reforço estrutural	Aumento da segurança	Reabilitação
		Reabilitação e Restauro
Novo uso	Habitabilidade em geral	Reabilitação
	Necessidade de estacionamento	
	Compatibilização de cotas de pavimentos	

Relativamente aos edifícios de serviço as necessidades de intervenção, bem como as suas causas serão as mesmas que em edifícios habitacionais, embora sabendo que as soluções de intervenção utilizadas deverão dar menos ênfase ao restauro. Assim, quando se trata de reforços estruturais e adaptações a um novo uso, as soluções de intervenção são normalmente mais intrusivas, de forma a conseguirem cumprir as exigências de segurança e conforto na utilização.

Quadro 5 - Necessidades de intervenção em edifícios de serviço e suas influências nas soluções de intervenção

Origem da Necessidade de Intervenção	Causa	Tipologia da solução de intervenção
Degradação	Patologias	Reabilitação
		Reabilitação e Restauro
Reforço estrutural	Aumento da segurança	Reabilitação com recurso ao restauro pontual
Novo uso	Habitabilidade em geral	Reabilitação
	Necessidade de estacionamento	
	Compatibilização de cotas de pavimentos	

É possível agora agrupar as principais causas que estão na origem das necessidades de intervenção nas diferentes tipologias de edifícios abordados. Torna-se assim possível classifica-las de forma sistemática (ver quadro 6 - a sigla CN significa “causa de necessidade”):

Quadro 6 - Causas das necessidades de intervenção em edifícios

Causas	Código
Patologias/Degradação	CN.1
Incremento da segurança	CN.2
Adaptação a novo uso	CN.3

É muito importante perceber que todas as situações referidas, para edifícios de elevado, médio e baixo valor patrimonial, influenciam directa ou indirectamente as ligações entre pavimentos e paredes. A título de exemplo, pense-se nas condições de habitabilidade. Estas não têm influência directa nas ligações, mas a necessidade de novos equipamentos, novas divisões, condições de conforto térmico e acústico, aumentam em muito a carga de um pavimento antigo ou obrigam à construção de um novo.

Assim, embora não tenha sido feita referência directa às ligações entre pavimento e paredes, interessa que fique claro que a influência nestas foi tida em conta, e que os quadros síntese apresentados contêm as situações que, de forma directa ou indirecta, mais influenciam a reabilitação das mesmas.

## 2.6. COMO DIFERENCIAR O RESTAURO E A REABILITAÇÃO

Até agora tem-se feito distinção entre duas soluções de intervenção distintas, o restauro e a reabilitação, sendo que o restauro será uma solução de intervenção mais conservadora e a reabilitação mais liberal. Foram tecidas várias considerações sobre os diferentes aspectos que influenciam a escolha de uma em detrimento da outra. Contudo na realidade a distinção entre elas não é fácil. Dependendo do tipo de edifício, uma componente pode ser significativamente superior à outra, e por isso fez-se a distinção entre edifícios de elevado valor patrimonial (onde a componente de restauro é bastante elevada) e médio ou baixo valor patrimonial (onde a componente de reabilitação se sobrepõem normalmente à componente de restauro).

Os meios para chegar a soluções com mais ou menos restauro são as técnicas de intervenção utilizadas, que poderão ser divididas de forma simples em “técnicas de restauro” e “técnicas de reabilitação”. Contudo, é necessário compreender que a distinção entre estas técnicas também não é fácil. Sendo assim, e de forma a tipificar e classificar de forma clara as várias soluções interventivas que serão aqui tratadas, os termos “restauro” e “reabilitação” não serão utilizados, pois podem originar dúvidas, o que não é bom quando se pretende criar uma sistematização simples e evidente.

A tipificação das várias soluções terá já em consideração o pormenor das ligações entre paredes e pavimentos. Embora as ligações entre paredes e pavimento envolvam dois materiais, a pedra e o material do pavimento, neste trabalho dar-se-á um maior enfoque à madeira, pois quando existem casos de degradação ou necessidades de reforço, é normalmente este material que necessita de sofrer intervenções (conservação, reforço ou mesmo substituição). Assim parece correcto recorrer a uma classificação de soluções interventivas feita para o material em causa. Segundo (Amorim [14]), existem quatro tipos de intervenções possíveis em estruturas de madeira:

- Restauro integral - Reparação e substituição pontual e localizada de elementos degradados, usando técnicas e materiais semelhantes aos originais.
- Restauro com modernização - Reparação e substituição pontual e localizada de elementos degradados, usando técnicas construtivas tradicionais e alguns materiais ou soluções modernas.

- Reabilitação fiel ao original – Substituição integral do elemento construtivo usando madeiras usadas antigas ou novas de elevada qualidade e desenhos arquitectónicos similares aos antigos.
- Reabilitação com substituição integral ou parcial de solução – Substituição integral ou parcial do elemento construtivo por soluções modernas ao nível da concepção, materiais e técnicas de ligação usados, eventualmente mantendo algumas situações originais.

Esta classificação será utilizada para rotular as várias soluções interventivas que serão abordadas ao longo do trabalho. Deve-se contudo entender que uma solução classificada como “Restauro integral”, será uma solução mais conservativa e que garante uma maior preservação histórica e que uma solução classificada como “Reabilitação com substituição integral ou parcial de solução”, será uma solução que mais descaracteriza a solução antiga original.

É importante entender que embora seja uma classificação feita tendo em vista restauro/reabilitação de estruturas de madeira, é de fácil aplicação a todos os casos, mesmo a situações extremas como a demolição do interior do edifício ou mesmo utilização de materiais modernos – “Reabilitação com substituição integral ou parcial de solução”.

Com vista à sistematização pretendida apresenta-se de seguida um quadro resumo das soluções de intervenção que será utilizada no método final, sendo que a sigla SI significa “solução de intervenção” (Quadro 7).

Quadro 7 – Tipificação das soluções de intervenção

Soluções de Intervenção		Código
Restauro	Integral	SI.1
	Com modernização	SI.2
Reabilitação	Fiel ao original	SI.3
	Com substituição integral ou parcial	SI.4

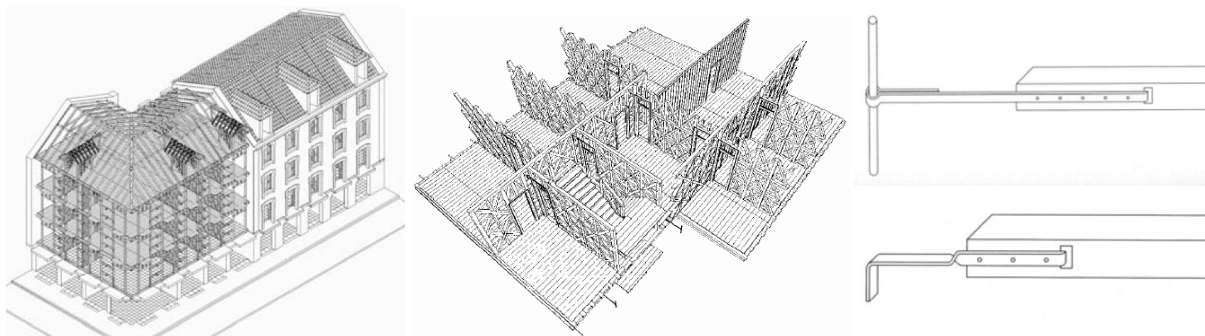
Será também importante classificar as soluções de intervenção quanto ao seu nível de intrusão. Esta classificação funcionará como distinção entre soluções que apresentem a mesma classificação de solução de intervenção, segundo outros critérios. Consideram-se três níveis de intrusão (Ver Quadro 8 - a sigla NI significa “nível de intrusão”):

Quadro 8 – Níveis de intrusão

Nível de intrusão	Código
Baixo/Inexistente	NI.1
Médio	NI.2
Elevado	NI.3

## 3

## LIGAÇÕES ENTRE PAREDES E PAVIMENTOS EM EDIFÍCIOS ANTIGOS



## 3.1. NOTA INTRODUTÓRIA

Existem várias tipologias de edifícios antigos no país. As diferentes tipologias variam e dependem de diversos condicionalismos, geográficos, económicos, sociais, históricos e culturais (Oliveira [15]). Contudo, é necessário compreender que embora exista uma variedade grande de edifícios, não há interesse na reabilitação de todas as tipologias. Este facto deve-se a várias razões, como por exemplo a falta de qualidade e brio do edifício, o recurso a materiais de má qualidade e a pobre concepção, o que faz com que o valor patrimonial seja reduzido, não havendo interesse na reabilitação dos mesmos.

Torna-se assim necessário identificar quais os edifícios que apresentam uma maior susceptibilidade de serem reabilitados, evidenciando as suas principais características.

As zonas onde existe maior reabilitação são os centros históricos das cidades, como o Porto, Braga, Guimarães, Coimbra, Lisboa, entre outras. Dentro desses centros, verifica-se que os edifícios residenciais são os que mais frequentemente são alvo de intervenções de reabilitação.

É importante perceber que, embora situados em zonas geográficas distintas, os edifícios de construção tradicional portuguesa, destinados à habitação (anteriores a 1950, antes do advento do betão armado), apresentam características similares, utilizando técnicas e soluções construtivas idênticas, baseadas no uso de madeira e pedra:

- Paredes resistentes de alvenaria de pedra de grande espessura, de modo a garantir os requisitos mecânicos, de estanquidade à água e conforto (Sousa [19]);

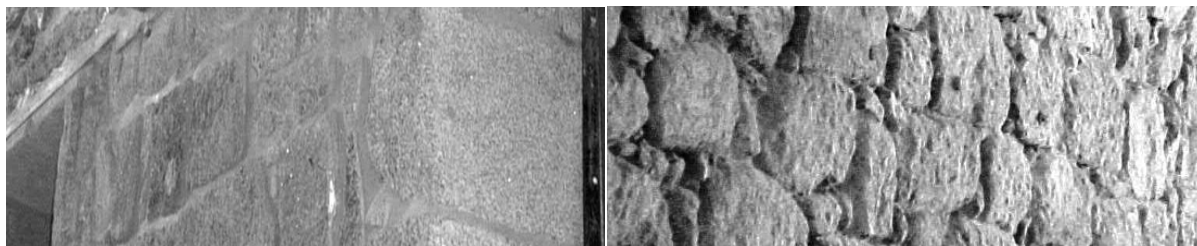


Fig. 1 – Paredes de alvenaria de pedra.

- A estrutura dos pavimentos é usualmente constituída por vigas de madeira apoiadas nas paredes resistentes; A secção e espaçamento das vigas são variáveis, dependendo dos vãos a vencer e da nobreza do edifício; Por vezes utilizam-se arcos e abóbadas de alvenaria na constituição dos pavimentos, como é o caso dos pisos do 1º andar dos edifícios pombalinos (Cóias [6]);



Fig. 2 – Pavimento com estrutura em madeira.  
(Edifício da R. José Falcão nº95 – Porto)



Fig. 3 – Pavimento com estrutura em abóbada (Sousa [19])

- As coberturas são inclinadas e realizadas com estruturas de madeira; Podem resumir-se a uma simples água ou múltiplas complexas; Podem-se encontrar com menos frequência, casos onde a estrutura das coberturas é diferente, recorrendo a cúpulas e abóbadas;



Fig. 4 – Cobertura tradicional de duas águas. (Edifício da R. José Falcão nº95 – Porto)

- As paredes divisórias eram formadas por pranchas colocadas verticalmente ou inclinadas, ligadas ao pavimento recebendo o fasquiado, constituído por pequenas régua de secção trapezoidal, ao qual aderiria o reboco.

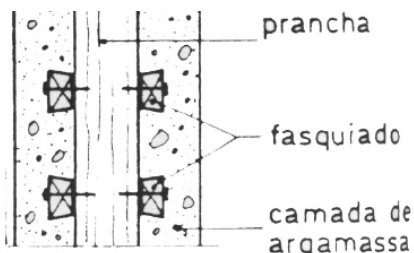


Fig. 5 – Solução tradicional de compartimentação – Tabique (Sousa [19])



As condições de habitabilidade são na maioria dos casos precárias. As diversas instalações, são inexistentes ou foram posteriormente realizadas com pouco cuidado, não sendo de forma alguma adequadas aos tempos modernos. O nível de conforto é baixo, não existindo isolamento térmico nem acústico, os pavimentos são ruidosos, não são estanques e encontram-se deformados.

Torna-se importante perceber que, mesmo em condições de conservação muito boas, estes edifícios não satisfazem as exigências de desempenho que a actual sociedade pretende que uma habitação satisfaça. Isto significa que a intervenção é inevitável, e que essas intervenções não podem de todo ter em vista apenas a conservação, sendo necessário realizar alterações profundas, de forma a satisfazer as exigências das pessoas, cativando-as assim a regressar aos centros históricos urbanos. Tais alterações influenciam directa e indirectamente as ligações entre as paredes e os pavimentos, tornando-se necessário perceber como estas eram realizadas.

Neste capítulo identificam-se, de forma pormenorizada os materiais e as técnicas construtivas que eram usualmente utilizadas. Pretende-se caracterizar e sistematizar as várias soluções que eram utilizadas, de forma a ser fácil identificar cada uma, pois diferentes soluções tradicionais podem levar a diferentes soluções de intervenção.

## **3.2. CARACTERÍSTICAS DA MADEIRA UTILIZADA NAS LIGAÇÕES PAVIMENTOS/PAREDES**

### **3.2.1. ESPÉCIES MAIS UTILIZADAS**

O tipo de madeira utilizado nestes elementos estruturais depende do tipo de edifício onde era aplicada, da nobreza do mesmo e da região do país onde o este se encontra. Assim, durante períodos significativos cada região utilizou espécies naturais dessas mesmas regiões, ou seja, no Norte utilizava-se castanho e carvalho, no centro pinho nacional e no sul, devido à escassez de arborização era frequente recorrer-se à importação.

Mais tarde com o esgotamento das matas nacionais e percebendo que o pinho nacional não era uma madeira de boa qualidade, recorreu-se de forma mais acentuada à importação de madeiras de boa qualidade como casquinhas e abetos do Norte e Centro da Europa, mognos do Sul da Europa, pitch-pine da América do Norte, teca da Índia e também madeiras africanas. (adaptado de Appleton [16]).

Embora fossem importados vários tipos de madeira, e ainda poderem ser utilizadas outras espécies nacionais, existe uma predominância de certas espécies nos edifícios antigos que, segundo (Segurado [17]), são o pinho da terra ou madeira de pinheiro bravo ou marítimo, a casquinha ou pinho do norte, o pitch-pine ou pinho da América e o spruce ou casquinha branca.

### **3.2.2. SECÇÃO DAS VIGAS**

Torna-se importante classificar as vigas quanto à sua secção, pois pode ser um factor preponderante e condicionador quando se pretende escolher uma solução de reabilitação. Segundo (Dias [18]), verifica-se que nos edifícios construídos até ao século XX, o vigamento consistia na sua generalidade em troncos de madeira aparados nas faces superior e inferior, de modo a poderem receber os revestimentos dos pavimentos e tectos.

A partir do século XX o emprego de vigas de secção rectangular passou a ser mais frequente, contudo é possível encontrar edifícios com projectos de licenciamento onde figuram vigas de secção rectangular, ainda que no edifício se verifique a existência de vigas de secção circular.

Outra secção passível de ser encontrada, é a secção de arestas chanfradas, uma solução mais económica em comparação com a rectangular, contudo possuindo menor qualidade.

É assim possível encontrar quatro secções nas vigas em edifícios antigos, ou seja, vigas de secção circular, aparadas nas faces superior e inferior, com arestas chanfradas e de secção rectangular.



Fig. 6 – Vigas de secção circular (Edifício da R. do Infante D. Henrique nº87-91 - Porto)



Fig. 7 – Vigas com arestas chanfradas (Dias [18])



Fig. 8 – Vigas de secção rectangular (Edifício da R. José Falcão nº95 – Porto)

Como foi referido, a secção da viga pode ser eventualmente um factor preponderante na decisão da solução de intervenção, tornando-se assim o factor susceptível de ser parametrizado. (A sigla SV significa “secção da viga”.)

Quadro 9 – Secção das Vigas

Tipo de Secção	Código
Circular	SV.1
Aparada	SV.2
Arestas Chanfradas	SV.3
Rectangular	SV.4

### 3.3. LIGAÇÕES PAVIMENTOS/PAREDES EM EDIFÍCIOS ANTIGOS

#### 3.3.1. DESCRIÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO

A ligação entre paredes e pavimentos em edifícios antigos, é na maioria dos casos a ligação entre dois materiais, a madeira e a pedra.

A forma como estas ligações eram feitas é bastante variável, o que dificulta de certa forma a criação de um tratamento sistemático, pois cada tipo de ligação apresenta singularidades, o que origina diferentes problemas tanto a nível das patologias como das próprias soluções de reabilitações susceptíveis de serem adoptadas. Assim, numa primeira fase serão abordadas as várias soluções antigamente utilizadas e numa fase posterior ir-se-á agrupar aquelas que apresentam características similares.

A entrega das vigas nas paredes era geralmente realizada de duas formas: encastramento nas paredes ou apoio em outros elementos que poderiam ser salientes.



Fig. 9 – Entrega das vigas. (Edifício da R. José Falcão nº95 – Porto)



Fig. 10 – Entrega das vigas. (Edifício da R. do Infante D. Henrique nº87-91 - Porto)

Segundo (Dias [18]), o apoio poderia ser parcial ou preencher toda a largura da parede. De forma a nivelar os apoios eram utilizados pedaços de madeira, bocados de tijolo ou mesmo de alvenaria. As vigas poderiam ser tratadas para evitar o seu apodrecimento, recebendo um tratamento com tinta de óleo, zarcão ou alcatrão.

De forma a reforçar a ligação entre os pavimentos e as paredes resistentes em alvenaria, eram muitas vezes utilizados ferrolhos, que são barras achatadas de ferro, com furos para pregar ou aparafusar às vigas (Dias [18]). Estas peças eram fixadas às vigas na direcção do vigamento, mas também em alguns casos e como é típico dos edifícios Pombalinos, na direcção perpendicular aos mesmos (Cóias [6]).

Os ferrolhos que se encontram na direcção do vigamento penetram a parede até à sua face exterior onde estão travados com umas peças denominadas chavetas, que poderiam ser uma simples barra de ferro ou peças mais elaboradas e ornamentais (Segurado [17]).



Fig. 11 – Pormenor da ligação do ferrolho à viga de pavimento. (Edifício da R. José Falcão nº95 – Porto)

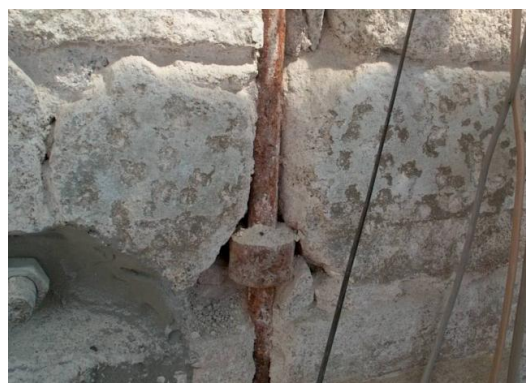


Fig. 12 – Pormenor do travamento do ferrolho com chaveta pelo exterior. (Edifício da R. do Infante D. Henrique nº87-91 - Porto)

Por vezes, por razões estéticas ou de inexequibilidade, não se podiam travar os ferrolhos com chavetas do lado exterior das paredes. Nesses casos utilizavam-se ferrolhos de esquadro, que eram igualmente pregados ou aparafusados às vigas, mas em vez de estes atravessarem as paredes, eram dobrados para o seu interior num ângulo de 90°.

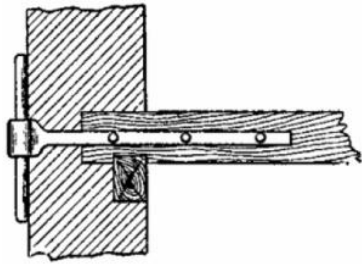


Fig. 13 – Ferrolho e chaveta simples (Segurado [17])

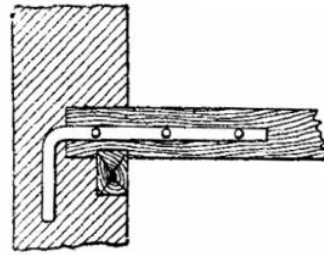


Fig. 14 – Ferrolho de esquadro (Segurado [17])

É importante perceber que estes elementos, quando existem, não se encontram em todas as vigas, mas sim com espaçamentos bastante variáveis de edifício para edifício.

Segundo (Dias [18]), quando a carga a suportar pelos pavimentos era elevada, assentavam-se as vigas em pequenos elementos de pedra, bocados de madeira ou chapas de ferro que se encontravam embutidos na parede, isto com o objectivo de distribuir a elevada carga por uma área maior. Outra forma usualmente utilizada para resolver este tipo de problemas era apoiar as vigas em cachorros de pedra, solução que diminuía o risco da ocorrência de patologias associadas a humidades.



Fig. 15 – Viga apoiada em cachorro de pedra (Sousa [19])

Outras vezes as vigas assentavam em frechais embutidos e corridos nas paredes. Esta solução permitia uma melhor distribuição de cargas, contudo poderiam apresentar problemas como potenciais sobrecargas nos vãos das padieiras. Esta solução é encontrada por exemplo nos edifícios da baixa pombalina, onde as vigas são dotadas de entregas nas paredes-mestras, sendo pregadas aos frechais com pregos (Cóias [6]).



Fig. 16– Apoio de vigas em frechal (Cóias [6])



Fig. 17 – Apoio de vigas em frechal. Pormenor de um ferrolho de ligação. (Cóias [6])

É possível encontrar outros tipos de apoios dos frechais. Por vezes recorria-se a elementos de ferro e cachorros de pedra para o apoio dos mesmos. Relativamente aos sistemas de apoio com elementos em ferros, estes poderiam ser: perfis em consola; ferrolhos ou cavilhas chumbadas às paredes que

atravessavam a viga, que era presa por uma porca e anilha, porca e chapa de ferro ou duas cavilhas chumbadas, uma por baixo outra por cima, que eram fechadas por uma barra que prendia a viga.

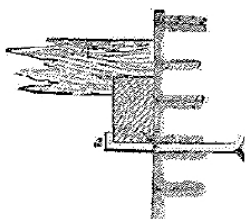


Fig. 18 – Elemento metálico em Consola (Segurado [17])

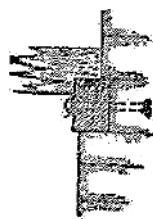


Fig. 19 – Ferrolho chumbado à parede (Segurado [17])

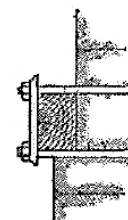


Fig. 20 – Duas cavilhas e chapa de ferro (Segurado [17])

Quanto ao apoio em cachorros de pedra, seriam semelhantes aos utilizados nos apoios das vigas sem recurso a frechal. Quanto ao pormenor do encaixe da viga com o frechal, este poderia ser simples ou com entalhe, sendo que o mais vulgar seria haver um entalhe entre os dois elementos e a ligação ser feita com pregos.



Fig. 21 – Apoio do frechal em cachorro de pedra (Segurado [18])

### 3.3.2. TRATAMENTO DAS LIGAÇÕES COM VISTA À SISTEMATIZAÇÃO

Como foi referido, com vista a criar uma sistematização é necessário tratar o pormenor das ligações agrupando-as em soluções com características similares. Assim chegou-se a um número de 10 soluções tipificadas de ligação pavimento parede (Sigla LA – ligação antiga):

Quadro 10 – Ligações entre pavimentos e paredes usadas antigamente

Solução de ligação		Código da solução	
Viga encastrada na parede resistente	Encastramento simples – viga penetra na parede	LA.1	
	Viga fixa à parede sem ferrolho	Madeira	LA.2
		Pedra	LA.3
	Viga apoiada sobre outro elemento	Chapa de ferro	LA.4
		Encastramento simples – viga penetra na parede	LA.5
	Viga fixa à parede com ferrolho	Madeira	LA.6
		Pedra	LA.7
		Chapa de ferro	LA.8
Viga apoiada sobre frechal	Frechal suportado por elementos metálicos	LA.9	
	Frechal apoiado em cachorros de pedra	LA.10	



## 4 ORIGENS DAS INTERVENÇÕES



### 4.1. PATOLOGIAS

Como já foi referido anteriormente, a ligação entre o pavimento e as paredes nos edifícios antigos é essencialmente composta por dois materiais, a madeira e a pedra. Neste tipo de ligações, quando existem degradações devido a patologias, estas encontram-se na generalidade dos casos nos elementos em madeira. Devido a este facto, as patologias associadas às alvenarias de pedra não serão abordadas.

Neste capítulo far-se-á uma breve caracterização dos processos de degradação deste material, pois sendo um material vegetal, apresenta características e processos de degradação bastante diferentes dos restantes materiais normalmente usados nos edifícios. Serão também abordadas as patologias mais correntes, os agentes que causam a degradação, bem como as condições que propiciam o seu ataque. Com isto pretende-se criar uma lista simples, mas completa das principais patologias que afectam directamente as ligações paredes/pavimento e que podem influenciar a escolha das soluções de intervenção.

#### 4.1.1. DEGRADAÇÃO DE MADEIRA – SINGULARIDADES DAS LIGAÇÕES ENTRE PAVIMENTOS E PAREDES

Antes de referir quais as principais causas de degradação da madeira, pensa-se ser relevante referir de forma bastante resumida o mecanismo de degradação deste material e a sua relação directa com o tema deste trabalho.

A degradação das peças de madeira começa pelas suas partes mais frágeis. A superfície de maior risco numa peça de madeira são as suas extremidades, onde o plano de corte é perpendicular à direcção das fibras. Estas zonas apresentam grande porosidade e capacidade de absorção de água, factores que potenciam o desenvolvimento de patologias.

A ligação parede pavimento em edifícios antigos é assim um ponto de risco elevado, pois a face frágil das peças de madeira encontra-se normalmente dentro do muro, zona de fácil retenção de humidade. Cria-se assim condições ideais para o desenvolvimento de patologias graves como por exemplo o apodrecimento da extremidade da viga.

Um exemplo simples para entender este risco é a situação onde as vigas de pavimento estão apoiadas na fachada. Esta facilmente pode reter águas das chuvas, criando assim o ambiente propício para que as vigas fiquem com as extremidades humedecidas. Este problema é agravado se no exterior da fachada existirem varandas ou saliências que permitam a acumulação de água.

Quando as extremidades das vigas de pavimento se encontram apoiadas em paredes interiores, o problema da humidade raramente se coloca, mas é necessário verificar a existência de patologias associadas a agentes biológicos. No entanto, se essas mesmas paredes se encontrarem próximas de instalações sanitárias ou cozinhas, o problema da humidade volta a colocar-se.

Compreendendo então a fragilidade das ligações entre pavimentos e paredes, pode-se então focar nas principais causas da degradação da madeira e perceber como podem afectar a integridade das mesmas. Segundo (Faria [20]), as principais causas de degradação da madeira são:

- Degradação biológica;
- Agentes atmosféricos;
- Agentes químicos;
- Fogo;
- Deficiente concepção ou uso estrutural;
- Humidade.

É importante referir que a humidade só por si não causa degradação das peças de madeira, mas a permanência continuada e descuidada deste material em ambientes húmidos e com pouca ou nenhuma ventilação, propicia condições ideais de vida a agentes biológicos, agentes esses que causam a degradação da madeira

Com vista à obtenção da sistematização pretendida com este trabalho, tratar-se-á as várias patologias de forma diferenciada, pois patologias diferentes levam a danos diferentes e consequentemente a soluções de intervenção diferentes.

#### 4.1.2. DEGRADAÇÃO BIOLÓGICA

A degradação biológica é uma das principais causas de degradação das peças de madeira em edifícios antigos. A determinação da gravidade dos danos causados por agentes biológicos depende bastante do tipo de agente e a da sua forma de ataque. Assim é importante determinar qual o agente em causa, de forma a poder estimar a gravidade e extensão do ataque.

Serão apresentados os vários agentes que atacam a madeira, referindo quais as condições necessárias para que se dê o ataque e quais as consequências do mesmo. No final de cada exposição, será apresentado um quadro resumo que identifica o agente, a causa do seu ataque, a extensão da degradação por ele causada, as espécies de madeira passíveis de serem atacadas (folhosa, resinosa ou ambas) e por fim o código da patologia.

##### 4.1.2.1. Fungos Xilófagos

Os fungos desenvolvem-se na madeira se esta tiver uma humidade superior a 20%, sendo que o conteúdo óptimo de humidade para o seu desenvolvimento encontra-se entre os 25 e 55% (Arriaga [21]). Este facto limita o ataque às zonas onde estas condições se verificam.



Desde já é importante distinguir entre dois tipos de fungos, os fungos cromogénios e fungos de podridão. Isto porque os primeiros não alteram a capacidade resistente da madeira, ao passo que os segundos sim.

Os fungos cromogéneos alimentam-se de substâncias de reserva da madeira, não produzindo degradação nas paredes celulares, o que não diminui a capacidade resistente das peças. Afectam normalmente madeiras da espécie resinosa, e o seu desenvolvimento provoca ou o escurecimento da superfície, ou o aparecimento de uma camada com tonalidades que vão desde do branco ao negro.



Fig. 22 – Ataque de fungos cromogéneos (Arriaga [21])

Quadro 11 – Resumo das causas e consequências das patologias: Fungos cromogénios

Descrição	Causa	Extensão	Espécies atacadas	Consequências	Código
Fungos cromogénios	Humidade superior a 20%	Localizada	Resinosas	Alteração da coloração da peça.	P.1

Os fungos de podridão atacam a madeira alimentando-se de componentes das paredes das células, diminuindo a densidade das peças e provocando assim perda de capacidade resistente. A consequência de um ataque deste tipo é a destruição da zona afectada, normalmente do exterior para o interior da peça. No caso particular do apoio das vigas, as consequências são a perda da secção de apoio. Dependendo como a humidade entra em contacto com a peça, esta terá processos de degradação diferentes. Se a humidade vier da parede (elemento de apoio) de forma uniforme a degradação será uniforme, se vier da parte superior então a degradação produz um perfil pontiagudo. De qualquer das formas perde-se secção e consequentemente capacidade resistente, o que pode originar graves problemas de instabilidade estrutural. (Arriaga [21])

Dentro dos ataques destes fungos é necessário distinguir três tipos, pois o nível e tipo de degradação são diferentes:

- Podridão parda ou cúbica

É o tipo de ataque mais grave, em que a madeira tende a formar pequenos cubos que se desagregam com grande facilidade. Simultaneamente verifica-se o aparecimento de resíduos de cor castanha.

Atacam tanto a madeira de espécies resinosas como folhosas.

- Podridão branca fibrosa

Deste tipo de ataque resulta uma madeira bastante fibrosa e frágil; As peças atacadas por este fungo, adquirem uma cor esbranquiçada.

Atacam preferencialmente madeiras de espécies folhosas, podendo também estar presentes em resinosas.

- Podridão esponjosa

Do ataque deste tipo de fungos, resulta uma madeira com uma cor esbranquiçada e de aspecto esponjoso.



Fig. 23 – Podridão cúbica [30]

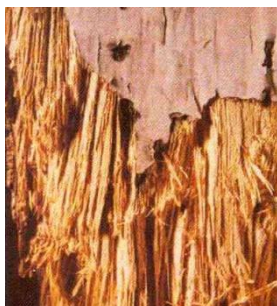


Fig. 24 – Podridão branca fibrosa (Arriaga [21])



Fig. 25 – Podridão esponjosa [30]

Embora os resultados dos ataques dos diferentes tipos de fungos de podridão produzam resultados distintos, tanto a nível do aspecto da peça de madeira, como da quantidade de capacidade resistente perdida, serão tratados de forma idêntica, visto que o factor preponderante, a perda de capacidade resistente, embora diferente, é grave nos três casos.

Quadro 12 – Resumo das causas e consequências das patologias: Fungos de podridão

Descrição	Causa	Extensão	Espécies atacadas	Consequências	Código
Fungos de Podridão	Humidade superior a 20%	Localizada	Folhosas e resinosas	Perda de secção. Instabilidade estrutural.	P.2

#### 4.1.2.2. Insectos de ciclo larvar

Os insectos de ciclo larvar degradam a madeira alimentando-se desta enquanto larvas. O processo começa com a colocação dos ovos nas fendas da madeira. Quando as larvas nascem começam a alimentar-se da madeira, formando galerias no interior das peças, o que diminui a capacidade resistente das peças. No final do processo a larva aproxima-se da superfície para realizar a sua metamorfose, e quando esta chega ao fim sai da peça deixando um pequeno orifício. Assim, os orifícios visíveis nas peças de madeira indicam que pelo menos viveu ali uma geração de insectos.

Embora com processos idênticos, existem vários tipos de insectos de ciclo larvar que podem atacar a madeira. É necessário fazer esta distinção entre eles, pois as causas que estão na origem dos ataques podem ser diferentes. Ir-se-á então estudar as causas do aparecimento dos seguintes insectos: caruncho pequeno, caruncho grande, caruncho exótico da madeira e gorgulho. (Arriaga [21])

- Caruncho pequeno (*Anobium punctatum* De Geer)

Atacam geralmente em zonas com uma humidade elevada, o que normalmente restringe o ataque a certas áreas. Devido a este facto aparecem geralmente associados a fungos de podridão, que amolecem a madeira tornando-a de mais fácil a sua digestão.

O ataque do caruncho não é muito grave, pois as galerias criadas são de pequeno diâmetro e encontram-se na parte superficial da peça. No entanto, associados a fungos de podridão o ataque pode estender-se ao interior da peça e aí sim causar danos graves. Nas ligações das vigas com as paredes é frequente existir este tipo de ataque associado a fungos.

Os orifícios de saída destes insectos são circulares e com um diâmetro que vai desde os 1,5 aos 4mm.



Fig. 26 – Ataque de caruncho (Arriaga [21])

Quadro 13 – Resumo das causas e consequências das patologias: Caruncho pequeno

Descrição	Causa	Extensão	Espécies atacadas	Consequências	Código
Caruncho pequeno	Humidade elevada	Localizada	Folhosas e resinosas	Superfície degradada. Perda de secção.	P.3
Caruncho pequeno associado a fungos de podridão	Humidade superior a 20%	Localizada	Folhosas e resinosas	Perda de secção. Instabilidade estrutural.	P.4

- Caruncho grande (*Hylotrupes bajulus* L.)

Este tipo de insecto ataca normalmente madeiras secas, com uma humidade entre os 10 e 14%, por isso podem normalmente ser encontrados em espaços bem ventilados. Normalmente só atacam a superfície da madeira não originando problemas graves. Os ataques estendem-se longitudinalmente pelas peças. Os orifícios de saída têm um diâmetro entre os 6 e 12 mm, o que facilita o seu reconhecimento.



Fig. 27 - Ataque de caruncho (Arriaga [21])

Quadro 14 – Resumo das causas e consequências das patologias: Caruncho grande

Descrição	Causa	Extensão	Espécies atacadas	Consequências	Código
Caruncho grande	Madeira seca, entre 10 a 14%.	Estendem-se longitudinalmente pelas peças	Folhosas e resinosa	Superfície degradada. Perda de secção.	P.5

- Caruncho exótico (*Lyctus burnneus* Steph)

Este tipo de caruncho alimenta-se do borne de madeira de espécies folhosas. As condições óptimas para o seu ataque são uma humidade de cerca de 16% e uma temperatura de cerca de 25°C. Possui ciclos de vida pequenos comparativamente aos restantes insectos já referidos, sendo que tal facto pode originar uma rápida degradação das peças onde se encontram. Normalmente encontram-se nos pavimentos e não em elementos estruturais objecto de estudo deste trabalho.

Quando acabam a sua metamorfose abrem orifícios na madeira com um diâmetro aproximado de 1 a 2mm.



Fig. 28 - Ataque de caruncho (Arriaga [21])

Quadro 15 – Resumo das causas e consequências das patologias: Caruncho exótico

Descrição	Causa	Extensão	Espécies atacadas	Consequências	Código
Caruncho exótico	Humidade aproximada de 16% e temperatura de 25°C	Generalizada	Folhosas	Sem consequências estruturais. Ataca normalmente pavimentos.	P.6

- Gorgulho (*Pselactus spadix* H.)

O gorgulho apresenta características muito similares às do caruncho pequeno, tanto ao nível do tipo de danos causados, como das condições que propiciam o seu ataque. Atacam a madeira do borne das madeiras resinosa e folhosas quando existem ataques prévios de fungos de podridão, podendo ainda afectar o cerne. Para que se dê o ataque necessitam de humidades iguais ou superiores a 20%. Os danos causados por estes insectos podem ser graves, pois quando estes existem estão sempre associados a fungos de podridão.

Os orifícios de saída deste insecto são de forma circular e com um diâmetro aproximado de 1 a 2mm.

Quadro 16 – Resumo das causas e consequências das patologias: Gorgulho

Descrição	Causa	Extensão	Espécies atacadas	Consequências	Código
Gorgulho	Humidade superior a 20%	Localizada	Resinosas e folhosas	Perda de secção. Instabilidade estrutural.	P.7

#### 4.1.2.3. Insectos sociais

Os insectos sociais são agrupamentos de indivíduos incapazes de viver solitariamente, que obedecem a uma ordem social, desempenham diferentes cargos e funções dentro de uma colónia.

Neste subcapítulo ir-se-á perceber de forma bastante resumida o funcionamento destas sociedades e forma como esse funcionamento afecta a madeira existente nos edifícios. Os insectos que serão aqui estudados serão as térmitas. Embora exista uma quantidade enorme de espécies, só uma minoria é prejudicial aos edifícios, e sendo assim, apenas serão estudados aqui dois grupos de espécies: as térmitas subterrâneas e as térmitas da madeira seca.

As térmitas formam colónias onde existe uma rainha que consoante as necessidades da sua colónia pode produzir indivíduos morfologicamente distintos:

- Indivíduos sexuais que têm como missão aumentar a população da colónia, podendo abandonar a mesma e criar uma nova;
- Soldados que têm como missão defender a colónia;
- Obreiros, que realizam todo o tipo de trabalho, desde ir buscar alimento, alimentar os outros membros da colónia, cuidar da rainha e construir, reparar e limpar o ninho; Estes são os responsáveis pela degradação das peças de madeira.

Como já foi referido anteriormente, é importante distinguir entre dois grupos de térmitas, pois estas atacam sob circunstâncias diferentes:

- Térmitas subterrâneas

Esta espécie de térmitas tem o seu ninho no solo, normalmente fora dos edifícios, entrando neste pelo solo ou aproveitando zonas húmidas das paredes. Uma vez dentro dos edifícios podem interromper a ligação com o ninho principal, formando assim uma nova colónia.

A acção destes insectos depende muito da temperatura, da humidade da madeira e da humidade do ar, sendo que a temperatura óptima para a sua actuação é de cerca de 30°C e a humidade relativa do ar de cerca de 95 a 100%, podendo no entanto sobreviver com temperaturas e humidades mais baixas.

Atacam a madeira formando galerias no seu interior, não atacando a camada superficial, o que pode dificultar a sua detecção. A rapidez do trabalho das térmitas depende muito da humidade, da temperatura, e do tamanho da colónia. Embora esta espécie tenha um crescimento muito rápido, podendo existir colónias bastante numerosas, normalmente são necessários vários anos para estes seres produzirem danos graves nas estruturas. No entanto existem casos (Arriaga [21]) em que apenas 2 a 3 anos foram suficientes para causar graves estragos.

A degradação relativamente lenta das vigas não permite detectar a sua deterioração até que a perda de secção seja suficiente para causar acentuadas deformações por flexão. (Arriaga [21])



Fig. 29 - Ataque de térmitas (Arriaga [21])

Quadro 17 – Resumo das causas e consequências das patologias: Térmitas subterrâneas

Descrição	Causa	Extensão	Espécies atacadas	Consequências	Código
Térmitas subterrâneas	Temperatura e humidade relativa do ar elevadas	Generalizada	Resinosas e folhosas	Perda de secção. Instabilidade estrutural a médio e longo prazo	P.8

- Térmitas da madeira seca

Esta espécie forma os seus ninhos no interior dos edifícios em madeiras secas com humidades inferiores a 15%.

O ataque destas térmitas é em tudo semelhante às do ponto anterior. Contudo esta espécie è menos prejudicial, pois forma colónias bastante mais pequenas, o que consequentemente diminui o risco de ocorrência de degradações importantes. (Arriaga [21])

Quadro 18 – Resumo das causas e consequências das patologias: Térmitas da madeira seca

Descrição	Causa	Extensão	Espécies atacadas	Consequências	Código
Térmitas da madeira seca	Humidade da madeira inferior a 15%	Generalizada	Resinosas e folhosas	Perda de secção. Instabilidade estrutural após longo período de ataque.	P.9

#### 4.1.3. AGENTES ATMOSFÉRICOS

Os principais agentes atmosféricos que causam a degradação da madeira são o sol e chuva. Como é fácil perceber estes agentes muito dificilmente degradam as ligações entre pavimentos e paredes pois estas encontram-se no interior dos edifícios. Por esse motivo a degradação causada por agentes atmosféricos não será detalhada.

É importante apenas referir que a chuva pode ser indirectamente responsável pela degradação das entregas dos vigamentos nas paredes. Se a parede exterior absorver as águas das chuvas, esta pode ser absorvida pela cabeça do vigamento, o que pode originar degradação biológica.

#### 4.1.4. AGENTES QUÍMICOS

Geralmente a acção de produtos químicos sobre a madeira traduzem-se apenas em simples alterações de cor. A madeira é bastante resistente aos agentes químicos, mas pode sofrer alterações pela acção de ácidos e bases fortes e inclusive alguns detergentes.

Os ataques não são normalmente graves, com a excepção dos ataques alcalinos. Em ambiente alcalino a madeira pode alterar-se e perder capacidade resistente. (Arriga [21])

Quadro 19 – Resumo das causas e consequências das patologias: Ataque de agentes químicos

Descrição	Consequências	Código
Ataque de agentes químicos.	Perda de capacidade resistente. Simples alteração de cor	P.10

#### 4.1.5. FOGO

Após a ocorrência de um fogo num edifício, seja ele um edifício com maior ou menor valor patrimonial, é necessário intervir nesse edifício.

Embora a madeira seja um material bastante resistente ao fogo, este origina perda se secção.

Segundo (Arriga [21]) existe uma relação linear entre a profundidade carbonizada e o tempo de exposição ao fogo, essa relação chama-se velocidade de carbonização. Essa velocidade é de cerca de 0,67 mm/min em espécies resinosas e de 0,54 mm/min em espécies folhosas.

Assim o grau de deterioração de uma peça de madeira carbonizada está directamente relacionado com o tempo a que esta esteve exposta ao fogo.

No caso específico das ligações entre pavimentos e paredes é necessário ser mais cauteloso quando existem peças metálicas ligadas à madeira como é o caso dos ferrolhos. Esses elementos metálicos conduzem o calor, podendo fazer com que a degradação seja mais profunda nessas zonas.

É necessário ter também em consideração que se decorreu vários meses após o incêndio podem existir para além da degradação causada pela próprio fogo, fungos de podridão, que se desenvolvem devido ao elevado grau de humidade causado pela extinção do incêndio ou mesmo pela entrada de água por uma cobertura danificada.

Os danos causados por um incêndio são normalmente graves e originam graves problemas estruturais globais. Devido a este facto as intervenções que são necessárias realizar numa situação como esta são profundas, e exigem a utilização de técnicas mais elaboradas do que nos casos anteriormente referidos. Assim, embora esta situação esteja referenciada como “patologia”, quando se pretende escolher a solução de intervenção utilizando a metodologia que será mais à frente descrita, deve-se considerar as soluções que têm como objectivo o incremento da segurança ou o novo uso, isto independentemente da tipologia do edifício.

Quadro 20 – Resumo das causas e consequências das patologias: Fogo

Descrição	Consequências	Código
Fogo	Perda de secção Graves problemas estruturais.	P.11

#### 4.1.6. DEFICIENTE CONCEPÇÃO OU USO ESTRUTURAL

Uma das razões que podem originar a necessidade de intervenção num edifício é a sua deficiente concepção, ou mesmo o deficiente uso estrutural.

De um modo geral podem-se apontar como razões da deterioração em edifícios antigos os seguintes factores (Arriaga [21]):

- Secção insuficiente e deficiente uso estrutural – Alterações significativas no edifício podem originar degradações, seja pelo aumento das cargas em relação às de dimensionamento ou por intervenções descuidadas;
- Deformações elevadas devido ao efeito da fluência – em peças que foram colocadas verdes, o que pode a longo prazo originar a rotura da peça;
- Defeitos locais – Nós;
- Fendas de secagem;
- Fio inclinado em relação ao eixo.

Sendo razões bastante distintas serão tratadas de forma individual, expondo de forma simples e clara as características de cada uma.

##### 4.1.6.1. Secção insuficiente e deficiente uso estrutural

A realização de alterações aos edifícios ao longo da sua vida pode originar graves problemas. Ao longo dos anos é normal que se tente adaptar os edifícios às condições “modernas”, como por exemplo a instalação de sistemas de abastecimento de águas e drenagem de águas residuais. Outras vezes as alterações aos edifícios correspondem apenas a necessidades pontuais, como por exemplo o acrescento de um piso recuado como é típico nos edifícios portuenses. Existem ainda casos onde se verifica a eliminação de elementos construtivos importantes ou acrescento de outros.

Alterações como as que foram referidas, não eram na maioria das vezes cuidadas, e não tinham em consideração os efeitos negativos que poderiam trazer para o edifício. Assim, pode-se constatar em muitos casos que devido a alterações deste género verifica-se um aumento de cargas, o que faz com que as secções existentes não sejam suficientes.

A secção insuficiente provoca uma deformação excessiva, o que pode originar graves problemas globais. Ao nível das ligações dos pavimentos com as paredes o problema pode ser bastante grave se existir qualquer tipo de patologia associada que enfraqueça ainda mais a zona de ligação. (Arriaga [21])





Fig. 30 – Degradação causada pela instalação de tubos de drenagem. (Dias [18])



Fig. 31 – Degradação causada devido à construção de lajeta de betão. (Dias [18])

Quadro 21 – Resumo das causas e consequências das patologias: Secção Insuficiente

Descrição	Causa	Consequências	Código
Secção insuficiente	Alterações feitas ao longo da vida do edifício	Deformações excessivas das peças de madeira. Problemas estruturais globais.	P.12

#### 4.1.6.2. Deformações elevadas devido ao efeito da fluência

As deformações numa estrutura antiga de madeira podem ser devidas não só ao aumento da carga como também à fluência. Este efeito dá-se quando as peças foram colocadas ainda verdes.

A resistência da madeira depende da duração das cargas, sendo que resiste mais a uma carga de breve duração, do que a uma de duração elevada. Este facto leva a que a deformação continuada da peça por efeitos de fluência possa levar a uma eventual rotura a longo prazo. Segundo (Arriaga [21]), em alguns casos esta falha pode dar-se depois de 60 anos de serviço.



Fig. 32 – Viga de pavimento excessivamente deformada [31]

Quadro 22 – Resumo das causas e consequências das patologias: Deformação elevada devido a fluência

Descrição	Causa	Consequências	Código
Deformação elevada devido a fluência	As peças foram colocadas ainda verdes	Deformações excessivas das peças de madeira. Possível rotura a longo prazo.	P.13

#### 4.1.6.3. Nós

Os “Nós” são imperfeições na madeira. A sua existência em elementos de edifícios antigos não é preocupante. Embora diminuam a resistência das peças, só se verificaria um efeito negativo no edifício caso existam muitas peças com tais defeitos, o que não é usual.

É possível encontrar num conjunto em bom estado um ou outra peça que apresenta deformações apreciáveis. Tal facto pode eventualmente dever-se à existência de um grande quantidade de nós nas peças deformadas. Não é contudo um factor que isoladamente possa causar graves problemas estruturais. (Dias [18])



Fig. 33 – Nós em vigas de pavimentos. (Dias [18])

Quadro 23 – Resumo das causas e consequências das patologias: Nós

Descrição	Consequências	Código
Nós	Sem consequências graves a nível estrutural	P.14

## 4.2. INCREMENTO DA SEGURANÇA

O incremento da segurança em edifícios antigos é uma situação que se poderia considerar interligada com a deficiente concepção ou uso do edifício, ou com a necessidade de um novo uso. No entanto no capítulo 5 consideram-se casos particulares, onde tais situações não decorrem, e a necessidade de reforço advém simplesmente do facto de se querer aumentar a resistência global do edifício como meio de aumentar a segurança ou conforto dos habitantes ou utilizadores do edifício. Um caso prático será por exemplo um pavimento que embora seguro, com a utilização que lhe é dada, deforma-se de forma perceptível, causando com isso desconforto. Poderá então haver necessidade de reforço estrutural e consequente aumento da segurança com vista a resolver o problema.

Quadro 24 – Necessidades de intervenção: Incremento da segurança

Descrição	Código
Incremento da segurança	P.15

## 4.3. NOVO USO

Até agora têm-se referido casos que são usuais serem as causas de intervenção em edifícios de elevado valor patrimonial, e que consequentemente originam soluções de intervenção mais conservadoras.

Embora todas as origens de necessidade de intervenção referidas possam ocorrer também em edifícios habitacionais, a verdade é que as intervenções nos mesmos são na sua maioria originadas pela

necessidade de novos usos e de dotar esses edifícios de condições de habitabilidade consideradas aceitáveis pela sociedade.

Já foi referido anteriormente que as intervenções que têm como base um novo uso do edifício são bastante complexas e que, nesses casos o respeito pelas soluções tradicionais é difícil. Assim na maioria destes casos, independentemente das patologias existentes são adoptadas técnicas e soluções modernas.

Poderia ser feita uma lista extensa das necessidades que um novo uso originam de forma a tentar relacionar estas com diferentes soluções de intervenção. Contudo pensa-se não ser necessário, visto que embora sejam necessidades bastantes diferentes, a verdade é que dificilmente alguma delas é satisfeita em edifícios antigos mesmo bem conservados, o que leva invariavelmente à intervenção nos mesmos. Ao mesmo tempo sabe-se que o cumprimento de tais necessidades obriga a intervenções importantes, e que a manutenção das soluções tradicionais é difícil.

Ao nível dos pavimentos e suas ligações, a situação não é diferente. As soluções de intervenção são na sua maioria novas, utilizando técnicas e materiais modernos.

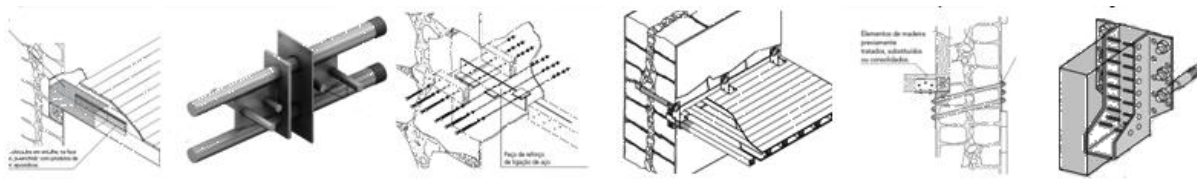
Quadro 25 – Necessidades de intervenção: Novo uso

Descrição	Consequências	Código
Novo Uso	Necessidade de grandes intervenções	P.16



## 5

## SOLUÇÕES DE INTERVENÇÃO EM LIGAÇÕES PAVIMENTO/PAREDES



## 5.1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo identificam-se diferentes soluções de intervenção que visam o restauro/reabilitação das ligações entre paredes e pavimentos em edifícios antigos, bem como as soluções que se utilizam quando se pretende reconstruir totalmente os pavimentos.

De modo a facilitar o tratamento das várias soluções que serão abordadas, torna-se desde já necessário agrupar algumas técnicas de intervenção que apresentam semelhanças ao nível dos materiais e técnicas utilizadas.

Em “Intervencion en Estructuras de Madera” (Arriaga [21]) agrupa várias soluções segundo o tipo de técnica construtiva utilizada:

- Fixação ou introdução de um novo elemento na parede para apoio do vigamento;
- Introdução de novos elementos de madeira;
- Introdução de novos elementos metálicos;
- Introdução de colas epoxidicas com peças metálicas ou materiais compósitos.

Esta classificação, é na opinião do autor a forma mais simples de agrupar as várias soluções interventivas e será, por isso, a classificação utilizada. Contudo esta classificação não abrange todas as soluções de intervenção possíveis, sendo vocacionada para intervenções de restauro e reabilitação onde o aproveitamento de estruturas pré-existentes é significativo. Torna-se então necessário criar outras categorias que cubram os casos onde o pavimento é completamente reconstruído, não havendo aproveitamento das estruturas pré-existentes. Assim é preciso saber quais as soluções de reconstrução de pavimentos mais utilizadas, de forma a ser possível agrupar as várias técnicas de ligação utilizadas em cada situação.

Quando se reconstrói um pavimento na reabilitação de um edifício antigo normalmente opta-se por uma das soluções:

- Pavimento em madeira;
- Pavimento misto madeira/betão;
- Pavimento misto aço/betão.

Serão então criados dois grandes grupos, as intervenções onde se mantém a estrutura dos pavimentos pré-existentes e as intervenções onde existe reconstrução total dos pavimentos. Dentro de cada grupo serão criadas categorias que reúnem soluções de intervenção que utilizam técnicas construtivas idênticas.

É possível que existam soluções que não se encaixem dentro de nenhuma subcategoria, sendo assim necessário criar dentro de cada um dos grupos uma subcategoria, que será no grupo das “Técnicas de consolidação e reforço” denominada “Outras Técnicas” e no grupo da “Reconstrução de pavimentos” denominada “Outras Soluções”.

Apresenta-se de seguida o quadro que servirá de referência na classificação das várias soluções (a sigla T significa “técnica”).

Quadro 26 – Agrupamento das técnicas de intervenção no restauro/reabilitação das ligações entre pavimentos e paredes em edifícios antigos e soluções de reconstrução total de pavimentos

		Código
Técnicas de consolidação e reforço	Fixação ou introdução de um novo elemento na parede para apoio do vigamento	T.1
	Introdução de novos elementos de madeira	T.2
	Introdução de novos elementos metálicos	T.3
	Introdução de colas epoxidicas com peças metálicas ou materiais compósitos.	T.4
	Outras técnicas	T.5
Soluções de reconstrução de pavimentos	Pavimento em madeira	T.6
	Pavimento misto madeira/betão	T.7
	Pavimento misto aço/betão	T.8
	Outras soluções	T.9

O objectivo deste trabalho assenta essencialmente na criação de uma base de consulta sistemática que permita de forma fácil encontrar uma solução de intervenção, tendo por base certas condicionantes como:

- A tipologia do edifício, isto é, caso se trate de um edifício de elevado valor patrimonial como monumentos, edifícios residenciais e edifícios de serviço.
- As origens das necessidades de intervenção, ou seja, as patologias existentes, o incremento global da segurança e adaptação a um novo uso.

Será necessário classificar as várias soluções que serão apresentadas de forma a ser fácil relacionar as condicionantes apresentadas e as soluções passíveis de serem implementadas. Assim, após a apresentação de cada solução de restauro/reabilitação, com aproveitamento das estruturas pré-existentes, estas serão classificadas com base:

- No nível de intrusão, podendo essas soluções serem classificadas com níveis de intrusão elevados, médios ou baixos (Quadro 8).
- No tipo de solução de intervenção escolhida, conforme a classificação já referida no ponto 2.6 deste trabalho, isto é, caso se trata de um restauro integral, de um restauro com modernização,

de um reabilitação fiel ao original, ou uma reabilitação com substituição integral ou parcial da solução (Quadro 7).

- Vantagens e inconvenientes de cada solução.

Relativamente às soluções onde existe reconstrução total do pavimento parte-se do pressuposto que as origens das necessidades de intervenção são um novo uso ou reforço da segurança e que a conservação do património é o factor com menos peso. Contudo é necessário criar uma distinção entre as várias soluções. Partindo do princípio que todas elas garantem eficazmente as exigências estruturais e de desempenho, os únicos factores diferenciadores serão a conservação do aspecto e dos materiais tradicionais (Quadro 27) e o nível de intrusão (Quadro 8). É importante referir que todas as soluções em que não há aproveitamento do pavimento pré-existente estão associadas à classificação de reabilitação com substituição integral ou parcial (SI.4).

Quadro 27 – Classificação das soluções onde não há aproveitamento do pavimento pré-existente

Aspecto final da solução	Código
Solução idêntica à original, com utilização de materiais tradicionais	SI.4_1
Solução mista que utiliza alguns materiais tradicionais	SI.4_2
Solução que utiliza apenas materiais modernos	SI.4_3

Com estes dados é possível apresentar as principais características de cada solução em tabelas síntese que são apresentadas no final da descrição das mesmas. Nessas tabelas, consta também o código de referência de cada solução.

## 5.2. FIXAÇÃO OU INTRODUÇÃO DE UM NOVO ELEMENTO NA PAREDE PARA APOIO DO VIGAMENTO

### 5.2.1. INTRODUÇÃO DE UM FRECHAL DE MADEIRA APOIADO EM CACHORROS

Esta solução consiste na introdução de cachorros de pedra no qual apoia um frechal, que por sua vez suporta as vigas de pavimento. É uma solução que era frequentemente utilizada em reabilitações antigas, quando existiam danos de fungos de podridão nas entregas das vigas (Arriaga [21]). Tem como principal vantagem a recuperação da capacidade resistente da viga, pois a área que se apresenta degradada, embora presente, não é estruturalmente solicitada. Como principais desvantagens, pode-se referir que esta solução provoca esforços de flexão no muro, pois a carga é excêntrica em relação ao mesmo. Refere-se também a difícil execução técnica, pois não é fácil abrir um nicho com grande profundidade na parede de alvenaria e posteriormente solidarizar o cachorro à mesma.

É importante referir que juntamente com a aplicação desta solução, torna-se indispensável resolver os problemas que estão na origem, das patologias existentes. Se tal não acontecer, a degradação pode estender-se, podendo inclusive afectar o novo frechal, danificando-o e causando consequentemente novos problemas estruturais (Arriaga [21]).

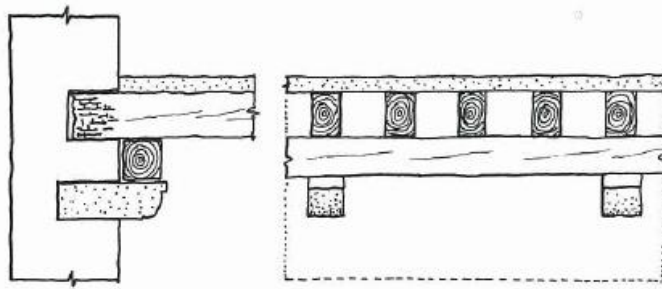


Fig. 34 – Frechal de madeira apoiado em cachorros de pedra (Arriaga [21])

Quadro 28 – Quadro resumo da solução: Frechal de madeira apoiado em cachorros de pedra

Definição da solução	Nível de intrusão	Tipologia de solução	Desvantagens	Vantagens	Código da solução
Frechal de madeira apoiado em cachorros de pedra	NI.3	SI.1	Flexão na parede Nível de intrusão elevado Difícil execução	Recuperação da capacidade de carga	1_T.1 NI.3_SI.1

### 5.2.2. INTRODUÇÃO DE CANTONEIRA METÁLICA FIXADA À PAREDE

Esta solução consiste na fixação de uma cantoneira metálica ao longo da parede por intermédio de parafusos. As ligações pré-existentes (sejam elas quais forem) são mantidas, contudo é necessário averiguar o seu estado de conservação, procedendo com o tratamento de patologias caso se verifique necessário.

É uma solução de rápida e fácil execução, que consegue aumentar a capacidade de carga das ligações, distribuindo os esforços por uma superfície maior. Contudo são necessárias medidas complementares que garantam o bom funcionamento da mesma. É necessário realizar a regularização da parede onde é encostada a cantoneira, e averiguar a profundidade a que os parafusos são fixados bem como o seu sistema de fixação. Só assim será possível garantir uma eficiente transmissão de esforços, não causando danos na parede.

Apesar de utilizar técnicas e materiais modernos possui um grau de intrusividade reduzido

Como principal inconveniente refere-se novamente o facto de a carga ser excêntrica em relação à parede, o que pode originar esforços de flexão na parede.

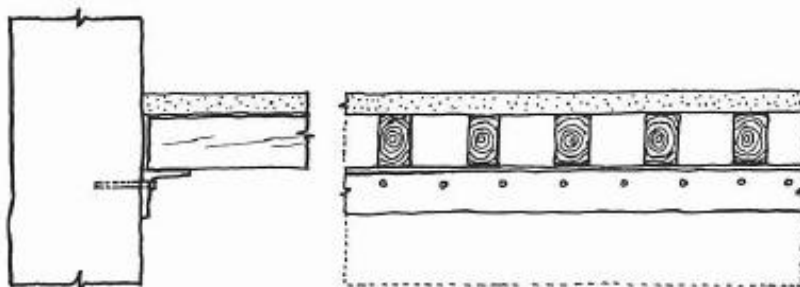


Fig. 35 – Cantoneira metálica fixada à parede (Arriaga [21])



Quadro 29 – Quadro resumo da solução: Cantoneira metálica fixada à parede

Definição da solução	Nível de intrusão	Tipologia de solução	Desvantagens	Vantagens	Código da solução
Cantoneira metálica fixada à parede	NI.2	SI.2	Flexão na parede	Recuperação da capacidade de carga	2_T.1 NI.2_SI.2

### 5.2.3. FRECHAL DE BETÃO ARMADO

Esta solução consiste na realização de uma viga de betão armado embutido na parede resistente e que faz no fundo o papel de um frechal. Segundo (Dias [18]), embora esta solução esteja referenciada na bibliografia, não é uma solução conveniente, isto porque o comportamento do betão é muito distinto do elemento envolvente, a parede de alvenaria de pedra, o que pode resultar na incompatibilidade de materiais.

Segundo (Dias [18]), dependendo da configuração da viga de betão, esta pode transmitir cargas excêntricas em relação ao eixo da parede, originando esforços de flexão que podem ser graves pois a parede encontra-se fragilizada pela realização do roço onde se insere a viga de betão armado.

Do ponto de vista estético trata-se também de uma solução fraca, pois o betão cria uma dissonância com materiais tradicionais antigos. Para além disso, é de execução técnica difícil, pois torna-se complicado betonar o elemento correctamente, garantindo uma boa superfície de apoio à viga, sem retirar a mesma.

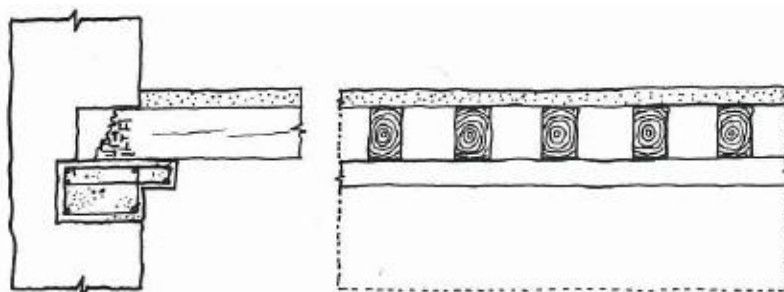


Fig. 36 – Frechal de betão armado (Arriaga) [21]

Quadro 30 – Quadro resumo da solução: Frecha de betão armado

Definição da solução	Nível de intrusão	Tipologia de solução	Desvantagens	Vantagens	Código da solução
Frechal de betão armado	NI.3	SI.4	Incompatibilidade de materiais Flexão na parede. Grau de intrusão muito elevado	Recuperação da capacidade de carga	3_T.1 NI.3_SI.4

### 5.3. INTRODUÇÃO DE NOVOS ELEMENTOS DE MADEIRA

A introdução de novos elementos de madeira de forma a reabilitar as estruturas existentes, é uma solução que segundo (Dias [18]), é muito utilizada, isto devido à variedade de técnicas que podem ser empregues, adaptando-as a diferentes situações, o que é bastante importante na reabilitação de edifícios antigos. Existem soluções mais cuidadas, que visam o restauro dos elementos de ligação, mantendo o aspecto tradicional, e outras soluções que podem ser consideradas como medidas de emergência, que embora menos cuidadas do ponto de vista estético cumprem correctamente a sua função estrutural.

Serão tratados três casos distintos, o acoplamento de novas peças de madeira às antigas, a substituição de troços degradados de vigas utilizando ligadores metálicos e de madeira, e substituição de troços de vigas utilizando cola na união.

#### 5.3.1. FIXAÇÃO DE NOVAS PEÇAS DE MADEIRA ÀS ANTIGAS

Esta solução é simples de ser executada. Consiste no acoplamento de novas peças de madeira de um ou dos dois lados das vigas. A união é feita através de pernos, pregos, parafusos de porca, chapas ou cintas metálicas.

Permite a recuperação da capacidade resistente das vigas, contudo é necessário ter em consideração uma série de factores que influenciam o seu bom funcionamento. Estes factores só serão aqui referenciados, pois não é o objectivo deste trabalho tratar em detalhe tais aspectos.

- É necessário ter precauções na escolha da espécie de madeira que se usará no reforço, pois esta deve possuir características semelhantes à das vigas;
- O comprimento de sobreposição deve ser suficiente de modo a permitir uma correcta transmissão de esforços;
- A disposição e protecção dos ligadores devem respeitar o EC5;
- As origens das patologias pré-existentes devem ser tratadas de modo a que a patologia não se estenda aos novos elementos.

Pode ser utilizada em situações de emergência, sendo que nesse caso, numa primeira fase, os factores acima referidos perdem importância.

Como desvantagens desta solução pode referir-se novamente o factor estético e ser de difícil aplicação a vigas cuja secção não seja rectangular.

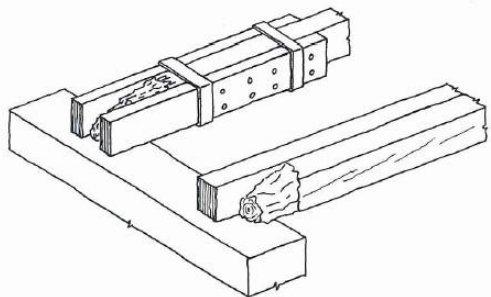


Fig. 37 – Fixação de novas peças de madeira às antigas (Arriaga [21])

Quadro 31 – Quadro resumo da solução: Fixação de novas peças de madeira às antigas

Definição da solução	Nível de intrusão	Tipologia de solução	Desvantagens	Vantagens	Código da solução
Fixação de novas peças de madeira às antigas	NI.2	SI.4	Estética da solução Aplicação limitada as secções rectangulares	Recuperação da capacidade de carga	1_T.2 NI.2_SI.4

### 5.3.2. SUBSTITUIÇÃO DE TROÇOS DEGRADADOS UTILIZANDO LIGADORES METÁLICOS E DE MADEIRA

Em “Intervencion en Estructuras de Madera” (Arriaga [21]) é feita a descrição de um trabalho de investigação efectuado por (Mettem [22]), que realizou estudos em três tipos de ligação: empalme com corte oblíquo na face lateral e espigas de madeira; empalme com corte oblíquo na face lateral e parafusos metálicos; empalme com corte oblíquo na face superior e pregos metálicos.

De forma a classificar as várias soluções, foram definidos os parâmetros de eficácia à flexão e eficácia de rigidez, sendo a eficácia, a relação entre os resultados de ensaios de flexão e rigidez obtidos nas peças reparadas e os obtidos em peças originais.

Uma das principais conclusões deste estudo, foi que com estas soluções obtinham-se eficácias de flexão bastantes reduzidas, o que impossibilita a sua utilização a meio vão, sendo por isso mais indicadas para reparar as zonas dos apoios. No entanto é realçado por (Arriaga [21]) que os ensaios realizados nestas soluções foram apenas de flexão pura, não se tendo realizado ensaios de corte a baixa flexão, que é a situação que se verifica nos apoios.

Serão a seguir apresentados os resultados da eficácia à flexão e eficácia de rigidez das três soluções bem como figuras ilustrativas das mesmas.

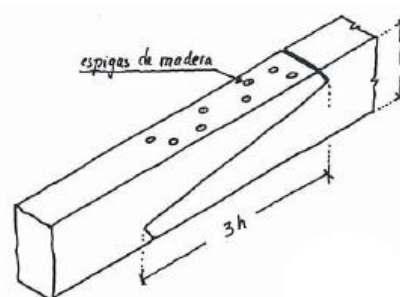


Fig. 38 – Empalme com corte oblíquo na face lateral e espigas de madeira (Arriaga [21])

Quadro 32 – Eficácia da solução esquematizada

Solução	Eficácia à flexão	Eficácia de rigidez
Empalme com corte oblíquo na face lateral e espigas de madeira	0,20	0,24

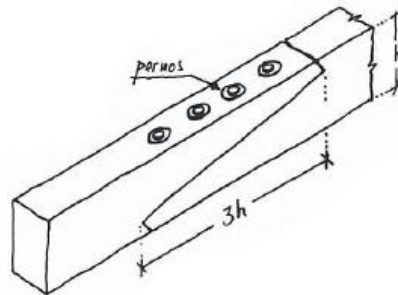


Fig. 39 – Empalme com corte oblíquo na face lateral e parafusos metálicos (Arriaga [21])

Quadro 33 – Eficácia da solução esquematizada

Solução	Eficácia à flexão	Eficácia de rigidez
Empalme com corte oblíquo na face lateral e parafusos metálicos	0,35	0,27

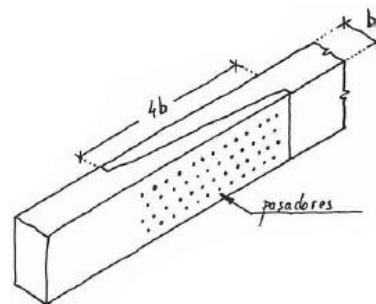


Fig. 40 – Empalme com corte oblíquo na face superior e pregos metálicos (Arriaga [21])

Quadro 34 – Eficácia da solução esquematizada

Solução	Eficácia à flexão	Eficácia de rigidez
Empalme com corte oblíquo na face superior e pregos metálicos	0,34	0,59

Embora sejam soluções distintas, todas apresentam as mesmas vantagens e desvantagens, e sendo assim serão tratadas como uma única solução, cabendo ao leitor decidir qual a solução que mais se adequa ao caso particular a que vai ser aplicada.

Todas as soluções apresentam eficácias baixas, o que é um entrave quando se pretende escolher-las como solução de reabilitação, podem apenas ser utilizadas em situações onde existem esforços reduzidos ou são adoptadas simultaneamente outras soluções que visem o reforço. Outro entrave à sua utilização é a não existência de ensaios quanto ao comportamento ao corte destas soluções, a necessidade de mão-de-obra especializada para a realização das mesmas e a sua difícil aplicabilidade em vigas de secção circular.

Como principais vantagens refere-se a continuidade do aspecto visual da solução.

Quadro 35 – Quadro resumo das soluções: Substituição de troços degradados utilizando ligadores metálicos e de madeira

Definição da solução	Nível de intrusão	Tipologia de solução	Desvantagens	Vantagens	Código da solução
Substituição de troços degradados utilizando ligadores metálicos e de madeira	NI.2	SI.2	Baixa eficácia Necessidade de mão-de-obra especializada. Aplicação limitada às secções rectangulares	Aspecto visual igual ao antigo	2_T.2 NI.2_SI.2

### 5.3.3. SUBSTITUIÇÃO DE TROÇOS DEGRADADOS DE VIGAS UTILIZANDO COLAS NA UNIÃO

Em “Intervencion en Estructuras de Madera” (Arriaga [21]) é também referenciado o trabalho de investigação de (Landa [23] e [24]), que analisa três soluções de substituição de troços degradados de vigas, utilizando nas uniões colas e cavilhas de madeira. Foram estudadas três soluções distintas: empalme colado com caixa e espiga recta; empalme colado com corte oblíquo na face lateral; empalme colado com corte oblíquo na face superior.

Da mesma forma que nas soluções anteriores, de forma a classificar as várias soluções, foram utilizados os parâmetros eficácia à flexão e eficácia de rigidez.

Neste estudo as eficácias obtidas foram superiores em comparação com as soluções anteriores, obtiveram-se em alguns casos resultados na ordem da unidade.

Ao referenciar este estudo (Arriaga [21]), não refere quais os ensaios que foram realizados nestes casos, não se sabendo assim se foram realizados os importantes ensaios de corte com flexão reduzida.

Apresenta-se de seguida os resultados da eficácia à flexão e eficácia de rigidez das três soluções bem como figuras ilustrativas das mesmas.

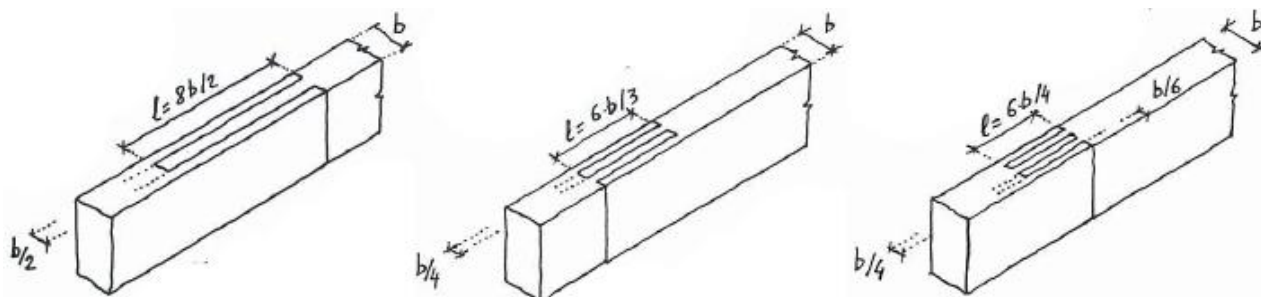


Fig. 41 – Empalme colado com caixa e espiga recta (Arriaga [21])

Quadro 36 – Eficácia da solução esquematizada

Solução	Eficácia à flexão	Eficácia de rigidez
Empalme colado com caixa e espiga recta	0,50	0,60

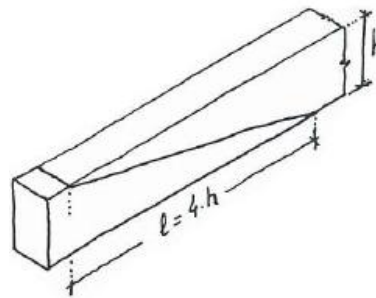


Fig. 42 – Empalme colado com corte oblíquo na face lateral (Arriaga [21])

Quadro 37 – Eficácia da solução esquematizada

Solução	Eficácia à flexão	Eficácia de rigidez
Empalme colado com corte oblíquo na face lateral	0,85	0,90

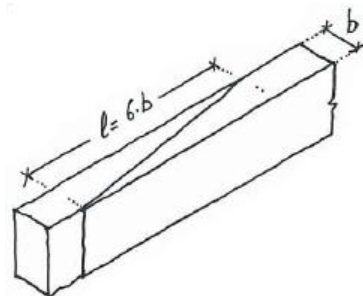


Fig. 43 – Empalme colado com corte oblíquo na face superior (Arriaga [21])

Quadro 38 – Eficácia da solução esquematizada

Solução	Eficácia à flexão	Eficácia de rigidez
Empalme colado com corte oblíquo na face superior	1,00	1,00

É importante referir que os resultados das últimas duas soluções têm em conta a utilização de cavilhas de madeira dura de forma a reforçar a ligação. O uso destas cavilhas é muito importante para a obtenção de bons resultados. A título de exemplo, na segunda solução (empalme com corte oblíquo na face lateral), a não utilização das cavilhas reduz a eficácia à flexão até ao valor de 0,27.

Embora não seja objectivo deste trabalho o estudo pormenorizado dos métodos de execução das soluções de reabilitação apresentadas, pensa-se ser necessário referir a importância das colagens neste tipo de uniões. Os procedimentos de colagem devem ter em consideração todas as precauções necessárias à sua boa execução, como temperatura, pressão, entre outras. Isto de forma a garantir a obtenção dos resultados apresentados.

Mais uma vez, embora sejam soluções distintas, todas apresentam as mesmas vantagens e desvantagens, e sendo assim serão tratadas como uma única solução, cabendo ao leitor decidir qual a solução que mais se adequa ao caso particular a que vai ser aplicada.

Todas as soluções apresentam eficácias razoáveis, especialmente os dois últimos casos, o que aliado ao facto de se conseguir manter o aspecto visual antigo, é muito positivo. Como principais desvantagens pode-se referir o facto de serem soluções que necessitam de mão-de-obra especializada, bem como serem de difícil aplicação em vigas de secção circular.

Quadro 39 – Quadro resumo das soluções: Substituição de troços degradados utilizando colas na união

Definição da solução	Nível de intrusão	Tipologia de solução	Desvantagens	Vantagens	Código da solução
Substituição de troços degradados utilizando colas na união	NI.2	SI.2	Necessidade de mão-de-obra especializada Aplicação limitada às secções rectangulares	Aspecto visual igual ao antigo	3_T.2 NI.2_SI.2

#### 5.4. INTRODUÇÃO DE NOVOS ELEMENTOS METÁLICOS

A introdução de elementos metálicos como forma de reforço das entregas das vigas, é uma solução bastante utilizada, podendo apresentar resultados finais distintos consoante as técnicas utilizadas. Segundo (Arriaga [21]), são normalmente utilizadas em situações onde a manutenção da solução antiga é pouco relevante ou situações de emergência, e segundo (Dias [18]), com recurso a soluções tecnicamente mais complexas e cuidadas, em situações mais correntes, referindo inclusive que as características dos elementos metálicos, são um precioso auxílio no reforço dos pavimentos antigos, “permitindo aumentar a sua resistência e rigidez, e melhorar os níveis de conforto na utilização”.

Serão tratadas três tipos de soluções, que se enquadraram nas diferentes perspectivas acima referidas. Uma pela sua simplicidade mas eficácia elevada, são adequadas a situações de emergência ou menor brio da solução final, outras devido à sua dificuldade de excussão mas também eficácia elevada, são adequadas a situações onde o aspecto visual antigo, o conforto e a capacidade resistente, assumem uma grande importância.

As três soluções apresentadas serão: fixação de peças metálicas à madeira antiga; introdução de elementos metálicos no interior da secção da viga; reforço por colocação de perfis metálicos sob as vigas.

##### 5.4.1. FIXAÇÃO DE PEÇAS METÁLICAS À MADEIRA ANTIGA

Esta solução consiste na fixação de perfis metálicos nas faces laterais das vigas. A fixação é feita na parte sã da viga com recurso a pernos ou parafusos de porca. Com isto tenta-se transferir o esforço da zona degradada para os perfis metálicos. Segundo (Arriaga [21]) o comprimento de sobreposição do perfil sobre a madeira sã deve ser na ordem dos 50 a 80 cm, de forma a garantir uma melhor solidarização das peças.

Os principais inconvenientes desta solução são, a sua difícil aplicação em vigas de secção não rectangular e tratar-se de uma solução com baixa rigidez, pois os elementos metálicos para entrarem em carga necessitam de sofrer deformações consideráveis, podendo este facto originar deformações que não ocorreriam com a solução original. Outra desvantagem é o impacto visual já várias vezes referido.

A principal vantagem desta solução é o acréscimo de capacidade de carga em relação à solução original, embora esse acréscimo seja de difícil quantificação.

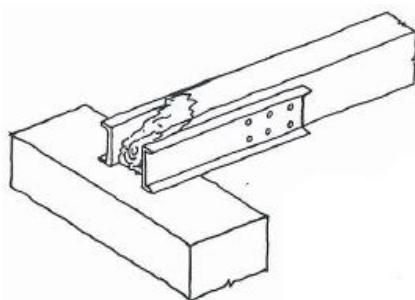


Fig. 44 – Fixação de peças metálicas à madeira antiga (Arriaga [21])

Quadro 40 – Quadro resumo da solução: Fixação de peças metálicas à madeira antiga

Definição da solução	Nível de intrusão	Tipologia de solução	Desvantagens	Vantagens	Código da solução
Fixação de peças metálicas à madeira antiga	NI.3	SI.4	Deformação da estrutura Aplicação limitada às secções rectangulares	Acréscimo de capacidade estrutural	1_T.3 NI.3_SI.4

#### 5.4.2. INTRODUÇÃO DE ELEMENTOS METÁLICOS NO INTERIOR DA SECÇÃO DA VIGA

Esta solução consiste essencialmente na introdução de um elemento de aço no interior da cabeça da viga na direcção do vigamento. A peça é presa com recurso a parafusos, e porcas (Cóias [6])

Na zona do apoio a chapa de aço deve possuir um banzo inferior, de modo a poder distribuir as cargas de uma forma uniforme, não causando esforços de corte. Do lado aposto, ou seja, na zona em contacto com a viga pré-existente, a chapa deve possuir um banzo superior, de modo a existir um melhor travamento.

Esta solução, sendo pouco intrusiva poderá conseguir aumentar a capacidade resistente da ligação, embora seja de difícil execução e necessite de mão-de-obra especializada. Mais uma vez, a aplicação desta solução é limitada a vigas de secção rectangular.



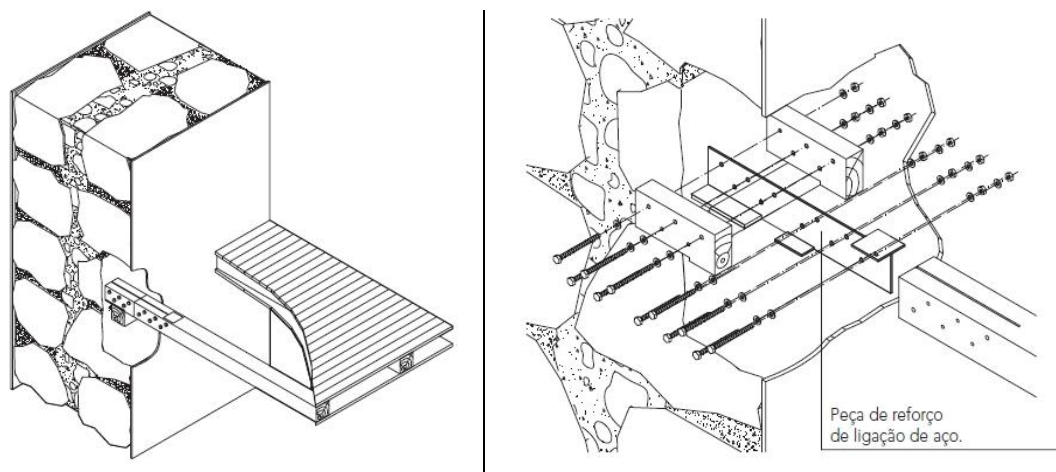


Fig. 45 – Introdução de elementos metálicos no interior da viga (Cóias [6])

Quadro 41 - Quadro resumo da solução: Introdução de elemento metálico no interior da viga

Definição da solução	Nível de intrusão	Tipologia de solução	Desvantagens	Vantagens	Código da solução
Introdução de elementos metálicos no interior das vigas	NI.2	SI.2	Necessidade de mão-de-obra especializada Aplicação limitada às secções rectangulares	Possível acréscimo de capacidade estrutura. Baixa intrusividade	2_T.3 NI.2_SI.2

#### 5.4.3. REFORÇO POR COLOCAÇÃO DE PERFIS METÁLICOS SOB AS VIGAS

Esta solução é muitas vezes utilizada em situações de emergência, onde o reforço do pavimento tem de ser imediato devido ao seu estado de degradação, não havendo tempo para estudar de forma aprofundada as condições estruturais do pavimento e consequentemente as soluções de restauro ou reabilitação convenientes.

Consiste no apoio do vigamento do pavimento em um ou mais perfis metálicos. Estes perfis são perpendiculares ao vigamento existente, podendo estar apoiados nas paredes com as quais as suas extremidades se encontram ou em perfis paralelos ao vigamento de madeira. Trata-se de uma solução bastante intrusiva, que aumenta muito a espessura do pavimento e que cria um impacto visual considerável, o que a torna numa solução de aplicação restrita a situações de emergência.

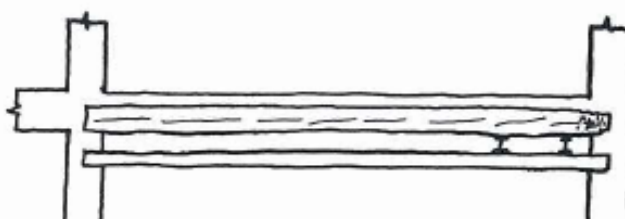


Fig. 46 – Reforço por colocação de perfis metálicos sob as vigas (Arriaga [21])

Quadro 42 – Quadro resumo da solução: Reforço com perfis metálicos

Definição da solução	Nível de intrusão	Tipologia de solução	Desvantagens	Vantagens	Código da solução
Reforço por colocação de perfis metálicos sob as vigas	NI.3	SI.4	Elevada intrusividade Estética e funcionalidade	Acréscimo de capacidade estrutural	3_T.3 NI.3_SI.4

## 5.5. INTRODUÇÃO DE COLAS EPOXIDICAS COM PEÇAS DE REFORÇO METÁLICAS OU DE MATERIAIS COMPÓSITOS

O uso da tecnologia das resinas epoxi é relativamente recente na reabilitação de edifícios. Estas técnicas consistem basicamente em embeber materiais de reforço em resinas.

As técnicas apresentam grandes vantagens devido às propriedades intrínsecas das resinas. Estas, devido ao seu estado físico, quando são aplicadas, preenchem facilmente cavidades e após endurecimento não apresentam problemas de retracção. São também aderentes a quase todos os materiais, incluindo a madeira e os materiais de reforços correntemente utilizados, como os materiais compósitos e metálicos. Isto cria uma excelente solidarização entre os diferentes materiais, o que é vantajoso pois cria ligações sólidas e fortes, permitindo que todos eles trabalhem em conjunto

Devido a estes factores é possível obter soluções finais de boa qualidade, onde se consegue recuperar ou mesmo aumentar a capacidade resistente de elementos estruturais degradados.

No caso particular das entregas das vigas, existem várias soluções que serão mais à frente detalhadas. Contudo é desde já importante referir que o resultado final de todas essas soluções apresenta uma grande vantagem em relação a outras já apresentadas neste trabalho. Essa vantagem é o facto de aliarem um impacto visual reduzido, com o facto de ser possível aumentar a capacidade resistente destas ligações. A conjugação deste dois factores tornam estas soluções óptimas na reabilitação de edifícios com grande valor histórico e/ou em situações onde é necessário aumentar a capacidade dos elementos resistentes devido a novos usos.

Neste subcapítulo serão abordadas oito soluções que utilizam a tecnologia das resinas epoxidicas na reabilitação das entregas das vigas. As oito soluções serão associadas em três grupos que apresentam as mesmas características, sendo elas: o reforço com barras; a substituição parcial das cabeças das vigas e o reforço com placas. (Arriaga [21])

### 5.5.1. REFORÇO COM BARRAS

Dentro das várias soluções que utilizam resinas epoxidicas, o reforço com barras é segundo (Arriaga [21]) a solução mais representativa. Consiste na remoção da parte degradada da viga e substituição dessa mesma zona por barras de reforço embebidas em resinas epoxidicas. As barras de reforço podem ser de materiais compostos ou metálicos.

De forma resumida pode-se descrever o processo construtivo da solução em três passos essenciais:

- i) Remoção da parte degradada da viga
- ii) Realização de furos na madeira sã, e inserção das barras de reforço
- iii) Colocação da resina

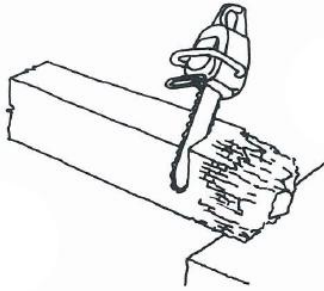


Fig. 47 – Corte da cabeça da viga (Arriaga) [21]

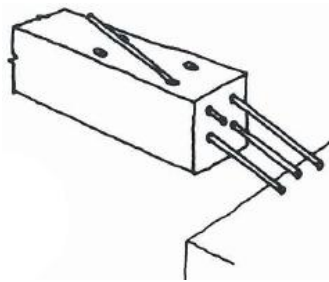


Fig. 48 – Introdução das barras de reforço (Arriaga) [21]

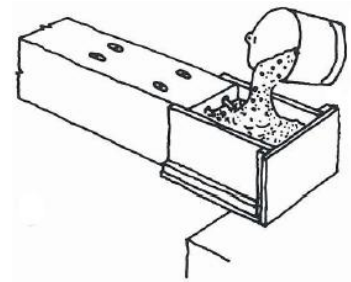


Fig. 49 – Colocação da resina (Arriaga) [21]

De modo a melhorar a ligação entre os vários materiais e a resina devem ser tomadas certas medidas, como efectuar um corte dentado quando se remove a parte degradada da viga, fazer os furos onde irão ser inseridas as barras de reforço com um diâmetro superior ao das barras, limpar a superfície das barras de reforço e preencher os furos com um resina mais fluida, de modo a esta preencher todos os espaços entre as barras de reforço e a madeira.

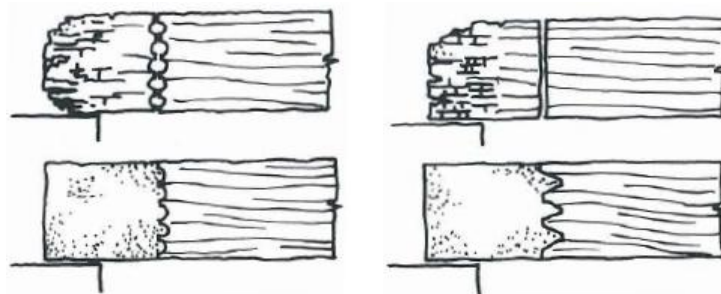


Fig. 50 – Exemplos de cortes dentados (Arriaga) [21]

Existem situações onde não é possível realizar os furos na face superior da viga. Nesses casos pode recorrer-se a uma solução ligeiramente diferente, fazendo-se os furos onde irão ser inseridas as barras de reforço nas faces laterais da viga, sendo que o restante processo construtivo é idêntico ao da solução com furos na face superior.

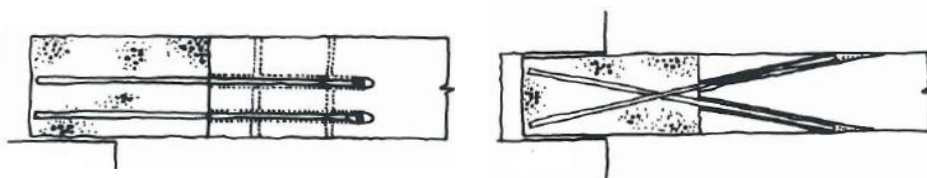


Fig. 51 – Reforço com barras em furos laterais (Arriaga) [21]

Em “Reabilitação Estrutural de Edifícios Antigos” (Cóias [6]), apresenta duas soluções semelhantes, uma em que as barras de reforço são colocadas em entalhe superior e uma segunda em que são colocadas em entalhe na face lateral. A ligação em ambos os casos é solidarizada com resinas epoxidicas, sendo que a única diferença em relação às duas soluções anteriores é a disposição das barras.

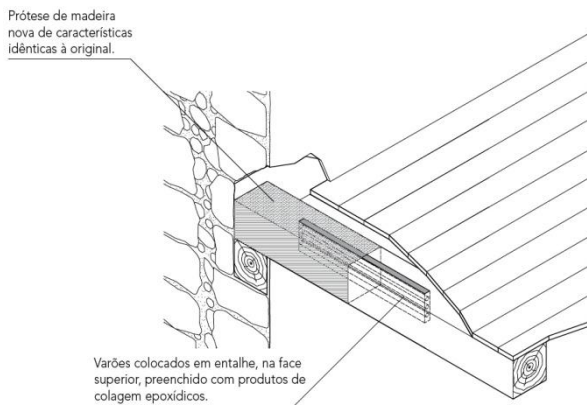


Fig. 52 - Solução com entalhe na face superior (Cóias [6])

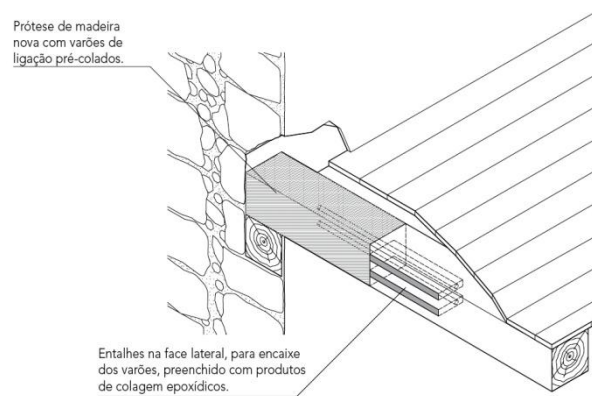


Fig. 53 - Solução com entalhe na face lateral (Cóias [6])

Podem existir casos em que a degradação das cabeças das vigas não é profunda, e ainda existe madeira sã em contacto com o apoio. Nesses casos não é necessário remover completamente a cabeça das vigas, podendo-se remover apenas a parte afectada pela patologia e posteriormente, seguindo o mesmo processo construtivo usado nas soluções anteriores, reforçar o elemento.



Fig. 54 – Reforço com barras com remoção apenas da parte degradada (Arriaga [21])

Foram apresentadas cinco soluções idênticas que apresentam as mesmas vantagens e desvantagens, sendo que como vantagens pode-se referir o aproveitamento dos materiais originais, a reduzida intrusividade e a restituição ou mesmo possível aumento da capacidade resistente das ligações. As principais desvantagens deste tipo de soluções são a necessidade de mão-de-obra especializada e a sua difícil aplicabilidade em vigas de secção circular.

Quadro 43 – Quadro resumo da solução: Reforço com barras e resinas epoxídicas

Definição da solução	Nível de intrusão	Tipologia de solução	Desvantagens	Vantagens	Código da solução
Reforço com barras e resinas epoxi	NI.2	SI.2	Necessidade de mão-de-obra especializada Difícil aplicação em vigas de secção circular	Aspecto Visual Recuperação/aumento da capacidade resistente	1_T.4 NI.2_SI.2

### 5.5.2. SUBSTITUIÇÃO DA CABEÇA DAS VIGAS

Este tipo de solução, como as anteriores, consiste na substituição das cabeças das vigas degradadas, com a diferença que em vez de se moldar blocos de resina reforçados com barras de materiais compostos ou metálicos, utilizam-se novas peças de madeira, sendo que a ligação entre a peça antiga e a nova é feita com recurso a barras de reforço e resinas. É uma solução adequada quando a degradação é extensa e é necessário substituir uma porção significativa da viga.

Em “Intervencion en estruturas de madeira” (Arriaga [21]), são apresentadas duas soluções deste tipo, sendo que o processo construtivo da primeira consiste dos seguintes passos essenciais:

- i) Remoção da parte degradada da viga
- ii) Realização dos furos para introdução das barras de reforço e para a introdução da resina
- iii) Colocação da resina

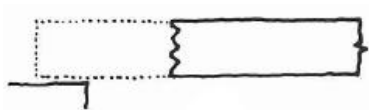


Fig. 55 – Corte da cabeça da viga (Arriaga [21])

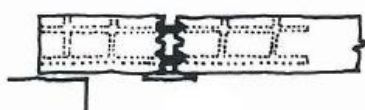


Fig. 56 – Furação, introdução das barras de reforço e enchimento (Arriaga [21])

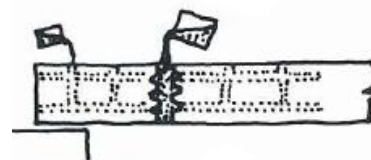


Fig. 57 – Colocação da resina (Arriaga [21])

As precauções durante a fase de execução, são as mesmas das soluções anteriores, como o corte dentado e a utilização de resina fluida para enchimento dos furos.

É possível realizar esta solução com recurso a técnicas construtivas diferentes. A variante que se segue figura no trabalho de investigação de (Mettem [22]), e consiste na realização de um empalme entre duas peças de madeira, sendo a solidarização das mesmas realizada com barras de reforço em aço e resina, que preenche toda a junta.

Como nas soluções apresentadas no ponto 5.3.2, resultado do estudo de (Mettem [22]), esta também foi classificada quanto à sua eficácia à flexão e eficácia de rigidez, tendo obtido os resultados de 0,60 e 2,38 respectivamente.

O resultado da eficácia à flexão poderia ser considerado um entrave ao uso desta solução, contudo como nos apoios os momentos são reduzidos e este factor não adquire grande importância.

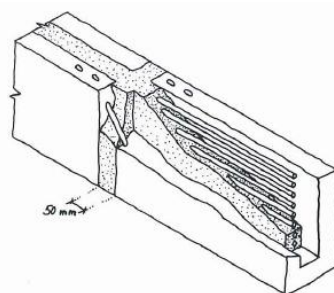


Fig. 58 – Empalme com conexão com barras de aço e resina (Arriaga [21])

Foram apresentadas duas soluções com as mesmas características, e que apresentam as mesmas vantagens e desvantagens, sendo que como vantagens pode-se referir o baixo impacto visual (mais baixo que nas soluções anteriores pois a superfície que fica à vista é de madeira) e a restituição ou mesmo possível aumento da capacidade resistente das ligações. As principais desvantagens deste tipo de soluções são a necessidade de mão-de-obra especializada e a sua difícil aplicabilidade em vigas de secção circular.

Quadro 44 – Quadro resumo da solução: Substituição parcial da cabeça das vigas

Definição da solução	Nível de intrusão	Tipologia de solução	Desvantagens	Vantagens	Código da solução
Substituição Parcial da cabeça das vigas	NI.2	SI.2	Necessidade de mão-de-obra especializada Difícil aplicação em vigas de secção circular	Aspecto Visual Recuperação/aumento da capacidade resistente	2_T.4 NI.2_SI.2

### 5.5.3. REFORÇO COM PLACAS

Uma solução menos frequente é o reforço das cabeças das vigas com o recurso a placas. O processo construtivo desta solução consiste nos seguintes passos essenciais:

- i) Remoção da parte degradada da viga
- ii) Realização de cortes (guias) na madeira sã
- iii) Inserção das placas de reforço e colocação da resina
- iv) Colocação de uma placa de apoio no muro e das peças de madeira que cobrem as placas

Os três primeiros passos são idênticos aos das soluções anteriormente referidas, não sendo necessário voltar a evidenciar as principais precauções que devem ser tidas em conta. Relativamente ao último passo é importante explicar que a colocação da placa de apoio no muro, tem como objectivo a distribuição das cargas localizadas transmitidas pelas placas de reforço, e que poderiam eventualmente provocar corte ou esmagamento do muro.

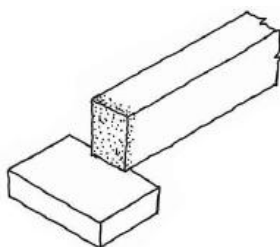


Fig. 59 – Corte da cabeça da viga (Arriaga) [21]

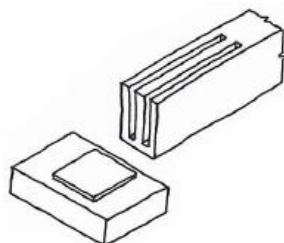


Fig. 60 – Realização das Guias(Arriaga) [21]

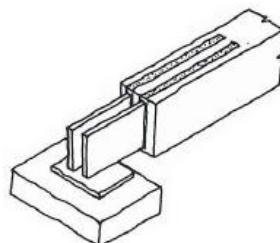


Fig. 61 – Colocação das placas (Arriaga) [21]

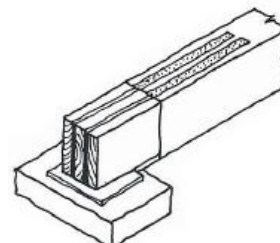


Fig. 62 – Acabamento (Arriaga) [21]

Mais uma vez obtêm-se uma solução que tem como principais vantagens o baixo impacto visual, e a restituição ou mesmo possível aumento da capacidade resistente das ligações. As principais desvantagens deste tipo de soluções são novamente a necessidade de mão-de-obra especializada e a sua difícil aplicabilidade em vigas de secção circular.

Quadro 45 – Quadro resumo da solução: Reforço com placas

Definição da solução	Nível de intrusão	Tipologia de solução	Desvantagens	Vantagens	Código da solução
Reforço com placas	NI.2	SI.2	Necessidade de mão-de-obra especializada. Difícil aplicação em vigas de secção circular.	Aspecto Visual Recuperação/aumento da capacidade resistente	3_T.4 NI.2_SI.2

## 5.6. OUTRAS TÉCNICAS

Podem existir soluções que não se enquadrem nos grupos estudados anteriormente, soluções que devido aos materiais e técnicas utilizadas podem ser consideradas singulares. Neste subcapítulo vão-se estudar algumas dessas soluções.

### 5.6.1. TRATAMENTO CURATIVO DA MADEIRA

Se o ataque biológico que dá origem à degradação existente não for significativo, e não puser em causa a estabilidade e segurança do edifício, é possível tratar os elementos degradados com recurso a tratamentos curativos físicos e químicos.

O tratamento físico pode funcionar por acção do calor, frio, microondas, ondas eléctricas, vácuo, raios x e raios y.

O tratamento químico funciona com recurso a diferentes produtos e técnicas, mas que devem todos ter em conta a eficácia, garantia e segurança dos mesmos, devendo apresentar características fundamentais como exercer acção tóxica, inibitiva ou repulsiva, em relação aos agentes biológicos, serem de fácil introdução na madeira, manter a sua acção protectora independentemente das condições do ambiente envolvente e não prejudicar as características físicas e mecânicas da madeira. Estas características fundamentais devem ser acompanhadas de outras denominadas características preferenciais, como a ausência de efeito corrosivo sobre os metais, ausência de efeitos prejudiciais ao homem e ao ambiente, ausência de cheiro e coloração, compatibilidade com outros materiais e serem menos inflamáveis que a madeira (Marques[25]).

Existe assim um leque variado de soluções de tratamento, sendo necessário perceber quais os mais eficazes para os diferentes casos de degradação biológica. No entanto o relacionamento detalhado dos diferentes agentes de degradação biológicos com as técnicas de tratamento mais eficazes seria um trabalho extenso e que se desviaria do âmbito deste trabalho. Assim fica aqui referida a importância desta relação e identificadas as principais técnicas bem com os principais agentes de degradação biológica que se encontram listados no capítulo 4.1.2.

É contudo importante referir que o tratamento das madeiras deve ser precedido de um estudo para determinar as causas do aparecimento dos agentes de degradação, de modo a que estas sejam eliminadas.

O recurso a esta técnica apresenta como principal vantagem a manutenção total dos elementos tradicionais, mantendo o aspecto tradicional. Como solução de intervenção pode-se considerar que esta solução não apresenta desvantagens intrínsecas, contudo a sua aplicação como solução isolada é escassa, pois dificilmente em situações de reabilitação de edifícios correntes a degradação é diminuta ou não existe necessidade de reforço de ligação. Pode ser contudo uma medida complementar, utilizada juntamente com uma medida de reforço.

Quadro 46 - Resumo da solução: Tratamento curativo da madeira

Definição da solução	Nível de intrusão	Tipologia de solução	Desvantagens	Vantagens	Código da solução
Tratamento curativo da madeira	NI.1	SI.1	-	Aspecto Visual	1_T.5 NI.1_SI.1

#### 5.6.2. PREGAGENS DE MANGAS INJECTADAS. SISTEMA CINTEC.

Esta solução consiste na fixação de elementos metálicos que confinam a viga no plano vertical e que por sua vez são fixados à parede com recurso a mangas injectadas com calda fluida e ligeiramente expansiva, conseguindo-se desta forma mobilizar esforços nas alvenarias.

A aplicação desta tecnologia permite isoladamente um aumento da capacidade resistente das ligações, e quando aplicada em todo o perímetro do pavimento permite um melhor comportamento global do edifício, ajudando no travamento das paredes.

A degradação dos vigamentos, deve ser praticamente inexistente ou caso exista deve ser previamente tratada. Se tal não acontecer não existirá uma correcta transferência de esforços entre a madeira os elementos metálicos e as pregagens, podendo assim não se conseguir consolidar nem tão pouco reforçar as ligações.

Como principais vantagens desta solução refere-se o aumento da capacidade resistente já referida, a sua reduzida intrusividade e facto de ser reversível. O principal inconveniente é a necessidade de mão-de-obra especializada. (Cóias [6])

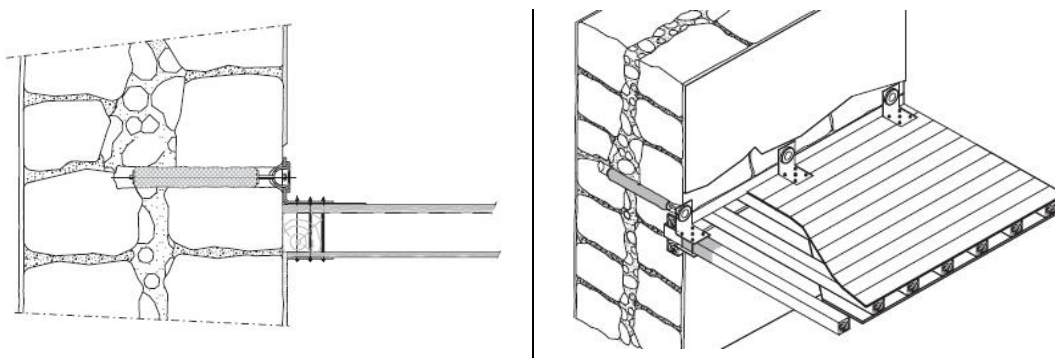


Fig. 63 – Mangas injectadas. Sistema Cintec. (Cóias [6])



Quadro 47 – Resumo da solução: Pregagem de mangas injectadas

Definição da solução	Nível de intrusão	Tipologia de solução	Desvantagens	Vantagens	Código da solução
Pregagem de mangas injectadas	NI.1	SI.2	Necessidade de mão-de-obra especializada	Aspecto Visual Recuperação/aumento da capacidade resistente	2_T.5 NI.1_SI.2

### 5.6.3. CONFINADORES METÁLICOS APERTADOS MECANICAMENTE. SISTEMA COMREHAB

Este tipo de solução é idêntica à interior, contudo recorre-se a um sistema de fixação diferente, pois em vez de se utilizar mangas injectáveis para a fixação dos elementos metálicos à parede, são utilizados confinadores de aço inoxidável ou de aço corrente eficazmente protegidos contra a corrosão.

Os confinadores terminam em rosca e atravessam a parede de um lado ao outro, sendo fixados pelo interior com recurso a um sistema constituídos por uma rótula, formada por dois elementos chamados copo e semiesfera, que são presos por uma porca. Do lado exterior é utilizado o mesmo sistema acrescido de um prato de distribuição de cargas

Embora com um sistema de fixação tecnologicamente diferente, esta solução possui as mesmas vantagens e inconvenientes da anterior. (Cóias [6])

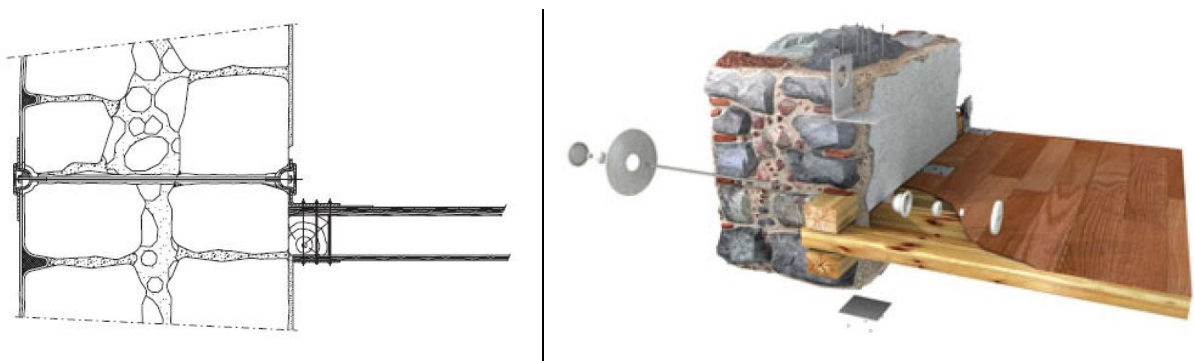


Fig. 64 – Confinadores metálicos apertados mecanicamente. Sistema Comrehab (Cóias [6])

Quadro 48 – Resumo da solução: Confinadores metálicos. Sistema Comrehab

Definição da solução	Nível de intrusão	Tipologia de solução	Desvantagens	Vantagens	Código da solução
Confinadores metálicos	NI.2	SI.2	Necessidade de mão-de-obra especializada	Aspecto Visual Recuperação/aumento da capacidade resistente	3_T.5 NI.2_SI.2

## 5.7. PAVIMENTOS EM MADEIRA

A reconstrução total de um pavimento com estrutura em madeira, é uma solução que se for bem dimensionada, assegura de forma razoável as exigências de desempenho de qualquer tipologia de edifícios. Pode ser uma solução interessante a nível estrutural, com uma massa idêntica à da solução pré-existente, podendo-se manter a configuração estrutural original mesmo aumentando as cargas, utilizando madeiras de melhor qualidade ou mesmo materiais modernos derivados da madeira como por exemplo os lamelados colados. Resultam assim soluções idênticas às soluções pré-existentes, havendo uma conservação de materiais e do aspecto visual.

Ao nível das ligações entre pavimentos e paredes podem existir duas situações:

- Reaproveitamento total ou parcial dos nichos pré-existentes;
- Não aproveitamento dos nichos pré-existentes.

O não aproveitamento dos nichos pré-existentes pode dever-se a várias situações, desde a impossibilidade de efectuar um novo encaixe, de as novas cargas serem muito elevadas e necessitarem de maior distribuição ou a necessidade de alterar a cota do pavimento.

Relativamente a soluções onde existe aproveitamento dos nichos, podem acontecer duas situações, o aproveitamento é total ou parcial. Se o aproveitamento for total é possível introduzir a nova viga no nicho a profundidade suficiente garantindo uma boa transmissão de esforços. Se o aproveitamento não é total, pois não é possível introduzir a viga em toda a sua profundidade por diversas razões, é necessário tomar medidas de forma a garantir a correcta transmissão de esforços. Uma solução passível de ser implementada é o “encamisamento” das paredes de alvenaria, que tem como função garantir uma maior superfície de apoio para as vigas, mas também a consolidação das paredes, confinando as mesmas de modo a que estas não tenham tendência a desagregar-se.

As vigas do pavimento pré-existentes poderão estar apoiadas em frechais, e quando isto acontece é necessário averiguar o estado de degradação do mesmo, verificando se será necessário proceder à sua substituição. Ao nível das ligações paredes/pavimentos a existência de um frechal pode facilitar o apoio das novas vigas, pois se estas tiverem uma maior altura ou o nicho tiver abatido ligeiramente aquando a remoção da viga pré-existente, pode realizar-se um entalhe no frechal de modo a garantir a altura útil necessária.

Quando o aproveitamento dos nichos não é possível, é necessário dimensionar um sistema de apoio completamente novo. Este dimensionamento é complexo e tem de ter em conta uma série de factores relacionados com a estabilidade do edifício. Neste trabalho serão apenas expostas soluções teóricas, tecendo-se algumas considerações sobre cada uma, não sendo referidos aspectos relativos ao dimensionamento, cargas máximas admissíveis, etc. Com este trabalho pretende-se criar uma lista sistemática de soluções, não sendo referidos todos os pormenores técnicos das mesmas.

Usualmente, quando é necessário criar novas condições de apoio para as vigas de pavimento, recorre-se às seguintes soluções:

- 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.

## 5.7.1. ABERTURA DE NOVOS NICHOS

Esta solução é de difícil execução e morosa, pois é complicado abrir novos nicho na parede com profundidade suficiente que garantam a superfície de apoio necessária à nova viga. A abertura de novos nichos pode também fragilizar bastante as paredes resistentes, diminuindo a resistência das mesmas e potenciado o aparecimento de futuras patologias nas alvenarias.

Quadro 49 – Resumo da solução: Pavimento de madeira com abertura de novos nichos

Definição da solução	Nível de intrusão	Tipologia de solução	Desvantagens	Vantagens	Código da solução
Abertura de nichos	NI.3	SI.4_1	Dificuldade de execução Possível fragilização das paredes	Aspecto Visual	1_T.6 NI.3_SI.4_1

## 5.7.2. ABERTURA DE NOVOS NICHOS COM REFORÇO DA PAREDE DE ALVENARIA.

Como foi referido anteriormente, a abertura de novos nichos pode fragilizar as paredes resistentes, sendo necessário reforçar as mesmas de maneira a que estas possam suportar as cargas que lhes são impostas, prevenindo assim futuras patologias.

Existe uma variedade de sistemas de reforço que podem ser utilizados, sendo que serão aqui referidos três, o confinamento transversal com recurso a mangas injectadas (sistema Cintec já referido anteriormente, ou equivalente), o confinamento transversal com recurso a confinadores metálicos apertados mecanicamente (sistema Comrehab já referido anteriormente) e o encamisamento das paredes (Cóias [6]).

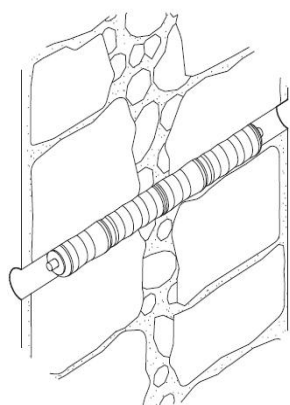


Fig. 65 – Consolidação com recurso a manga injectada (Cóias [6])

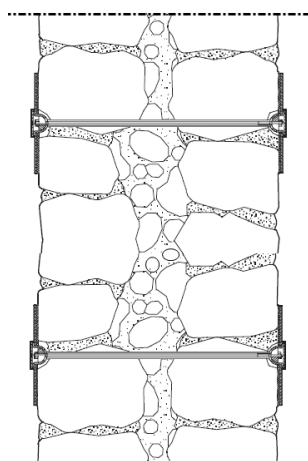


Fig. 66 – Consolidação com recurso a confinadores apertados mecanicamente (Cóias [6])

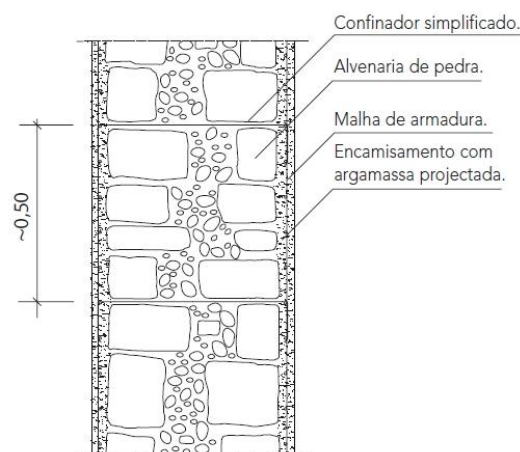


Fig. 67 – Consolidação com encamisamento armado (Cóias [6])

Comparando as diferentes soluções, e não pondo em causa a eficácia de cada uma, pode-se concluir que as duas primeiras são menos descaracterizadoras, pois não afectam o aspecto visual das superfícies das paredes, embora a segunda (confinadores metálicos apertados mecanicamente), exija

especiais precauções no que diz respeito à distribuição das forças de compressão geradas pelos confinadores, pois se estas forem elevadas e/ou os pratos de distribuição não possuírem uma área suficiente para que a transmissão seja adequada, pode-se verificar o esmagamento das alvenarias. A solução de encamisamento, embora não conserve o aspecto visual tradicional apresenta como vantagem, que é o aumento da superfície de apoio da viga, não havendo necessidade de abrir nichos tão profundos reduzindo assim a dificuldade da sua execução.

Quadro 50 – Resumo da solução: Pavimento de madeira com abertura de novos nichos e reforço das paredes com confinadores.

Definição da solução	Nível de intrusão	Tipologia de solução	Desvantagens	Vantagens	Código da solução
Abertura de nichos e reforço das paredes com confinadores	NI.3	SI.4_1	Dificuldade de execução	Aspecto Visual	2_T.6 NI.3_SI.4_1

Quadro 51 – Resumo da solução: Pavimento de madeira com abertura de novos nichos e reforço das paredes com encamisamento.

Definição da solução	Nível de intrusão	Tipologia de solução	Desvantagens	Vantagens	Código da solução
Abertura de nichos e reforço das paredes com encamisamento	NI.3	SI.4_2	Descaracterização das paredes de alvenaria.	Fácil execução *	3_T.6 NI.3_SI.4_2

\* Quando comparada com as soluções anteriores

### 5.7.3. ENCAMISAMENTO DA PAREDE DE ALVENARIA, COM PANO INTERIOR DE GRANDE ESPESSURA

Não sendo possível ou não se optando pela abertura de novos nichos, é necessário criar uma superfície de apoio estável para as vigas. Uma solução possível será o encamisamento da parede, tendo o pano interior espessura suficiente (entre 4 a 8cm), para fornecer o suporte, contudo pode ser necessária uma grande espessura, o que pode ser um factor negativo. A espessura do encamisamento poderá ser reduzida procedendo-se à picagem da parede na zona do vigamento ganhando-se assim superfície extra de apoio.

Quadro 52 – Resumo da solução: Pavimento de madeira com encamisamento interior de grande espessura

Definição da solução	Nível de intrusão	Tipologia de solução	Desvantagens	Vantagens	Código da solução
Encamisamento das paredes com pano interior de grande espessura	NI.2	SI.4_2	Descaracterização das paredes de alvenaria	Fácil execução	4_T.6 NI.2_SI.4_2

## 5.7.4. FIXAÇÃO DE PERFIS METÁLICOS À PAREDE

Uma solução muitas vezes utilizada é a fixação de perfis metálicos nas paredes de alvenaria, sobre os quais apoiam as vigas do pavimento. Para realizar esta solução é necessário regularizar a superfície da parede onde o perfil encosta. Na maioria dos casos os perfis utilizados são do tipo “U” ou “L”, sendo fixados à parede com recurso a diversos sistemas. Esta fixação tem de ser robusta e resistente, de modo a não permitir o deslocamento do perfil e consequentemente não originando esforços de flexão nas paredes. Uma solução corrente é a utilização de tirantes, varões de aço roscados que atravessam a parede de um lado ao outro, sendo fixados com recurso a porcas, garantindo-se assim a mobilização de esforços necessários para a sustentação dos pavimentos.

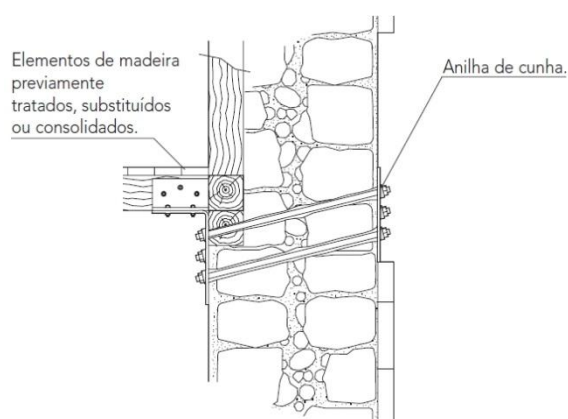


Fig. 68 – Fixação de um perfil metálico à parede (Cóias [6])

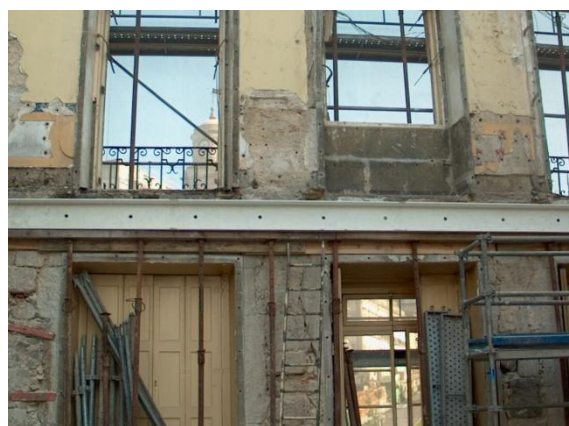


Fig. 69 – Exemplo de execução em obra. Edifício da R. do Infante D. Henrique nº87-91 - Porto

Quadro 53 – Resumo da solução: Pavimento de madeira com fixação de perfis metálicos

Definição da solução	Nível de intrusão	Tipologia de solução	Desvantagens	Vantagens	Código da solução
Fixação de perfis metálicos às paredes	NI.1	SI.4_1	Possibilidade de ocorrência de patologias nos perfis e alvenarias. Possibilidade de criação de esforços de flexão nas alvenarias	Rápida execução e reduzida intrusividade	5_T.6 NI.1_SI.4_1

## 5.7.5. FIXAÇÃO DE PERFIS METÁLICOS À PAREDE E ENCAMISAMENTO DA PAREDE DE FORMA A MELHORAR O APOIO.

A solução anteriormente apresentada pode ser reforçada com o encamisamento da parede, criando assim uma maior área de apoio para o perfil metálico e diminuindo a excentricidade da carga em relação à parede. A espessura do encamisamento é variável, se não houver picagem da parede este pode chegar aos 8cm, caso contrário a espessura pode ser diminuída até cerca de 4cm.

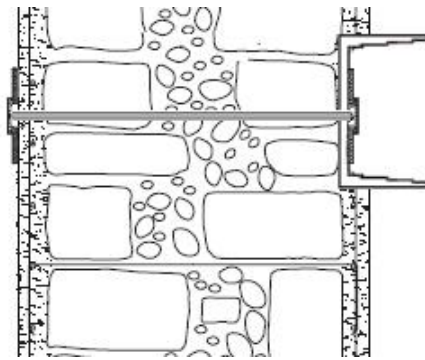


Fig. 70 - Fixação de um perfil metálico à parede e reforço de apoio com encamisamento. Adaptada (Coias [6])

Quadro 54 – Resumo da solução: Pavimento de madeira com fixação de perfis metálicos e encamisamento

Definição da solução	Nível de intrusão	Tipologia de solução	Desvantagens	Vantagens	Código da solução
Fixação de perfis metálicos às paredes e encamisamento	NI.3	SI.4_2	Possibilidade de ocorrência de patologias nos perfis e alvenarias	Rápida execução. Menor excentricidade das cargas. *	6_T.6 NI.3_SI.4_2

\* Em comparação com a solução anterior

### 5.8. PAVIMENTOS MISTOS MADEIRA/BETÃO

Uma solução que ganha cada vez mais adeptos (Branco [26]), é a conversão ou reconstrução dos pavimentos pré-existent em num sistema misto de madeira betão, de onde resultam elementos com excelentes características estruturais e estéticas. Esta solução permite a reutilização quase total dos materiais originais caso estes se encontrem em bom estado

As vigas de madeira continuam a ter uma importante função estrutural, e as tábuas de soalho são utilizadas como cofragem natural para a laje de betão, sendo que a ligação entre os dois materiais é normalmente realizada com recurso a ligadores metálicos fáceis de aplicar, como pregos, parafusos, varões, etc.

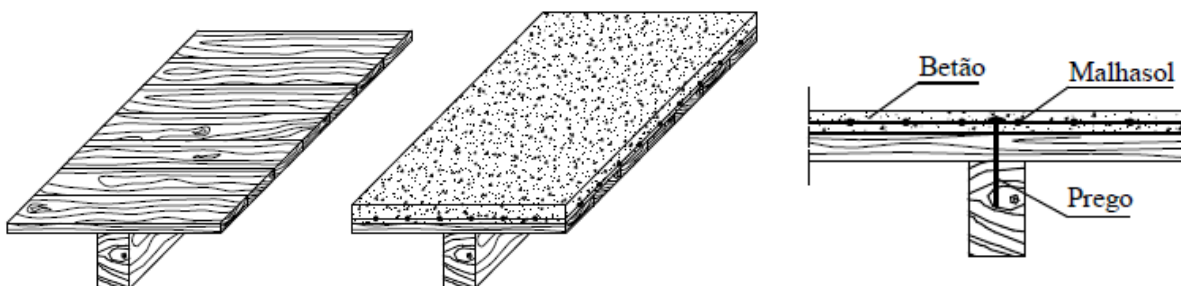


Fig. 71 – Transformação de um soalho tradicional em numa laje mista madeira-betão (Branco [26])

A combinação dos dois materiais permite tirar partido das melhores características de ambos, combinando a resistência, rigidez e protecção ao fogo do betão com o peso próprio reduzido da madeira.

Segundo (Branco [26]), a capacidade resistente original poderá ser duplicada, e a rigidez à flexão aumentada entre três a quatro vezes. Além destas vantagens estruturais existem outras como a diminuição das vibrações, um bom isolamento acústico, protecção ao fogo e ser uma solução bastante económica.

A ligação entre as vigas de pavimento e as paredes resistentes irá neste caso depender do tipo de intervenção que será realizada. Se não existe necessidade de desmontagem das vigas pré-existentes, ou seja, a cota do pavimento é mantida e a grande parte dos elementos encontram-se em bom estado de conservação, poderá não existir necessidade de prever novos elementos ou soluções de apoio, podendo ser previstas apenas algumas medidas de reforço, que poderão passar pelo reforço das alvenarias e/ou pelo reforço das ligações. Se existe necessidade de desmontagem das vigas, seja para alteração de cota do pavimento ou substituição de elementos degradados por outros de maior resistência, será necessário prever novos sistemas de apoio.

Quando a conversão não exige desmontagem podem-se dar três situações:

- Mesmo com o aumento da carga dos pavimentos, os elementos de ligação e as alvenarias são suficientemente resistentes, não sendo assim necessária qualquer intervenção nestes elementos;
- É necessário reforço das alvenarias (ver 5.7.2);
- É necessário reforço do elemento de ligação, devido a degradações ou pela simples necessidade de reforço. Nestes casos terão de ser aplicadas técnicas de reforço descritas nos primeiros seis pontos do capítulo 5.

Quando a conversão exige a desmontagem do pavimento pode-se encontrar os mesmos cenários que foram referidos na solução anterior “pavimentos de madeira”:

- Abertura de novos nichos;
- Abertura de novos nichos com encamisamento 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.

Assim as considerações relativas a cada solução são as mesmas, e por isso não serão descritas novamente, apresentando-se de seguida apenas os quadros resumo relativos a cada solução.

#### 5.8.1. ABERTURA DE NOVOS NICHOS

Quadro 55 – Resumo da solução: Pavimento misto madeira-betão com abertura de novos nichos

Definição da solução	Nível de intrusão	Tipologia de solução	Desvantagens	Vantagens	Código da solução
Abertura de nichos	NI.3	SI.4_1	Dificuldade de execução. Possível fragilização das paredes.	Aspecto Visual	1_T.7 NI.3_SI.4_1

### 5.8.2. ABERTURA DE NOVOS NICHOS COM REFORÇO DA PAREDE DE ALVENARIA

Quadro 56 – Resumo da solução: Pavimento misto madeira-betão com abertura de novos nichos e reforço das paredes com confinadores

Definição da solução	Nível de intrusão	Tipologia de solução	Desvantagens	Vantagens	Código da solução
Abertura de nichos e reforço das paredes com confinadores	NI.3	SI.4_1	Dificuldade de execução.	Aspecto Visual	2_T.7 NI.3_SI.4_1

Quadro 57 – Resumo da solução: Pavimento misto madeira-betão com abertura de novos nichos e reforço das paredes com encamisamento

Definição da solução	Nível de intrusão	Tipologia de solução	Desvantagens	Vantagens	Código da solução
Abertura de nichos e reforço das paredes com encamisamento	NI.3	SI.4_2	Descaracterização das paredes de alvenaria.	Fácil execução *	3_T.7 NI.3_SI.4_2

\* Quando comparada com as soluções anteriores

### 5.8.3. ENCAMISAMENTO DA PAREDE DE ALVENARIA, COM PANO INTERIOR DE GRANDE ESPESSURA

Quadro 58 – Resumo da solução: Pavimento misto madeira-betão com encamisamento interior de grande espessura

Definição da solução	Nível de intrusão	Tipologia de solução	Desvantagens	Vantagens	Código da solução
Encamisamento das paredes com pano interior fornecendo apoio total	NI.2	SI.4_2	Descaracterização das paredes de alvenaria	Fácil execução	4_T.7 NI.2_SI.4_2

### 5.8.4. FIXAÇÃO DE PERFIS METÁLICOS À PAREDE

Quadro 59 – Resumo da solução: Pavimento misto madeira-betão com fixação de perfis metálicos

Definição da solução	Nível de intrusão	Tipologia de solução	Desvantagens	Vantagens	Código da solução
Fixação de perfis metálicos às paredes	NI.1	SI.4_1	Possibilidade de ocorrência de patologias nos perfis e alvenarias. Pode criar de esforços de flexão nas paredes	Rápida execução e reduzida intrusividade	5_T.7 NI.1_SI.4_1



### 5.8.5. FIXAÇÃO DE PERFIS METÁLICOS À PAREDE E ENCAMISAMENTO DA PAREDE DE FORMA A MELHORAR O APOIO

Quadro 60 – Resumo da solução: Pavimento misto madeira-betão com fixação de perfis metálicos e encamisamento

Definição da solução	Nível de intrusão	Tipologia de solução	Desvantagens	Vantagens	Código da solução
Fixação de perfis metálicos às paredes e encamisamento	NI.3	SI.4_2	Possibilidade de ocorrência de patologias nos perfis e alvenarias	Rápida execução. Menor excentricidade das cargas. *	6_T.7 NI.3_SI.4_2

\* Em comparação com a solução anterior

### 5.9. PAVIMENTOS MISTOS AÇO/BETÃO

Uma solução cada vez mais utilizada na reabilitação de edifícios antigos é realização de pavimentos mistos aço/betão com recurso a chapas colaborantes.



Fig. 72 – Pavimento misto colaborante. Edifício da R. do Infante D. Henrique nº87-91 - Porto



Fig. 73 – Pavimento misto colaborante. Edifício da R. do Infante D. Henrique nº87-91 - Porto

Este sistema apresenta inúmeras vantagens, como a rapidez de execução e a não necessidade de cofragem nem de armaduras inferiores, pois os perfis fazem esse papel. Apresenta também vantagens ao nível da segurança durante a execução, pois após apoiar os perfis, estes constituem uma plataforma de trabalho firme, possibilitando a circulação segura de trabalhadores [27].

A laje é composta pelo perfil e betão armado com uma malha e armaduras superiores, podendo ser por vezes necessário reforçar a laje com colocação de armaduras inferiores. A utilização deste tipo de solução permite economia de tempo e peso quando comparada com as soluções de lajes maciças de betão armado.

Estes pavimentos são apoiados em vigas que são ligadas às paredes de alvenaria resistentes. Essas vigas são normalmente de aço, perfis HEB, no entanto nada impede serem utilizadas vigas de madeira novas. No que diz respeito às ligações das vigas com as paredes, as soluções possíveis de utilizar são as que já foram referidas em soluções anteriores.

Este tipo de solução é utilizada em situações que independentemente da razão, é necessário substituir totalmente o pavimento. Além das vantagens já referidas anteriormente, relativas à rapidez de execução e a não necessidade de cofragem, é importante referir que a nível estrutural esta solução apresenta um óptimo comportamento, aliando um peso próprio baixo a uma resistência elevada e podendo inclusive servir como elemento de travamento das paredes de alvenaria se tal for tido em consideração no projecto. Permite ainda uma fácil instalação das tubagens das várias instalações nas nervuras dos perfis.

Como principais inconvenientes refere-se a necessidade de utilização de tecto falso, e o comportamento ao fogo, pois a armadura inferior da laje (o perfil colaborante), fica em contacto directo com a chama.

#### 5.9.1. ABERTURA DE NOVOS NICHOS.

Quadro 61 – Resumo da solução: Pavimento misto aço-betão com abertura de novos nichos

Definição da solução	Nível de intrusão	Tipologia de solução	Desvantagens	Vantagens	Código da solução
Abertura de nichos	NI.3	SI.4_3	Dificuldade de execução. Possível fragilização das paredes.	Aspecto Visual	1_T.8 NI.3_SI.4_3

#### 5.9.2. ABERTURA DE NOVOS NICHOS COM REFORÇO DA PAREDE DE ALVENARIA.

Quadro 62 – Resumo da solução: Pavimento misto aço-betão com abertura de novos nichos e reforço das paredes com confinadores

Definição da solução	Nível de intrusão	Tipologia de solução	Desvantagens	Vantagens	Código da solução
Abertura de nichos e reforço das paredes com confinadores	NI.3	SI.4_1	Dificuldade de execução.	Aspecto Visual	2_T.8 NI.3_SI.4_1

Quadro 63 – Resumo da solução: Pavimento misto aço-betão com abertura de novos nichos e reforço das paredes com encamisamento

Definição da solução	Nível de intrusão	Tipologia de solução	Desvantagens	Vantagens	Código da solução
Abertura de nichos e reforço das paredes com encamisamento	NI.3	SI.4_2	Descaracterização das paredes de alvenaria.	Fácil execução *	3_T.8 NI.3_SI.4_2

\* Quando comparada com as soluções anteriores

## 5.9.3. ENCAMISAMENTO DA PAREDE DE ALVENARIA, COM PANO INTERIOR DE GRANDE ESPESSURA

Quadro 64 – Resumo da solução: Pavimento misto madeira-betão com encamisamento interior de grande espessura

Definição da solução	Nível de intrusão	Tipologia de solução	Desvantagens	Vantagens	Código da solução
Encamisamento das paredes com pano interior fornecendo apoio total	NI.2	SI.4_3	Descaracterização das paredes de alvenaria.	Fácil execução	4_T.8 NI.2_SI.4_3

## 5.9.4. FIXAÇÃO DE PERFIS METÁLICOS À PAREDE.

Quadro 65 – Resumo da solução: Pavimento misto aço-betão com fixação de perfis metálicos

Definição da solução	Nível de intrusão	Tipologia de solução	Desvantagens	Vantagens	Código da solução
Fixação de perfis metálicos às paredes	NI.1	SI.4_3	Possibilidade de ocorrência de patologias nos perfis e alvenarias. Possibilidade de criação de esforços de flexão nas alvenarias.	Rápida execução e reduzida intrusividade	5_T.8 NI.1_SI.4_3

## 5.9.5. FIXAÇÃO DE PERFIS METÁLICOS À PAREDE E ENCAMISAMENTO DA PAREDE DE FORMA A MELHORAR O APOIO.

Quadro 66 – Resumo da solução: Pavimento misto aço-betão com fixação de perfis metálicos e encamisamento

Definição da solução	Nível de intrusão	Tipologia de solução	Desvantagens	Vantagens	Código da solução
Fixação de perfis metálicos às paredes e encamisamento	NI.3	SI.4_3	Possibilidade de ocorrência de patologias nos perfis e alvenarias.	Rápida execução. Menor excentricidade das cargas. *	6_T.8 NI.3_SI.4_3

\* Em comparação com a solução anterior

## 5.10. OUTRAS SOLUÇÕES

### 5.10.1. LAJES OU VIGAS DE BETÃO FIXADAS COM ELEMENTOS CONECTORES ESPECIAIS. SISTEMA ANCON.

Actualmente não é usual a utilização de lajes ou vigas de betão armado na reabilitação de edifícios antigos, pois em geral apresentam vários inconvenientes como o peso, que sobrecarrega as paredes resistentes podendo dar origem a graves problemas, e a incompatibilidade de materiais, pois as alvenarias de pedra e o betão possuem comportamentos estruturais distintos.

No entanto, se as alvenarias forem de excelente qualidade ou mesmo reforçadas (ver 5.7.2), de modo a suporta cargas elevadas, e o sistema de apoio for convenientemente dimensionado, resolvendo o problema da incompatibilidade de materiais, a solução de construir uma laje ou vigas de betão armado pode ser possível.

Embora a capacidade resistente das paredes seja o primeiro factor a ter em consideração nestes casos, parte-se do princípio que em qualquer situação, este seja um factor controlável, isto é, que se consegue determinar com mais ou menos precisão a resistência da parede, e se for necessário adoptar-se medidas de reforço convenientes.

Verificando que a parede tem capacidade resistente, torna-se então necessário resolver o problema da ligação e consequente incompatibilidade de materiais.

A Empresa Ancon [28] possui ligadores metálicos que possivelmente poderiam resolver esta situação. No entanto estes foram desenvolvidos para ligar betão com betão, não tendo sido comprovada a sua eficácia em ligações alvenaria betão. Seria interessante considerar esta solução e aprofundá-la, realizando ensaios para verificar a sua eficácia. Mesmo assim, sem dados concretos, esta técnica de ligação será apresentada como “possível solução”, sabendo de antemão que a sua eficácia não é garantida.

A ligação às paredes poderia realizar-se recorrendo ao aproveitamento dos nichos existentes ou à abertura de novos, embebendo o ligador em calda de cimento ou resinas epoxidicas.

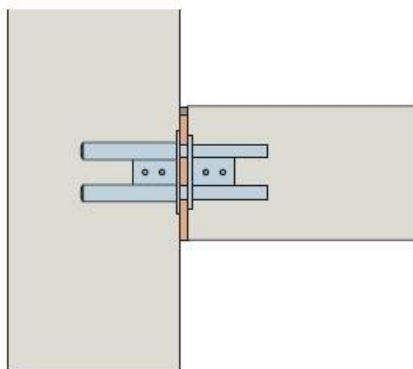


Fig. 74 – Ligador Ancon [28]

Os ligadores são constituídos por duas partes, uma que é fixada à parede e outra à laje ou viga de betão. Dependendo do modelo em questão pode-se ter um grau de liberdade, sendo possível movimentos longitudinais, ou dois graus de liberdade, sendo possível movimentos longitudinais e laterais. Este facto permite que a laje ou viga movimentem-se livremente, sem causar qualquer esforço nas paredes para além da compressão. Em ambos os modelos a espessura da junta pode variar, permitindo assim uma adaptação conforme as necessidades.

Existe uma gama alargada de ligadores com diferentes capacidades de carga, podendo-se escolher ligadores mais resistentes quando é possível aplicar cargas localizadas elevadas, e ligadores menos resistentes e em maior número quando se pretende uma melhor distribuição.

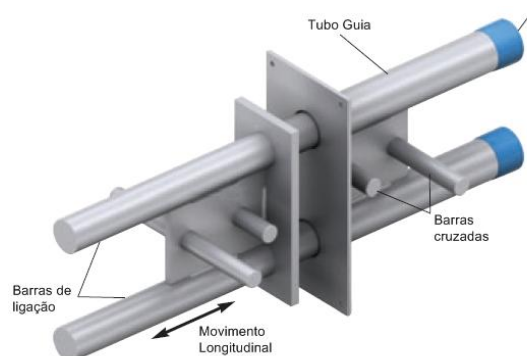


Fig. 75 – Ligador Ancon DSD com movimento longitudinal [28]

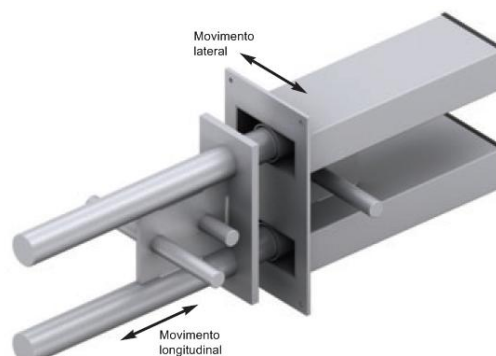


Fig. 76 – Ligador Ancon DSDQ com movimento longitudinal e lateral [28]

Esta é uma solução cuja eficiência não está comprovada, contudo seria bastante interessante realizar ensaios e verificar o seu desempenho, pois é uma solução que resolveria o problema da incompatibilidade entre o betão e as alvenarias e garantiria um bom comportamento do piso devido á liberdade de movimentos que as ligações proporcionam.

Quadro 67 – Resumo da solução: Laje/viga de betão armado com sistema ANCON

Definição da solução	Nível de intrusão	Tipologia de solução	Desvantagens	Vantagens	Código da solução
Ligadores com liberdade de movimento	NI.3	SI.4_3	Peso próprio elevado e descaracterização Mão-de-obra especializada	Impossibilidade de transmitir esforços de flexão às paredes.	T.9 NI.3_SI.4_3

### 5.10.2. ELEMENTOS METÁLICOS PARA APOIO DAS VIGAS

Existem no mercado uma série de sistemas que poderiam ser aplicados/adaptados á reabilitação de edifícios antigos, contudo tais produtos são desenvolvidos com o objectivo de serem utilizados na construção nova. No entanto, se estes sistemas forem adaptados correctamente, nada impede que sejam utilizados na reabilitação de edifícios antigos. Essa aplicação depende, como no caso anterior, de um estudo rigoroso de modo a aferir as condições de aplicabilidade desses sistemas, e verificar quais os limites dos mesmos.

Apresenta-se de seguida um sistema de suporte de vigas desenvolvido para ser fixado em madeira e em alvenaria. Tal sistema poderá ser eventualmente adaptado a edifícios antigos.

No caso de existir um frechal bem fixado à parede será eventualmente possível aplicar o sistema “Maxi Speedy” de empresa EXPAMET Building Products [29]. O sistema consiste na fixação dos apoios metálicos que suportam a viga ao frechal, pelo intermédio de pregos ou parafusos:

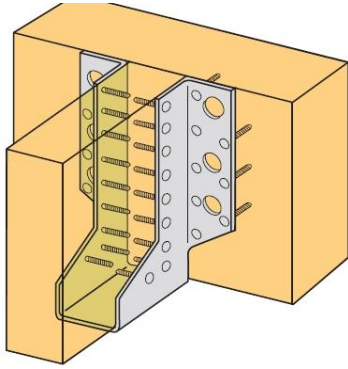


Fig. 77 – Sistema Maxi Speedy. Fixação em frechal com pregos. [29]

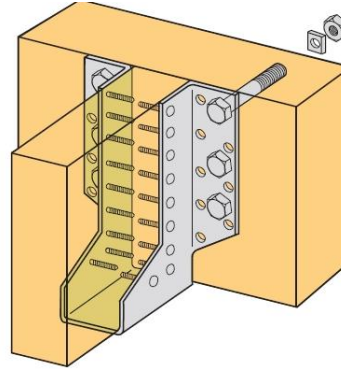


Fig. 78 – Sistema Maxi Speedy. Fixação em frechal com parafusos. [29]

Esta solução exige a substituição do frechal por outro mais robusto e de melhor qualidade, exige também que este se encontre bem fixado, não podendo haver o risco de rotação devido à excentricidade da carga. As próprias vigas poderão funcionar como elemento de travamento, contudo seria aconselhável fixar o frechal à parede de modo a reforçar a ligação, seja por intermédio de parafusos, pregagens, ou qualquer outro sistema que garanta a rigidez do elemento.

Quadro 68 – Resumo da solução: Fixação de vigas de madeira com sistema Maxi Speedy da EXPAMET. Fixação a frechal.

Definição da solução	Nível de intrusão	Tipologia de solução	Desvantagens	Vantagens	Código da solução
Ligadores metálicos. Ligação ao frechal.	NI.1	SI.4_1	Necessidade de fixação cuidada do frechal à parede. Pode originar esforços flexão nas paredes.	Aspecto visual	1_T.10 NI.1_SI.4_1

O sistema permite ainda que a ligação seja efectuada directamente na alvenaria. A ligação poderá ser executada com recurso a parafusos de ancoragem ou a tirantes roscados que são fixados em ambos os lados da parede.

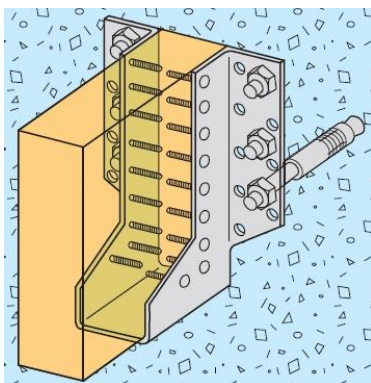


Fig. 79 -Sistema Maxi Speedy. Fixação directa em alvenarias. [29]

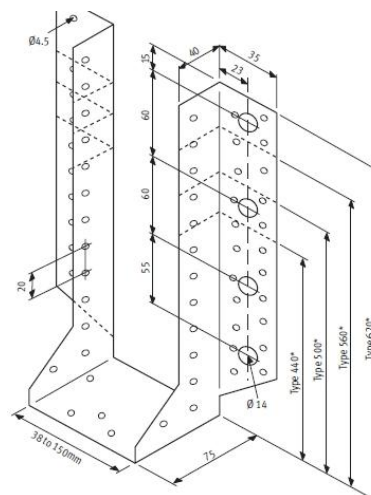


Fig. 80 – Sistema Maxi Speedy. Gama de produtos. [29]

Quadro 69 – Resumo da solução: Fixação de vigas de madeira com sistema Maxi Speedy da EXPAMET. Fixação a alvenaria.

Definição da solução	Nível de intrusão	Tipologia de solução	Desvantagens	Vantagens	Código da solução
Ligadores metálicos. Ligação à alvenaria.	NI.1	SI.4_1	Pode originar esforços flexão nas paredes.	Aspecto visual	2_T.10 NI.1_SI.4_1

Mais uma vez, esta é uma solução cuja eficiência não está comprovada, e como na situação anterior seria bastante interessante realizar ensaios e verificar o seu desempenho. A aplicação deste sistema, principalmente o que é fixado directamente à alvenaria seria de execução simples e rápida. Existe uma gama alargada destes produtos, o que permite uma adaptação às exigências estruturais que têm de ser cumpridas.





# 6

## METODOLOGIA DE ESCOLHA DA SOLUÇÃO



### 6.1. NOTA INTRODUTÓRIA

Para além da reunião de informação técnica, é também objectivo deste trabalho é a criação de uma metodologia simples que, com base em certas condicionantes, seja capaz de apontar uma gama soluções possíveis de serem implementadas quando se pretende reabilitar um edifício e mais concretamente as ligações paredes/pavimentos. Neste capítulo será apresentada e explicada a metodologia desenvolvida.

É importante clarificar desde já que a metodologia desenvolvida assenta numa base teórica e generalista, devendo-se perceber que a sua aplicação na realidade depende do bom senso e capacidade de interpretação dos factos subjacentes a cada situação. A aplicação de qualquer solução depende das condições existentes em cada edifício. Tais condições podem ser bastante singulares e podem invalidar soluções que seriam perfeitamente exequíveis noutros edifícios. Assim torna-se necessário perceber se uma dada solução é aplicável ao caso em estudo.

Este trabalho pretende apenas “apontar um caminho”, que na generalidade dos casos pode ser seguido, contudo, todas as soluções aqui apresentadas devem ser alvo de um estudo e dimensionamento rigoroso, comprovando assim a sua eficácia tanto ao nível estrutural como ao nível do cumprimento das várias exigências subjacentes às mesmas.

Neste capítulo, será apresentada a metodologia que foi desenvolvida, explicando os vários factores que foram tidos em consideração no desenvolvimento da mesma.

A metodologia apresenta uma lista de resultados (soluções de intervenção) com base em pressupostos (tipologia do edifício, causas que estão na origem das intervenções e tipologia da solução de intervenção pretendida). Tais pressupostos identificam de forma clara os condicionalismos e exigências existentes, garantindo que as soluções finais encontradas cumprem os requisitos pretendidos.

No final do capítulo será apresentada uma tabela resumo com as combinações possíveis entre os vários condicionalismos e as soluções de intervenção correspondentes. Serão tecidas também algumas notas finais, de modo a facilitar a compreensão do funcionamento da tabela.

## 6.2. METODOLOGIA

O primeiro factor que influencia o tipo de solução que poderá ser implementada quando se pretende reabilitar um edifício é a tipologia desse edifício. Dependendo da tipologia poder-se-á querer implementar soluções com exigências mais ou menos rigorosas. Assim o ponto de partida desta metodologia é a identificação da tipologia do edifício em estudo.

Quadro 70 – Definição da tipologia do edifício

Tipologia	Código	Escolha
Monumento	Tip.1	<input type="checkbox"/>
Residência/Comercio	Tip.2	<input type="checkbox"/>
Serviços	Tip.3	<input type="checkbox"/>

Após a identificação da tipologia do edifício é necessário perceber quais as origens das necessidades de intervenção. Como foi explicado anteriormente essas origens são variadas, contudo podem ser reunidas em grupos que apresentam características idênticas e que apontam normalmente para as mesmas soluções de intervenção. Assim, o segundo passo desta metodologia consiste na identificação das origens das necessidades de intervenção.

Quadro 71 – Definição das causas que estão na origem das intervenções

Causas	Código	Escolha
Patologias	CN.1	<input type="checkbox"/>
Incremento da segurança	CN.2	<input type="checkbox"/>
Novo uso	CN.3	<input type="checkbox"/>

Após identificação das origens das necessidades de intervenção é necessário saber qual será o grau de conservação que se pretende para a intervenção em causa. Isto influi directamente nas tipologias das soluções de intervenção passíveis de serem escolhidas. Assim é necessário clarificar desde já que tipo de intervenção que está prevista.

Quadro 72 – Definição da tipologia das soluções de intervenção

Soluções de Intervenção	Código	Escolha	
Restauro	Integral	SI.1	<input type="checkbox"/>
	Com modernização	SI.2	<input type="checkbox"/>
Reabilitação	Fiel ao original	SI.3	<input type="checkbox"/>
	Com substituição integral ou parcial	SI.4	<input type="checkbox"/>

A junção desta informação dá origem a 36 categorias, com requisitos distintos. A estas 36 categorias será associada uma gama de soluções de intervenção que respondam à conjugação dos diferentes requisitos. A título de exemplo explica-se um caso prático:

Se tipologia dos edifícios Tip.1 (monumento), a origem das causas de intervenção é CN.1 (Patologias) e as soluções de intervenção que se pretendem implementar são do tipo SI.1 (restauro integral), estarão associadas a este conjunto de pressupostos, uma lista soluções que visam o restauro integral das ligações entre paredes e pavimentos tendo por base o tratamento das patologias existentes.

Embora existam 36 combinações possíveis, contudo, pelo que foi referido no ponto 2.5, nem todas elas são usuais de se verificarem, como é o caso da reabilitação de edifício de elevado valor patrimonial, onde será difícil verificar-se a necessidade de um novo uso e de soluções interventivas mais descaracterizadoras. Assim apresentam-se de seguida o resumo dos quadros referidos no ponto 2.5, que esquematizam as necessidades de intervenção em função da tipologia do edifício.

Quadro 73 – Influência da tipologia dos edifícios e das origens das necessidades de intervenção nas tipologias das soluções de intervenção escolhidas.

Tipologia dos edifícios					
Monumentos		Residenciais		Serviços	
Origem da Necessidade de Intervenção	Tipologia da solução de intervenção classificada	Origem da Necessidade de Intervenção	Tipologia da solução de intervenção classificada	Origem da Necessidade de Intervenção	Tipologia da solução de intervenção classificada
Degradação	Restauro SI.1 e SI.2	Degradação	Reabilitação e Restauro SI.2, SI.3 e SI.4	Degradação	Reabilitação e Restauro SI.2, SI.3 e SI.4
Reforço estrutural	Restauro e reabilitação SI.1, SI.2 e SI.3	Reforço estrutural	Reabilitação e Restauro SI.2, SI.3 e SI.4	Reforço estrutural	Reabilitação SI.3 e SI.4
		Novo uso	Reabilitação SI.3 e SI.4	Novo uso	Reabilitação SI.3 e SI.4

Assim é possível eliminar algumas combinações, que pelas suas características, são de difícil ocorrência. Passa-se assim de 36 combinações possíveis para apenas 20, que cobrem a generalidade dos casos existentes na reabilitação de edifícios.

Existirão soluções de restauro e reabilitação com manutenção do pavimento pré-existente que não são aplicáveis devido à secção das vigas e às condições de apoio existentes. Torna-se então necessário definir estas características.

Relativamente ao sistema de apoio das vigas, embora no capítulo 3.3.2 seja feita a distinção e sistematização das várias técnicas utilizadas antigamente, a relação entre estas e as soluções de intervenção, seria um trabalho demasiado extenso e pormenorizado para ser aqui apresentado. Dessa relação resultariam aspectos relacionados com os processos construtivos, que independentemente da solução tradicional existente e da solução de intervenção escolhida, seriam diferentes. Este facto origina então um grande leque de possibilidades singulares, contudo isso não põe em causa a escolha das soluções, influenciando apenas os processos. Assim a definição destas relações perde importância no âmbito deste trabalho, devendo contudo ser tida em consideração pelo leitor quando este escolhe uma solução de intervenção.

Quanto à secção das vigas, no capítulo 3.2.2 foram apresentadas quatro secções possíveis de serem encontradas em edifícios antigos:

- Secção circular
- Secção aparada nas faces superior e inferior
- Secção com arestas chanfradas
- Secção rectangular

Relativamente a este aspecto, é importante perceber que muitas das soluções apresentadas visam o tratamento de vigas de secção rectangular ou com arestas chanfradas, sendo a sua aplicabilidade a vigas com secção circular ou com as faces superior e inferior aparadas, é limitada ou mesmo impossível. Torna-se então necessário, de modo a haver uma correcta aplicação da metodologia em causa, definir qual a secção da viga em que se vai intervir, pois este facto influencia directamente a escolha da solução de intervenção.

Quadro 74 – Definição da secção das vigas existentes.

Secção existente	Código	Escolha
Circular	SV.1	<input type="checkbox"/>
Aparada	SV.2	<input type="checkbox"/>
Arestas chanfradas	SV.3	<input type="checkbox"/>
Rectangular	SV.3	<input type="checkbox"/>

De forma a não complicar a aplicação da metodologia, não aumentado o número de combinações possíveis, as soluções que são orientadas para serem realizadas apenas em vigas de secção rectangular serão marcadas com o sinal “\*” de modo a evidenciar a sua limitação.

Quadro 75 – Listagem das soluções tendo em conta as combinações mais usuais entre a tipologia dos edifícios, as origens das necessidades de intervenção e as soluções de intervenção.

Tipologia	Origem de Intervenção	Soluções de Intervenção	Código Final	Lista de soluções	
Tip.1	CN.1	SI.1	Tip.1-CN.1-SI.1	1_T.1;	
		SI.2	Tip.1-CN.1-SI.2	2_T.2*; 3_T.2*; 2_T.3; 1_T.4*; 2_T.4*; 3_T.4*	
	CN.2	SI.1	Tip.1-CN.2-SI.1		
		SI.2	Tip.1-CN.2-SI.2	2_T.1; 3_T.2*; 2_T.3; 1_T.4*; 2_T.4*; 3_T.4*; 2_T.5; 3_T.5	
		SI.3	Tip.1-CN.2-SI.3		
		SI.4	Tip.1-CN.2-SI.4		
Tip.2	CN.1	SI.2	Tip.2-CN.1-SI.2	1_T.1; 2_T.2*; 3_T.2*; 2_T.3; 1_T.4*; 2_T.4; 3_T.4*	
		SI.3	Tip.2-CN.1-SI.3		
		SI.4	Tip.2-CN.1-SI.4	3_T.1; 1_T.2*; 1_T.3; 3_T.3	
	CN.2	SI.2	Tip.2-CN.2-SI.2	2_T.1; 3_T.2*; 2_T.3; 1_T.4*; 2_T.4*; 3_T.4*; 2_T.5; 3_T.5	
		SI.3	Tip.2-CN.2-SI.3		
		SI.4	Tip.2-CN.2-SI.4	1_T.3; 3_T.3	
		SI.5	Tip.2-CN.2-SI.5		
	CN.3	SI.3	Tip.2-CN.3-SI.3	2_T.1; 3_T.2*; 2_T.3; 1_T.4*; 2_T.4*; 3_T.4*; 2_T.5; 3_T.5	
		SI.4	Tip.2-CN.3-SI.4	T6; T7; T8; T9; T10	
		SI.5	Tip.2-CN.3-SI.5		
	Tip.3	CN.1	SI.2	Tip.3-CN.1-SI.2	1_T.1; 2_T.2*; 3_T.2*; 2_T.3; 1_T.4*; 2_T.4; 3_T.4*
			SI.3	Tip.3-CN.1-SI.3	
SI.4			Tip.3-CN.1-SI.4	3_T.1; 1_T.2*; 1_T.3; 3_T.3	
CN.2		SI.3	Tip.3-CN.2-SI.3	2_T.1; 3_T.2*; 2_T.3; 1_T.4*; 2_T.4*; 3_T.4*; 2_T.5; 3_T.5	
		SI.4	Tip.3-CN.2-SI.4	1_T.3; 3_T.3	
CN.3		SI.3	Tip.3-CN.3-SI.3	2_T.1; 3_T.2*; 2_T.3; 1_T.4*; 2_T.4*; 3_T.4*; 2_T.5; 3_T.5	
		SI.4	Tip.3-CN.3-SI.4	T6; T7; T8; T9; T10	
		SI.5	Tip.3-CN.3-SI.5		
		SI.6	Tip.3-CN.3-SI.6		

## 6.2.1. NOTAS

A única situação que não apresenta uma solução concreta é a Tip.1-CN.2-SI.1.

Embora nas situações Tip.1-CN.2-SI.3, Tip.2-CN.1-SI.3, Tip.2-CN.2-SI.3 e Tip.3-CN.1-SI.3, não figure nenhuma solução na tabela, todas as soluções em situação idêntica (isto é, com a mesma tipologia origem da necessidade de intervenção), mas com “menor grau” no parâmetro “tipologia de intervenção” (SI.1 ou SI.2), são aplicáveis.

O mesmo se sucede em situações análogas mesmo que estejam referenciadas soluções. Em situações idênticas (mesma tipologia e origem da necessidade de intervenção), qualquer solução com menor grau no parâmetro “tipologia de intervenção”, pode ser utilizada.



# 7 CONCLUSÕES

## 7.1. CONCLUSÕES GERAIS

Sendo o objectivo deste trabalho a compilação de informação técnica e a criação de uma metodologia, que com base em certos condicionalismos aponte uma gama de soluções que cumpram as exigências pretendidas, foi necessário proceder à caracterização do sector da reabilitação em Portugal. Conclui-se que a reabilitação de edifícios é abordada de forma pouco realista pelos peritos em conservação do património edificado, já que estes sustentam perspectivas teóricas que defendem que as intervenções devem ser conservadoras, recorrendo a técnicas construtivas e materiais tradicionais, embora, na prática estas considerações não sejam tidas em conta.

É preciso perceber que, consoante o uso que é dado ou que se pretende dar aos edifícios antigos, existem diferentes necessidades e exigências, tornando-se essencial tipificar os edifícios com potencial de serem reabilitados em função dessas necessidades. Chegou-se assim à conclusão que devem ser considerados três tipos de edifícios:

- Edifícios com um valor patrimonial elevado – Frequentemente grandes edifícios considerados monumentos nacionais, onde o proprietário é o Estado;
- Edifícios com um valor patrimonial médio ou baixo – Frequentemente edifícios de habitação nos centros históricos urbanos;
- Reabilitação de edifícios de serviços com valor patrimonial variável.

Após identificar as principais tipologias tornou-se importante identificar as principais causas e objectivos das intervenções, de forma a compreender a sua influência nas escolhas das soluções de reabilitação. Conclui-se que:

- Em edifícios de elevado valor patrimonial, as intervenções têm como objectivo primordial, a preservação do património arquitectónico, histórico, artístico e cultural;
- No caso dos edifícios residenciais e de serviços, o principal objectivo será dotar os mesmos de condições de habitabilidade e segurança renovadas e mais modernas e actuais.

É fácil compreender com base nestes objectivos, que as soluções de intervenção utilizadas na reabilitação de edifícios residenciais e de serviços, serão menos conservadoras que as utilizadas em edifícios de elevado valor patrimonial. Contudo, reveste-se de especial relevância perceber que o recurso a técnicas menos conservadoras nos dois primeiros é indispensável, pois é necessário garantir de forma satisfatória e com um custo aceitável, as exigências de desempenho pretendidas para edifícios desse género. O cumprimento dessas exigências com recurso a técnicas e materiais tradicionais é impossível ou extremamente dispendioso, o que seria uma grande desvantagem em relação à construção nova, deixando de haver interesse na compra e investimento nos imóveis com

potencial de serem reabilitados. É fulcral perceber que se não “facilitarmos” a reabilitação, seguindo-se os conceitos teóricos conservadores, o resultado será o abandono e consequente perda patrimonial.

De forma a perceber a relação entre as diferentes tipologias de edifícios e as exigências que devem ser cumpridas em cada uma, foram tipificadas as causas que estão na origem das necessidades de intervenção. Conclui-se que:

- Nos edifícios de elevado valor patrimonial, as causas são geralmente a degradação originada por patologias e o incremento da segurança;
- No caso dos edifícios de habitação ou de serviços, além das duas causas referidas anteriormente, acrescenta-se a necessidade de adaptação a um novo uso.

No entanto, é necessário perceber que embora as causas possam ser as mesmas em diferentes tipologias, o nível de exigência é diferente, isto é, as soluções de reforço são mais exigentes em edifícios residências e de serviços do que em edifícios de elevado valor patrimonial. Daí resulta novamente a necessidade de recorrer a técnicas e materiais modernos.

Relativamente as soluções utilizadas antigamente nas ligações entre paredes e pavimento, foram estudadas as várias técnicas utilizadas na realização das mesmas. Conclui-se genericamente que estas ligações consistem no apoio de vigas de madeira nas paredes de alvenaria resistente. Às vezes recorriam-se a elementos metálicos, os ferrolhos, como forma de reforçar a ligação e simultaneamente ajudar no travamento das paredes. As vigas poderiam estar também apoiadas noutros elementos como cachorros de pedra ou frechais de madeira, que ajudavam numa melhor distribuição das cargas do pavimento nas paredes.

No que diz respeito às soluções de intervenção direccionadas especificamente para a reabilitação das ligações paredes/pavimentos, foi curioso verificar que a bibliografia existente, possui inúmeras soluções orientadas para a reabilitação com manutenção das estruturas de madeira pré-existentes, não havendo praticamente referências a soluções onde o aproveitamento das estruturas é nulo ou parcial.

Relativamente às soluções onde existe aproveitamento das estruturas pré-existentes, foram abordadas 24 soluções de intervenção. Contudo foi interessante constatar que a grande maioria dificilmente é aplicada nas obras de reabilitação correntes, isto porque o processo construtivo é difícil e complexo. As 24 soluções apresentadas foram:

- Introdução de um frechal de madeira apoiado em cachorros;
- Introdução de cantoneira metálica fixada à parede;
- Frechal de betão armado;
- Fixação de novas peças de madeira às antigas;
- Substituição de troços degradados utilizando ligadores metálicos e de madeira – 3 variantes;
- Substituição de troços degradados de vigas utilizando colas na união – 4 variantes;
- Fixação de peças metálicas à madeira antiga;
- Introdução de elementos metálicos no interior da secção da viga;
- Reforço por colocação de perfis metálicos sob as vigas;
- Utilização de resinas expoxidicas com Reforço com barras – 4 variantes;
- Utilização de resinas expoxidicas com Substituição da cabeça das vigas – 2 variantes;



- Utilização de resinas epoxidicas com Reforço com placas;
- Tratamento curativo da madeira;
- Pregagens de mangas injectadas. Sistema Cintec;
- Confinadores metálicos apertados mecanicamente. Sistema Comrehab.

Quanto às soluções de reabilitação em que existe demolição total dos pavimentos pré existentes, que é uma prática recorrente na reabilitação da generalidade dos edifícios antigos, conclui-se que as soluções de intervenção adoptadas variam muito consoante o caso em estudo. A escolha do tipo de pavimento é fulcral pois, dependendo do tipo utilizado, as cargas, os materiais a ligar e as características dos mesmos, serão diferentes.

Foram apresentadas três soluções de reconstrução do pavimento, e embora em cada uma existam diferentes considerações que se devem ter em conta quando se realizam as ligações entre as paredes e os pavimentos, conclui-se que na generalidade dos casos independentemente do tipo de pavimento que será utilizado, os tipos de ligações que usualmente são realizados são essencialmente cinco:

- 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.

Uma das principais conclusões, é o facto de nenhuma destas soluções apresentar características de aplicação sistemática, o que torna cada solução de intervenção única, sendo necessário um estudo profundo sobre a aplicabilidade da mesma. Não existe nenhum sistema de pré-fabricação total ou parcial disponível no mercado, direccionado para resolver estas ligações na reabilitação de edifícios.

Foram assim apresentadas quatro sistemas que se encontram no mercado, mas que no entanto foram desenvolvidos para serem aplicados na construção nova, pelo que a sua aplicabilidade em edifícios antigos não é comprovada. Contudo, pretende-se com isto promover o estudo, não só dos sistemas apresentados, mas de qualquer outro, que com base em alterações ou processos construtivos adequados, possibilitem a aplicação destes sistemas na reabilitação de edifícios.

As quatro soluções apresentadas foram:

- Lajes ou vigas de betão fixadas com elementos conectores especiais. Sistema Ancon
- Elementos metálicos pregados a frechal. Sistema Maxi Speedy;
- Elementos metálicos aparafusados a frechal. Sistema Maxi Speedy;
- Elementos metálicos fixados directamente as alvenarias. Sistema Maxi Speedy.

É necessário realizar estudos e promover o desenvolvimento de soluções com maior grau de prefabricação, sistemáticas e de características conhecidas, não só para resolver as ligações entre paredes e pavimentos, mas de uma forma geral para todo o edifício. Só assim se poderá garantir a qualidade das intervenções, assegurando ao mesmo tempo eficazmente as exigências de desempenho, evitando erros e reduzindo custos, o que tornará a reabilitação competitiva comparativamente com a construção nova e garantirá a conservação do património edificado.

## **7.2. DIFICULDADES SENTIDAS**

No desenrolar do trabalho a principal dificuldade sentida foi a falta de experiência profissional.

Este facto revelou-se problemático quando se pretendeu analisar e caracterizar as várias soluções de intervenção existentes, os seus processos construtivos e as dificuldades de execução inerentes a cada uma. Mesmo nos casos de soluções que figuram na bibliografia existente, como são os casos das intervenções com manutenção da estrutura pré-existente, estes aspectos não são abordados.

## **7.3. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS**

Na sequência do trabalho desenvolvido, surgem temáticas que apresentam um interesse relevante e cujo desenvolvimento seria oportuno:

- a) Como forma de melhorar a aplicação da metodologia, seria interessante caracterizar as várias soluções apresentadas segundo:
  - Custos médio de construção, englobando todas as fases de desenvolvimento da solução, desde a concepção à execução.
  - A eficácia da solução, ao nível de todas as exigências aplicáveis, conseguindo assim definir a qualidade da mesma.

Com estes parâmetros definidos, fazer uma relação custo/qualidade, criando-se assim uma classificação/distinção importantíssima entre as diferentes soluções.

- b) Estudo e análise de sistemas de ligação existentes no mercado, vocacionados para a construção nova, desenvolvendo metodologias de adaptação destes à reabilitação de edifícios antigos.

O desenvolvimento destes temas, traria um grande contributo para a sistematização de processos na reabilitação de edifícios antigos, o que é uma vantagem evidente.





# 8

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Ferreira, A. S. (2007). *A Importância da Reabilitação em Portugal e na EU*. Congresso Construção 2007 - 3.º Congresso Nacional (Tadeu, A.; Abrantes, V.; Branco, F.), Universidade de Coimbra, Coimbra
- [2] Mesquita, C.P. (2003). Combatendo os Erros e Defeitos nas Intervenções de Conservação. *Pedra&Cal*, Dezembro de 2003, página 26, GECORPA, Lisboa
- [3] Appleton, J. (2003). *Reabilitação de Edifícios Antigos – Patologias e Tecnologias de Intervenção*. Edições Orion, 1ª Edição, Amadora
- [4] Costa, A. (2005). *Apresentação 2º Seminário – A Intervenção no Património. Práticas de conservação e reabilitação*. FEUP, Departamento de Engenharia Civil, Porto
- [5] INE (2002). *Censos 2001 – IV Recenseamento Geral da Habitação*. Instituto Nacional de Estatística, Lisboa
- [6] Córias, V. (2007). *Reabilitação Estrutural de Edifícios Antigos – Alvenaria/Madeira Técnicas pouco intrusivas*. 2ª Edição, Argumentum e GECORPA, Lisboa.
- [7] Paiva, J. (2006). *Guia Técnico de Reabilitação Habitacional*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil - Instituto Nacional de Habitação, Lisboa.
- [8] Lei de Base do Património Cultural Português – Lei nº 13/85 de 6 Julho de 1985
- [9] ICOMOS (2004). *Recomendações para a Análise, Conservação e Restauro Estrutural do Património Arquitectónico*. ICOMOS
- [10] (1933). *Carta de Atenas*. Congresso Internacional de Arquitectura Moderna, Atenas
- [11] (1964) *Carta de Veneza – Carta Internacional sobre a Conservação e o Restauro de Monumentos e Sítios*. II Congresso Internacional de Arquitectos e Técnicos de Monumentos Históricos, Veneza
- [12] (2000) *The Charter of Krakow - Principles for Conservation and Restoration of Built Heritage*. International Conference on Conservation, Krakow
- [13] Paiva, J. V. (2009). *O LNEC e a Reabilitação Urbana e dos Edifícios*. 3º Encontro sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios (Freitas, V. P.; Gómez, C. D.; Helene, P.; Abrantes, V.), FEUP, página 5, PATORREB 2009, Porto
- [14] Faria J. A. (2009). *Patologias das Construções com Madeira – Sugestões de Intervenção*. 3º Encontro sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios (Freitas, V. P.; Gómez, C. D.; Helene, P.; Abrantes, V.), FEUP, página 56, PATORREB 2009, Porto

- [15] Oliveira, E. V.; Galhano F. (2003). *Arquitectura Tradicional Portuguesa*. Publicações Dom Quixote, Lda, 5ª Edição, Lisboa
- [16] Appleton, J. A. S. (2000). Conservação e Reabilitação de Estruturas de Madeira – Metodologias de Intervenção. In *Estruturas de Madeira – Reabilitação e Inovação*. GECORPA, Lisboa
- [17] Segurado, J. E. S. (1942). *Trabalhos de carpintaria civil. Biblioteca de Instrução Profissional*. Bertrand, Lisboa
- [18] Dias, T. I. P. (2008). *Pavimentos de madeira em edifícios antigos. Diagnóstico e intervenção estrutural*. Dissertação de mestrado, FEUP
- [19] Sousa H. (2006). *Referência às soluções tradicionais de construção de edifícios em Portugal*. FEUP, Departamento de Engenharia Civil, Secção de Construções Cívicas.
- [20] Faria J. A. (2005a). *Principais Patologias das Estruturas de Madeira*. FEUP, Departamento de Engenharia Civil, Secção de Construções Cívicas.
- [21] Arriaga F. (2002). *Intervencion en Estructuras de Madera*. AITIM, Madrid
- [22] Mettem, C. J. (1993). *Repair of structural timbers. Part I. test on experimental beam repairs*. TRADA, Reino Unido.
- [23] Landa, M. (1997). Comportamiento de las unions encoladas para la reparacion de elementos estructurales de Madera que trabajan a flexión. Universidade de Navarra, Navarra
- [24] Landa, M. (1999) *Nuevas técnicas de reparacion de estructuras de madera. Elementos flexionados. Aporte de madera – Unión encolada I. Metodologia de puesta en obra*. Revista de Edificacion, nº28, Pamplona
- [25] Marque F. (2005). *O Tratamento Curativo da Madeira na Construção*. Centro Tecnológico das Industrias de Madeira e Mobiliário.
- [26] Branco, J. M., Cruz, P. J. (2002). *Lajes Mistas de Madeira-Betão*. Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil.
- [27] COLABORANTE (2007). *Catálogo Setembro 2007*. <http://www.colaborante.pt/>. Colaborante Perfilagem de Chapa, Ltd, Braga, Portugal.
- [28] ANACON (2008). *Shear load connectors for the construction industry*. Anacon Building Products, Sheffield, UK.
- [29] EXPAMET (2008). *Construction Fixings*. Expamet Building Products, Hartlepool, England
- [30] . [www.sedesa.com](http://www.sedesa.com) – 19 de Junho de 2009
- [31] Lourenço P. B. (2007) *Cobertura da sala do relicário no Mosteiro de Santa Cruz: Notas sobre a intervenção*. Construção Magazine, Publindústria

