

UNIVERSIDADE DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS / ENGENHARIA CIVIL

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL
– CONSERVAÇÃO E REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS –

**“TEORIA E PRÁTICA DE TÉCNICAS DE CONSTRUÇÃO
E CONSERVAÇÃO DE COBERTURAS DO SEC. XVIII:
EVOLUÇÃO HISTÓRICA, TRATADÍSTICA DO SEC. XVIII, DIAGNÓSTICO
DE ANOMALIAS E RESTAURO ESTRUTURAL”**

NUNO FILIPE MARQUES OLIVEIRA

Orientadora: Professora Doutora Arquitecta Maria Eunice da Costa Salavessa

Co-orientador: Professor Doutor Nuno Dourado



UTAD

Vila Real, 2009

AGRADECIMENTOS

Para a realização deste trabalho contribuiriam os conhecimentos adquiridos ao longo da formação académica que antecedem a realização deste trabalho. Registo a agradável colaboração das seguintes pessoas e entidade, aos quais presto os meus agradecimentos:

- À Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro nas pessoas da Prof. Doutora Arquitecta Eunice Salavessa, orientadora desta Tese, ao co-orientador Professor Doutor Nuno Dourado, por toda a ajuda e tempo dedicado.

- À câmara municipal de Mesão Frio e aos seus funcionários, pela disponibilidade que teve para comigo.

- Aos meus Pais, irmão, familiares e amigos que sempre me apoiaram não só na elaboração deste trabalho mas também para o alcance da possibilidade da sua realização.

- A todas as pessoas que me apoiaram e facilitaram o desenvolvimento deste trabalho, o meu agradecimento pelas contribuições e disponibilidades que sempre demonstraram.

Obrigado.

RESUMO DO TRABALHO

Esta dissertação trata sobre a evolução das coberturas até ao séc. XVIII, e sobre as técnicas e os materiais de construção que as integram, pretendeu-se dar valor à reabilitação e conservação do património em Portugal com particular atenção à cobertura do séc. XVIII.

Neste sentido, foi desenvolvida uma metodologia de trabalho, tendo por base um caso de estudo edificado, o edifício do Convento dos Franciscanos do Varatojo, no concelho de Mesão Frio. Para melhor enquadramento do Convento no espaço e no tempo, foi elaborada uma análise histórica e arquitectónica do edifício, um levantamento sobre o concelho onde se insere, a sua história e o património nele existente. Durante este trabalho efectou-se o registo das anomalias encontradas no edifício, com o objectivo de dar resposta à conservação dos materiais. Assim, realizou-se um estudo da cobertura do estilo pombalino, que envolveu o levantamento das anomalias, as dimensões e da identificação dos materiais empregues, de forma a dar propostas de conservação e reabilitação.

Apresentam-se os resultados de um estudo envolvendo uma análise linear elástica, pelo método dos elementos finitos, de uma asna, com o intuito de identificar os elementos mais solicitados.

Pretende-se com este trabalho, ter a percepção das construções das coberturas de madeira do séc. XVIII, para no futuro se poder realizar a reabilitação das coberturas, conservando os elementos construtivos existentes.

WORK SUMMARY

This thesis treats the evolution of coverage until the 18th century as well as its techniques and materials inside in the construction.

This work pretends to evaluate the rehabilitation and conservation of heritage in Portugal with particular attention to the coverage of the 18th century.

During this Thesis it was developed a methodology considering a case study, the building of *Covento dos Franciscanos do Varatojo*, municipality of Mesão Frio. To locate the convent in terms of space and time it was necessary to make an architectural and historical analysis of the building. It was also made a survey about Mesão Frio and about its history and heritage. During this work it was made a registration about anomalies found in the building, with the purpose of responding to the conservation of materials. To develop the theme of this work it was made a study about a coverage in *pombalino* style. So it was necessary drawing up a survey of anomalies, dimension and identification of materials, in order to make proposals of conservation and rehabilitation.

With the goal to analyze the most requested elements and the most critical parts of the truss coverage it was necessary to put in practice a structural mechanical study, performing a finite elements analysis, using the elastic properties of pine wood (*pinus pinaster* Ait.) by means of the commercial code ABAQUS®.

The purpose of this work is to get a perception of the construction of wooden coverages from the 18th century, so that later it can be possible to rehabilitate, and thus preserving existing constructive elements.

ÍNDICE

	PP
AGRADECIMENTOS.....	III
RESUMO DO TRABALHO.....	IV
WORK SUMMARY.....	V
ÍNDICE	VI
ÍNDICE DE FIGURAS E TABELAS.....	XIII
1 – INTRODUÇÃO.....	1
1.1– Considerações gerais.....	1
1.2 – Objectivo.....	3
1.3 – Metodologia.....	3
1.4 – Introdução.....	4
2 – ENQUADRAMENTO HISTÓRICO.....	6
2.1 - Evolução histórica da cobertura.....	6
	VI

2.2 – A tratadística, a concepção geométrica e dimensionamento de coberturas no séc. XVIII.....	12
2.3 - Referências Bibliográficas.....	16
3 – PREPARAÇÃO E COMPOSIÇÃO DE MATERIAIS.....	17
3.1 - Referências Bibliográficas.....	22
4 – EXECUÇÃO, CONSERVAÇÃO, RESTAURO E REABILITAÇÃO DE COBERTURAS.....	23
4.1 – Montagem e execução de coberturas.....	23
4.2 – Protecção e durabilidade da cobertura.....	25
4.3 – Os conceitos, os critérios actuais de intervenção e os conhecimentos técnicos e metodológicos tradicionais aplicados na conservação de coberturas.....	26
4.4 - Referências Bibliográficas.....	31
5 - CASOS DE ESTUDO: O ANTIGO CONVENTO FRANCISCANO DOS PAÇOS DO CONCELHO DE MESÃO FRIO.....	32
5.1 – Caracterização geral de Mesão Frio.....	32

5.1.1 – Situação geográfica.....	32
5.1.2 – Evolução Histórica.....	33
5.1.3 – Geologia.....	38
5.1.4 – Relevo.....	40
5.1.5 – Clima.....	40
5.1.6 – Vias de Acesso.....	41
5.2 – O antigo Convento Franciscano dos Paços do Concelho de Mesão Frio.....	42
5.2.1 - Caracterização arquitectónica do Convento Franciscano...	43
5.2.2 – Caracterização construtiva do Convento Franciscano.....	43
5.2.3 – Diagnostico das anomalias construtivas do Convento Franciscano / Técnicas de inspecção não - destrutivas de estruturas tradicionais.....	53
5.3 - Referências Bibliográficas.....	68
6 – CARACTERIZAÇÃO E DIAGNÓSTICO DE ANOMALIAS CONSTRUTIVAS DE COBERTURAS.....	71

6.1 – Generalidades sobre as características e defeitos de coberturas.....	71
6.2 – Anatomia das coberturas, resistência e estabilidade...	75
6.3 – Registo dos defeitos.....	77
6.4 – Normas sobre coberturas: especificações e documentos de homologação do LNEC, Normas Portuguesas, Normas Europeias, Normalização em Segurança, Normas de Segurança a Incêndios, RGEU.....	81
6.5 – Impermeabilização.....	84
6.6 – Cargas e movimentos.....	85
6.7 – Dispositivos de drenagem de águas pluviais.....	85
6.8 – Isolamento térmico e ventilação.....	86
6.9 – Segurança contra incêndios.....	88
6.10 – Controle da luminosidade.....	89
6.11 – Isolamento acústico.....	89

6.12 – Agentes de deterioração da cobertura e plano de manutenção.....	89
6.13 – Inspeção e diagnóstico de anomalias da estrutura, vertentes, cumeeira, rincões, larós, rufos, argamassas, telhas, ripado, clarabóias, dispositivos de recolha de águas pluviais.....	90
6.14 – Exigências de desempenho e defeitos.....	92
6.15 - Referências Bibliográficas.....	94
7 – OBRAS DE CONSERVAÇÃO E REPARAÇÃO DA COBERTURA.....	95
7.1 – Projecto de conservação e reabilitação da cobertura..	95
7.2 – Medições, obras de construção, demolição.....	96
7.3 – Especificações relativas a materiais.....	98
7.4 – Estudos preliminares.....	100
7.5 – Trabalhos de execução.....	104
7.5.1 – Trabalhos preliminares.....	105
7.5.2 – Limpeza de materiais.....	106

7.5.3 – Consolidação dos materiais.....	107
7.5.4 – Protecção de materiais.....	108
7.5.5 – Argamassas.....	110
7.5.6 - Construção de coberturas.....	111
7.5.7 – Demolições, substituições e ligações.....	116
7.5.8 – Consolidação e conservação de estruturas e elementos de madeira.....	117
7.5.9 – Consolidação e conservação de estruturas e elementos metálicos.....	118
7.5.10 – Consolidação de abóbadas em alvenaria.....	118
7.5.11 – Impermeabilização e isolamento térmico – acústico.....	120
7.5.12 – Obras de serralharia civil.....	122
7.5.13 – Trabalhos de vidraceiro.....	122
7.5.14 – Sistemas e instalações técnicas.....	122
7.5.15 – Colocação dos materiais em obra.....	123
7.6 - Referências Bibliográficas.....	124

8 – ANÁLISE ESTRUTURAL SEGUNDO O MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS.....	125
8.1 – Introdução.....	125
8.2 – Análise da estrutura.....	127
8.3 – Referências Bibliográficas.....	135
9 – CONCLUSÃO	136
10 – BIBLIOGRAFIA.....	138

ÍNDICE DE FIGURAS E TABELAS

DESENVOLVIMENTO DO TEMA	PP
Figura 1 - Sheldonian Theatre; asna de suporte da cobertura do auditório.....	11
Figura 2 - Diversos tipos de estruturas.....	12
Figura 3 - Asna de cobertura de um edifício pombalino.....	15
Figura 4 - Outros tipos de asnas de coberturas encontradas em edifícios pombalinos.....	15
Figura 5 - Direcção das forças.....	24
Figura 6 - Vista sobre o rio Douro.....	33
Figura 7 - Localização Geográfica do Concelho de Mesão Frio.....	33
Figura 8 - Casa da Vista Alegre.....	34
Figura 9 - Casa do Paço de Cidadelhe.....	35
Figura 10 - Quinta do Côtto.....	35
Figura 11 - Casa das Torres de Oliveira.....	35
Figura 12 - Casa de Sant`Anna.....	35
Figura 13 - Fachada do Convento dos Franciscanos do Varatojo.....	36
Figura 14 - Igreja de São Nicolau.....	36
Figura 15 - Arca Tumular.....	36

Figura 16 - Capela de São Silvestre.....	37
Figura 17 - Miradouro de São Silvestre.....	37
Figura 18 - Capela de São Sebastião.....	37
Figura 19 - Capela de São Caetano.....	37
Figura 20 - Carta Geológica de Portugal.....	38
Figura 21 - Carta Geológica da Região.....	39
Figura 22 - Horas anuais de Insolação.....	40
Figura 23 - Humidade relativa do ar (%).....	40
Figura 24 - Dias de geada / ano.....	40
Figura 25 - Rede viária do concelho de Mesão Frio.....	41
Figura 26 - Convento dos Franciscanos do Varatojo.....	42
Figura 27 - Alçado Norte.....	47
Figura 28 - Alçado Nascente.....	47
Figura 29 - Alçado Sul.....	47
Figura 30 - Alçado Poente.....	47
Figura 31 - Planta do piso -1.....	48
Figura 32 - Planta do piso 0.....	48
Figura 33 - Planta do piso 1.....	48
Figura 34 - Jardim interior do convento.....	50

Figura 35 - Fachada do convento.....	50
Figura 36 - Jardim interior do convento.....	52
Figura 37 - Interior do convento.....	52
Figura 38 - Interior do convento.....	52
Figura 39 - Fachada do convento.....	52
Figura 40 - Interior de uma das salas.....	52
Figura 41 - Fachada do convento.....	52
Figura 42 - Planta da cobertura.....	53
Figura 43 - Telhado do convento.....	55
Figura 44 - Portas e Janelas.....	57
Figura 45 - Caleiros da cobertura.....	58
Figura 46 - Fissuras nas paredes.....	60
Figura 47 - Intervenções efectuadas.....	62
Figura 48 - Pisos de madeira.....	63
Figura 49 - Azulejos do convento.....	64
Figura 50 - Fachadas com humidades.....	66
Figura 51 - Eflorescências e criptoflorescências.....	67
Figura 52 - Exemplo de isolamento na cobertura.....	87
Figura 53 - Vertente.....	90
Figura 54 - Cumeeiras.....	91

Figura 55 - Rincões e larós.....	91
Figura 56 - Rufos.....	92
Figura 57 - Telhas.....	92
Figura 58 - Cobertura do Convento Franciscano.....	96
Figura 59 - Interior da cobertura.....	97
Figura 60 - Desenho de uma asna.....	97
Figura 61 - Estrutura de cobertura	97
Figura 62 - Identificação das madeiras da asna.....	100
Figura 63 - Identificação das madeiras na cobrtura.....	100
Figura 64 - Identificação da zona estudada.....	101
Figura 65 - Interior da cobertura.....	102
Figura 66 - Instalações eléctricas na cobertura.....	105
Figura 67 - Instalações eléctricas na cobertura.....	106
Figura 68 - Identificação das peças da asna.....	111
Figura 69 - Corte da cobertura.....	115
Figura 70 - Alguns dos reforços e substituições em metal sugeridos.....	117
Figura 71 - Mau exemplo da rede eléctrica na cobertura actual do Convento	123
Figura 72 - Área de influência sobre a asna.....	126
Figura 73 - Direcções de simetria material na madeira.....	126

Figura 74 - Malha de elementos finitos utilizada nas simulações com representação das condições de fronteira.....	128
Figura 75 - Orientação do material.....	129
Figura 76 - Configuração deformada, com representação do campo das tensões normais ($f_{c,0,k}$) na direcção do fio da madeira (MPa).....	130
Figura 77 - Configuração deformada, com representação do campo das tensões normais ($f_{c,90}$) perpendicular ao fio da madeira (MPa).....	130
Figura 78 - Configuração deformada, com representação do campo das tensões de corte (τ) (MPa).....	131
Figura 79 - Perfis de tensão normalizados pelo valor mínimo de $f_{c,0,k}$ ao longo do dorso superior da escora	132
Figura 80 - Perfis de tensão normalizados pelo valor mínimo de $f_{c,0,k}$ ao longo do dorso inferior da escora.....	132
Figura 81 - Perfis de tensão normalizados pelo valor mínimo de $f_{c,0,k}$ ao longo do dorso superior da perna.....	133
Figura 82 - Perfis de tensão normalizados pelo valor mínimo de $f_{c,0,k}$ ao longo do dorso inferior da perna.....	134
Tabela 1 - Durabilidade e impregnabilidade da madeira.....	99
Tabela 2 - Propriedades elásticas do pinho (<i>Pinus pinaster</i>) e massa específica.....	128
Tabela 3 - Resistência à tracção da madeira de pinho (<i>Pinus pinaster</i> Ait) nas direcções Longitudinal (L), Radial (R) e Tangencial (T).....	131

1 – INTRODUÇÃO

1.1 – Considerações gerais

O património cultural edificado faz parte das nossas origens, do nosso passado, testemunho da nossa identidade cultural que, como todos os valores, é necessário preservar, conservar e legar às gerações futuras; as universidades são instituições que, pelas suas responsabilidades a nível regional, estão vocacionadas para a investigação relacionada com a história da construção e as novas tecnologias de preservação e restauro do património construído, a difundir pela sociedade civil.

O meio mais eficaz para contribuir para o progresso da arte de bem construir e conservar o património edificado de valor histórico e artístico, é considerar o seu objectivo principal, aperfeiçoá-lo ou mantê-lo, com os meios e recursos ao nosso alcance. A perfeição da arte de construir e conservar depende da conjugação de duas partes, a teórica e a prática. A prática, que é a mais antiga, é a arte de extrair os materiais, de os transportar, de os fabricar e os colocar na obra, para a execução de qualquer obra. A teoria é a ciência que dirige as operações da prática. É o resultado da experiência e do raciocínio, baseado nos princípios da matemática e física aplicada nas diferentes operações da construção. Através dela, e consoante a natureza dos materiais, o construtor pode definir as formas e dimensões adequadas para cada elemento construtivo determinado pelos esforços a que é submetido, para que resulte perfeito, sólido e económico.

Os edifícios do sec. XVIII, predominantes na Região Demarcada do Douro, constituem referências simbólicas para as suas comunidades e contribuem para

enriquecer o seu património cultural e urbano. As coberturas são uma parte relevante do património urbano, e a salvaguarda da imagem da cidade, vila ou aldeia histórica, passa forçosamente pela conservação das coberturas históricas ou tradicionais. A cobertura de um edifício, é muito importante na sua preservação geral e conforto interior. Várias condicionantes actuam sobre esta parte construtiva: o clima, o material disponível na região, a configuração do edifício e o sistema de economia local. Nas construções antigas, os elementos estruturais de madeira desempenham, em conjunto com as alvenarias, uma função importante, vencendo vãos entre paredes e suportando as coberturas.

Desta forma, e de acordo com os princípios de cartas internacionais do restauro e da conservação do património construído, este trabalho propõe a salvaguarda destes valores histórico-tecnológicos, utilizando prioritariamente, técnicas e materiais tradicionais, consideradas repositório da arte de bem construir; só quando estas se revelam ineficazes, propõe-se a utilização de técnicas e materiais contemporâneos.

Neste estudo, reúnem-se os diferentes conhecimentos sobre: critérios gerais de análise e restauro estrutural de coberturas históricas; coberturas de edifícios do sec. XVIII, descritos em tratados de construção da época; levantamento de estruturas de madeira de coberturas do sec. XVIII, existentes na Região Demarcada do Douro e que se conservaram até aos nossos dias; comportamento estrutural, característica dos materiais e processos de degradação; diagnóstico, avaliação da segurança e acções de intervenção, em coberturas casos de estudo.

1.2 – Objectivos

O Estudo tem como objectivos:

- Conhecer e restaurar a informação acessível relativa aos princípios técnicos da arte de construir coberturas do sec. XVIII, fazendo a interface com as técnicas construtivas actuais;

- Definir instrumentos e práticas capazes de assegurar a aplicação da Conservação Sustentável, que defende a continuidade da existência das artes e ofícios da época em que os edifícios foram construídos, e da Conservação Preventiva, que defende a aplicação periódica de acções de manutenção na luta contra a degradação dos edifícios históricos ou tradicionais e no aumento da sua durabilidade; determina-se, deste modo, o contributo do estudo das técnicas tradicionais de construção de coberturas setecentistas, na conservação dos edifícios desta época;

- Pesquisar técnicas e materiais contemporâneos que possibilitem intervenções pouco intrusivas, capazes de reabilitar ou restaurar coberturas históricas sem lhes destruir a autenticidade e valor histórico e tecnológico.

1.3 – Metodologia

A metodologia utilizada nesta dissertação desenvolveu-se pela seguinte ordem:

- Levantamento da bibliografia, em especial aquela que se refere a Tratados de Arquitectura e de Construção da época e contemporâneos, e ainda à História da Arquitectura e à História das Técnicas; determina-se, assim, a arte de conceber, dimensionar, preparar, combinar e montar os materiais e os princípios que regem a boa construção de coberturas;

- Estudo da carpintaria: levantamento geométrico e dimensionamento de coberturas do sec. XVIII; glossário técnico histórico, análise comparativa das tipologias (configuração, função, época construtiva); elaboração de cartas temáticas de samblagens

(características geométricas, espécies de madeira e suas características, defeitos originais, anomalias); estudo da tecnologia da madeira, análise estrutural, e princípios da mecânica estática; tecnologia dos nós e samblagens; transporte e colocação na obra; obras em madeira refeita; pesquisa de exemplos de estudos de diagnóstico; estudo de legislação internacional e nacional aplicável ao restauro e reabilitação de estruturas de interesse histórico e arquitectónico;

- Estudo de outros elementos da cobertura: revestimentos, impermeabilização, forros, cornijas, platibandas, sistemas de drenagem;

- Casos de estudo: estudo de diagnóstico de coberturas, no concelho de Mesão Frio – observação directa, análise histórica, registo de patologias, meios complementares de inspecção e diagnóstico; reparação das cabeças de vigas embebidas em alvenarias perimetrais; reforço das ligações das estruturas de madeira às alvenarias; reforço local de elementos estruturais de madeira, por reposição das assemblagens entre elementos de madeira, ou por compósitos; ensaio laboratorial.

1.4 – Introdução

O presente trabalho, realizado no âmbito da disciplina de Dissertação, pertencente ao 2º ano da Mestrado em engenharia Civil, tem como principal objectivo a caracterização e o diagnóstico de anomalias construtivas de coberturas tradicionais e a melhoria do seu desempenho. O desenvolvimento do estudo implicou o estudo e as sugestões de intervenção a efectuar, bem como as técnicas de reabilitação a aplicar face ao actual estado de degradação do Convento dos Franciscanos do Varatojo, propriedade da Câmara Municipal sita na freguesia de Santa Cristina, concelho de Mesão Frio, distrito de Vila Real.

Importa referir que o caso de estudo desenvolveu-se em três etapas distintas. A primeira referir-se-á às principais cartas e convenções que constituem recomendações fundamentais para a análise da conservação e restauro estrutural do património arquitectónico, metodologia a utilizar, caracterização geral do concelho de Mesão Frio e caracterização do Convento dos Franciscanos do Varatojo e do seu historial.

Para o efeito, foi desenvolvido um diagnóstico completo, que iniciou com várias inspecções “in situ” do edifício; recolha de informação relativa à história do edifício; levantamento arquitectónico rigoroso; levantamento construtivo; registo fotográfico completo do edifício; análise pormenorizada da utilização actual, organização espacial e funcional do edifício.

A segunda etapa é relativa ao relatório de patologias, incluindo uma análise ao estado de conservação do edifício e um estudo conclusivo do seu estado. Nesta segunda fase, será efectuada uma inspecção visual da edificação, identificando as anomalias estruturais e não estruturais e organizando-as em fichas de diagnóstico específicas. Determinar-se-ão as causas para o aparecimento das anomalias em “Fichas de Diagnóstico”. O estudo conclusivo do estado de conservação do edifício, incluiu indicação já consolidada de todas as anomalias estruturais e não estruturais, a suas relações causa/efeito e interacção de todos os fenómenos patológicos e avaliação da segurança.

A terceira e última etapa consistiu na apresentação das sugestões de resolução de anomalias previamente identificadas, serão baseadas na compreensão da interacção entre as diversas componentes construtivas e na determinação do alcance de cada patologia no estado global do edifício. As intervenções a adoptar resultarão da síntese e cruzamento das diversas informações recolhidas.

Deste modo, propõe-se **as bases para o projecto de conservação/restauro do Convento dos Franciscanos do Varatojo.**

Com a realização deste trabalho pretende-se, de forma geral, atingir os seguintes objectivos necessários à concretização dos aspectos referidos:

- Utilizar um imóvel de interesse público como recurso científico;
- Conhecer a situação, geologia, morfologia do terreno, clima, evolução histórica, demografia, património edificado do concelho;
- Descrever, resumidamente, o contexto histórico do Convento dos Franciscanos do Varatojo;
- Elaboração da pormenorização e técnicas construtivas.

2 – ENQUADRAMENTO HISTÓRICO

2.1 – Evolução histórica da cobertura

Desde tempos antigos, o ser humano tem sentido a necessidade de melhorar as condições de vida, de modo a alcançar a continuidade de seu desenvolvimento. Entre as preocupações que têm tomado as atenções do pesquisador que habita cada ser humano se destaca a de arranjar para si mesmo, para sua família e para a comunidade em que vive, ambientes em que, além de resguardado dos agentes da natureza, protegido das intempéries, possa exercer actividades com segurança. O desenvolvimento das edificações ao longo do tempo se constitui nos retratos deste empenho do ser humano.

Gradativamente, novas maneiras de utilizar os materiais conhecidos e as novidades sempre introduzidas contribuíram para o melhoramento das condições das habitações e dos demais edifícios.

Técnicas adequadas permitiram que se melhorassem as condições de estabilidade e de durabilidade das edificações. Da combinação entre engenharia e arquitectura resultou uma melhoria no aproveitamento dos espaços, com definição de formas, criando-se os estilos, padrões e as diferentes funções das partes que integram o todo e cuja importância neste todo requer cuidados cada vez mais detalhados no que se refere ao projecto bem como à própria construção.

Com certeza, a madeira foi um dos primeiros materiais utilizados pelo homem na construção das edificações. Contudo, a previsão de seu comportamento era apenas

possível com a observação quotidiana e intuitiva das propriedades oriundas da sua experiência de vida.

Ao longo do tempo, a história assinala diversos períodos arquitectónicos, cada um deles definido por intermédio de aspectos específicos, inerentes ao período em si ou decorrentes da evolução que se experimentava, com maior ou com menor velocidade.

As primeiras evidências a respeito do emprego de estruturas de madeira são encontradas entre os egípcios, antes do ano 3000 a.C. Desenvolvida ao longo do Rio Nilo, a **civilização egípcia** foi marcada por edificações cujas paredes de vedação eram de argila e cujas coberturas tinham seus elementos, muitas vezes de madeira (troncos de palmeira formando esteios para cobertura), dispostos de modo a se ter as primeiras composições que viriam originar as treliças tal qual se conhece nos dias de hoje.

Na **Mesopotâmia**, mais de quinze séculos depois, a madeira começa a ser empregada na cobertura de edificações. Na **Babilónia**, há registos de troncos de madeira estendidos de modo inclinado, apoiados sobre outros troncos horizontais sustentados por “pilares”, também de troncos. Nos palácios e outras construções de maior relevância, vigas de cedro substituíam os troncos de palmeira, conferindo especificidades arquitectónicas e estruturais. Na **Pérsia**, a partir do século VII a.C, a madeira também passou a ganhar espaço na cobertura das edificações. Porém, a evolução se processava muito lentamente, em particular pela grande dificuldade de serem encontradas soluções para as ligações entre os elementos estruturais envolvidos.

Tal dificuldade se deve à não disponibilidade de ferramentas adequadas para possibilitar um trabalho mais específico na madeira em bruto.

Na **arquitectura chinesa**, a madeira sempre ocupou um lugar expressivo. Construídas com espécies semelhantes aos pinheiros (coníferas) as estruturas de cobertura em madeira eram comuns. Os componentes da estrutura se distribuíam formando rectângulos. Outro aspecto típico das coberturas chinesas é a concavidade dos telhados, com largos beirais protegendo as paredes da incidência direta da água das chuvas. Há referência a tais tipos de coberturas por volta do séc. V a.C. Com o desenvolvimento das primeiras (e ainda precárias) ferramentas, a evolução das coberturas se processou na direcção de ampliar as dimensões dos elementos, aumentando a complexidade do conjunto estrutural, viabilizando a cobertura de vãos maiores.

Na **arquitectura japonesa**, as coberturas podiam ser de um tipo mais simples (sem tecto interno) ou mais complexo, com o gradual predomínio das vigas horizontais, assim como na arquitectura chinesa. Uma forma típica de cobertura japonesa emprega a madeira, simultaneamente, em função da estrutura e como elemento de vedação propriamente dito, protegido com materiais e produtos que possibilitavam o aumento da durabilidade natural. Não são raros os exemplos de templos e outras edificações japonesas, em madeira, com vida útil superior a um milénio.

A **arquitectura clássica grega** se baseou em técnicas que completavam, aperfeiçoavam e inovavam em relação ao que lhe antecedeu. Com novas ferramentas para trabalhar os materiais, em especial a madeira, as condições para o “projecto” e a construção melhoraram, permitindo, por exemplo, o emprego de peças compostas, unidas transversalmente por meio de elementos, que se constituíram nos precursores das cavilhas. Nas coberturas, de madeira eram os esteios e as vigas, que recebiam os elementos de vedação (telhas). Vigas longitudinais corriam de parede a parede e os elementos transversais se compunham de uma viga horizontal inferior e duas peças inclinadas, cuja ligação se apoiava num esteio central, posicionado no ponto médio da viga horizontal. As ligações eram por encaixes ou, simplesmente, por justaposição das peças, que trabalhavam apenas à flexão simples e/ou à compressão paralela às fibras. O facto de a viga horizontal trabalhar apenas à flexão limitava as dimensões dos vãos livres. Era preciso inventar uma nova disposição das peças para ampliar as áreas cobertas.

Esta mudança estrutural foi introduzida pelos **romanos**. Com o desenvolvimento das ferramentas para trabalhar a madeira, foi possível montar as primeiras estruturas de cobertura compondo as peças de um modo semelhante ao que se chama hoje de tesoura. Foi, então, possível aumentar os vãos livres a serem vencidos, evitando-se o uso de apoios intermediários, característica de parcela significativa das coberturas gregas. Com a expansão do Império Romano, o tipo de cobertura referido foi bastante difundido nas regiões sob o seu domínio, generalizando-se seu emprego.

Com os **bizantinos**, a partir do século IV d.C., as tesouras de madeira foram tomando configurações cada vez mais semelhantes ao que ainda hoje se conhece e aplica em obras civis. O contínuo aperfeiçoamento das ferramentas disseminou o emprego da madeira e as coberturas com este material se tornaram muito frequentes.

Surtem as primeiras medidas de protecção contra incêndios, com a utilização de folhas metálicas convenientemente posicionadas em relação ao conjunto de peças de madeira.

Na **arquitectura muçulmana**, a partir dos fins do primeiro milênio d.C, em razão das condições climáticas, a cobertura das edificações apresentava estruturas contendo vigas de madeira montadas com pranchas sobrepostas, que recebiam uma camada de material com características de desempenho isolante e impermeabilizante, e revestimento final de peças cerâmicas, muito semelhantes às telhas hoje disponíveis.

A **arquitectura românica**, marcada por forte influência da Igreja, conservou diversos elementos da arquitectura bizantina, em particular para a construção de templos. Foi muito difundido na época, o telhado com uma água, para a cobertura das naves laterais das igrejas. Ao mesmo tempo, foram utilizadas para a cobertura de pequenas construções e apresentavam as seguintes particularidades: fácil montagem, melhoria do escoamento das águas pluviais (número reduzido de intersecções entre os planos do telhado, ou encontro dos banzos superiores). Aparecem os primeiros elementos com função de contraventamento nas estruturas de cobertura, bem como se observa a preocupação de se evitarem as flechas excessivas. Estes aspectos se constituíram em significativa contribuição para o melhoramento estético dos conjuntos estruturais.

Na **arquitectura gótica** novamente são encontradas as tesouras de madeira, desempenhando também um papel marcante na caracterização do estilo propriamente dito e na definição das tendências formais do período. A madeira foi muito empregada na construção dos telhados das edificações góticas, especialmente nas abóbadas de catedrais. A pronunciada inclinação das superfícies (ou panos) das coberturas góticas exigiu precauções redobradas na construção das bases dos banzos superiores das tesouras, para serem minorados os deslocamentos e empuxos nos elementos de sustentação. Mantinham-se, ainda, as dificuldades na execução das ligações, mesmo com a utilização dos encaixes e das cavilhas, de comportamento mais conhecido na altura. Chapas metálicas foram introduzidas posteriormente (início do século XVII) [1].

A divulgação dos desenhos das coberturas clássicas, como a estrutura triangular romana das basílicas- paleo - cristãs, em publicações do **Renascimento**, especialmente de Andrea **Palladio** (1518 – 1580) nos seus “I Quattro Libri dell’Architettura”, obra

publicada em 1570, teve influência na continuidade de mitos dos sistemas de estruturas de madeira identificados a sul dos Alpes.

As estruturas triangulares primitivas das grandes coberturas imperiais com membros a trabalhar à tracção, suportando a viga – tirante ou linha, perduraram até à época moderna, principalmente devido à sua eficiência tecnológica. Só a partir do séc. XVIII é que as coberturas começaram a reflectir a mudança das ligações de madeira para as conexões metálicas, utilizando cavilhas e parafusos metálicos e tirantes de ferro. No entanto, até aos nossos dias, as formas tradicionais continuaram a ser utilizadas.

Alberti, relativamente ao problema de vencer grandes vãos, escreveu, em 1450, que se as arvores eram muito pequenas para executar uma viga completa a partir de um só tronco, juntasse-se vários numa viga compósita, com as faces abertas ligadas, também Brunelleschi, levou cerca de dois anos para desmontar andaimes, guindastes e reforços de madeira, da grande cúpula da Catedral de Florença, devido à dificuldade em libertar grandes e eficientes vigas de madeira de castanho.

Philibert de l'Orm (1510-1570), tratadista e arquitecto do rei Henrique II de França, escreveu em 1561 a sua obra, intitulada “Noveller Inventions pour bien bastir”, dedicada ao tema da carpintaria, que influenciou a construção de coberturas de estrutura de madeira até ao séc. XVIII e princípios do séc. XIX, Philibert propõe o abandono da tradicional estrutura triangular de vigas de madeira a favor de pequenos segmentos de arcos de madeira unidos por cavilhas. Inventou arcos de cerca de 60m de vão em madeira que provocavam apreciáveis tensões laterais nas paredes de suporte, o que tornou o sistema de Philibert pouco prático para edifícios mais altos.

Cristopher Wren, ainda no período renascentista, projecta o “Sheldonian Theater” em Oxford, baseando-se no teatro romano de Marcellus, apesar de adaptá-lo ao clima inglês e no sentido de poder ser utilizado pela imprensa da Universidade de Oxford, cujos livros eram guardados nas águas furtadas por cima do auditório, dotando o teatro de uma cobertura permanente.

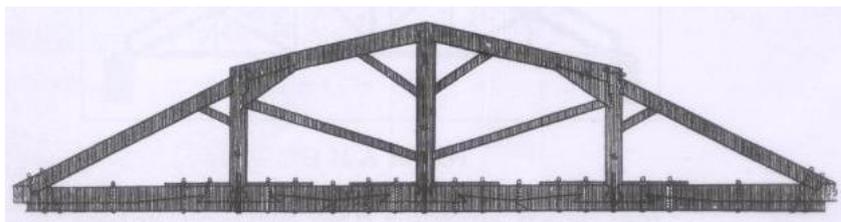
Wren adoptou a tradicional construção gótica de Oxford, aplicando-a numa cobertura invulgarmente grande Sobre o auditório e sem colunas de suporte. Utilizou um arco – tirante, onde os elementos da corda superior actuam mais ou menos em compressão, enquanto que a corda inferior actua principalmente como a viga em

tensão, aliviando as paredes de tensões para o exterior. A corda inferior era composta de ligações metálicas e sambladuras de elementos de madeira [2].

A partir da metade do **séc. XIX**, as primeiras pesquisas sistemáticas a respeito da caracterização das madeiras bem como o desenvolvimento dos primeiros processos para o cálculo de solicitações em elementos estruturais, criaram novos contributos para melhorar as condições do emprego da madeira em estruturas de cobertura.

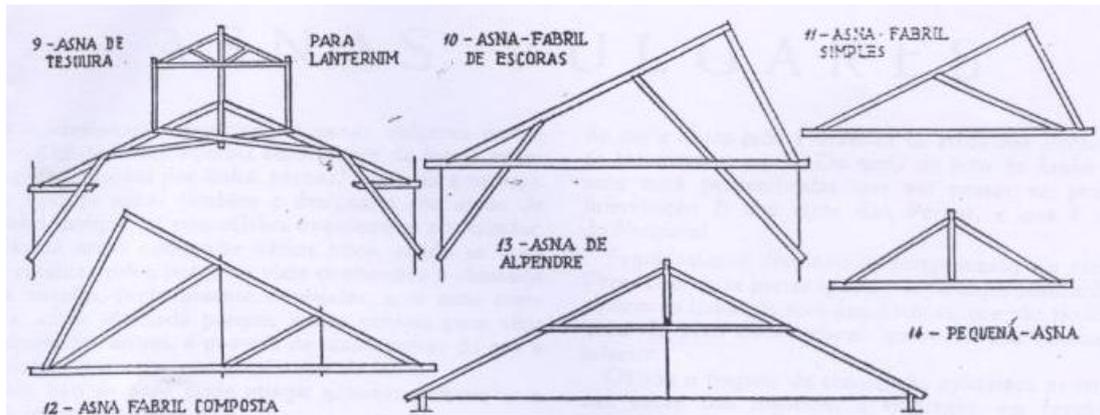
Até aos dias actuais continuam as estruturas de madeira a ser muito empregadas para a cobertura de edificações dos mais diversos tipos: residências, estabelecimentos comerciais e industriais, instalações sociais e desportivas, igrejas, hospitais, etc. Várias medidas se tornaram possíveis para prolongar a vida em serviço das estruturas de madeira, destacando-se:

- Avanço nas técnicas de preservação da madeira, com sua impregnação com produtos químicos inibidores da acção de fungos apodrecedores e de insectos xilófagos;
- Desenvolvimento de sistemática identificação e de caracterização das numerosas espécies de madeira, de florestas nativas ou de regiões de florescimento artificial, apropriando-as para usos adequados em função das suas efectivas propriedades físicas, de resistência e de elasticidade;
- Melhoria nos dispositivos de ligação, com o emprego criterioso de pregos, cavilhas, tarugos, parafusos de diferentes tipos, anéis metálicos, anéis de PVC e adesivos;
- Desenvolvimento de processos construtivos como a pré-fabricação de elementos de cobertura, para reduzir o tempo gasto em obras, bem como desperdício de madeira



Fonte: SANZ, Don Joseph Francisco Ortiz - los quatro libros, de arquitectura de Andres Paladio, Vicentino; Impressor de Câmara de S.M., 1797.

Figura 1: - Sheldonian Theatre; asna de suporte da cobertura do auditório



Fonte: SANZ, Don Joseph Francisco Ortiz - los quatro libros, de arquitectura de Andres Palladio, Vicentino; Impressor de Câmara de S.M., 1797.

Figura 2: - Diversos tipos de estruturas

2.2 – A tratadística, a concepção geométrica e dimensionamento de coberturas no sec. XVIII

A madeira sempre foi um material bastante utilizado na construção, devido á sua abundância. Cada região tentou utilizar e rentabilizar os materiais criados pela natureza, retirando o melhor partido da resistência das madeiras existentes na zona de forma a minimizar os trabalhos de transporte.

As madeiras eram cortadas nos primeiros dias de Outono, pois nesta altura as arvores retomam a sua solidez e descarregam todos os líquidos que tornam a madeira mais forte.

Em Portugal as árvores mais utilizadas eram o Castanheiro, Pinheiro Bravo e o Eucalipto, pois são as arvores mais abundantes, sendo o Castanheiro o mais usado em monumentos por causa da sua durabilidade e o Eucalipto pelos seus custos baixos [3].

Tendo como princípios, a arquitectura Romana, as estruturas de cobertura portuguesas comuns de madeiras do Séc. XVIII e XIX têm uma extensão média de 6m, com configuração triangular.

As asnas de Palladio, constituídas por linha, pernas e pendural e, adicionalmente, por duas escoras apoiadas na base do pendural, tinha a perna dividida em duas partes.

As escoras, trabalhando à compressão, contribuía para melhorar o comportamento à flexão da estrutura, permitindo ao mesmo tempo, solicitações de valor superior. O ângulo formado entre a linha e a perna ronda os 30°, enquanto que entre a escora e o pendural é próximo de 60°. O vão estava normalmente limitado a 8 m. Geralmente os elementos eram unidos por samblagens. No entanto, com a descoberta do aço, estas uniões passaram a estar complementadas com braçadeiras ou cavilhas na ligação linha-perna, Tês na ligação perna-escora e ainda pés de galinha na ligação perna-pendural e linha-pendural-escoras. A junção entre os elementos era feita por entalhes onde as forças são transferidas directamente pela compressão e fricção. Para melhoramento das junções eram utilizados elementos de metal.

A colocação destes elementos tinha por objectivo, não só reforçar a ligação mas, principalmente, prever a eventual inversão de esforços devido a acções dinâmicas (vento e sismo). É de referir, ainda, que a colocação destes elementos permitiu ainda minimizar eventuais defeitos na execução das samblagens.

As superfícies dos telhados podiam ser planas, quando cobriam edifícios de planta quadrangular, circular ou poligonal; ou curvas, quando protegiam abóbadas ou cúpulas.

Denomina-se ponto do telhado a relação entre sua altura e largura ou vão. Quando a altura da cumeeira (ponto mais alto do telhado) estava entre 1/3 e 1/4 do vão, dizia-se que o telhado era normal ou comum, ultrapassada esta relação dizia-se que o telhado era agudo.

Os planos inclinados que constituem os telhados recebem o nome de águas ou vertentes e o ângulo que estas formam com a linha horizontal do topo das paredes define a inclinação do telhado.

A inclinação depende das condições climáticas e do tipo de telha utilizado e, nos locais onde o clima é mais rigoroso, com a ocorrência de neve, os telhados apresentam maiores inclinações (portanto são agudos) o que possibilita o rápido escoamento da neve, cujo acúmulo acarretaria grandes sobrecargas à estrutura [4].

A partir de 1638 pode-se dividir a ciência de construção em dois períodos. No primeiro, anterior a Galileu Galilei e à demonstração matemática das novas ciências relativas à mecânica e aos movimentos locais, faltando ainda o conceito de tensão e deformação, a “firmitas” da estrutura atribuída à disposição das suas partes para evitar

os movimentos - “l’insorgere di cinematismi” – e à forma de um arco ou dois silhares de uma parede, constituía a variável sobre a qual se operava para obter um sistema de forças de equilíbrio. No segundo período, pelo contrário, definida a forma estrutural, questionava-se as propriedades de resistência dos materiais e se determinavam as dimensões das diferentes partes estruturais para mantê-las no limite máximo das solicitações.

O grande avanço seguinte consiste na incorporação, no reportório científico, do conceito de elasticidade, devido a Hooke (1635-1703). Com a intenção de resolver o problema de construir um cronómetro exacto, descreveu a fase elástica de deformação das plataformas em que esta é proporcional à força que provoca, apesar de não ter explicado as variações devidas ao comprimento da peça e à secção na determinação dos valores numéricos dessa deformação.

É Bernoulli (1654-1705) quem encontra a solução e enuncia um dos princípios básicos da ciência da construção: a deformada é directamente proporcional à carga e à longitude e é inversa à secção, e está ligada em cada material a um coeficiente específico, chamado hoje módulo de Hooke, o módulo elasticidade de um material.

Aplicando esta teoria a uma viga em carga, as deformações que se produzirem na parte superior devidas à compressão deviam-se equilibrar com as de distensão da parte inferior. Em 1684 Mariotte introduz a noção do eixo neutro e Parents (1666-1716) a fixa definitivamente na zona de equilíbrio dos esforços sobre a secção transversal das vigas.

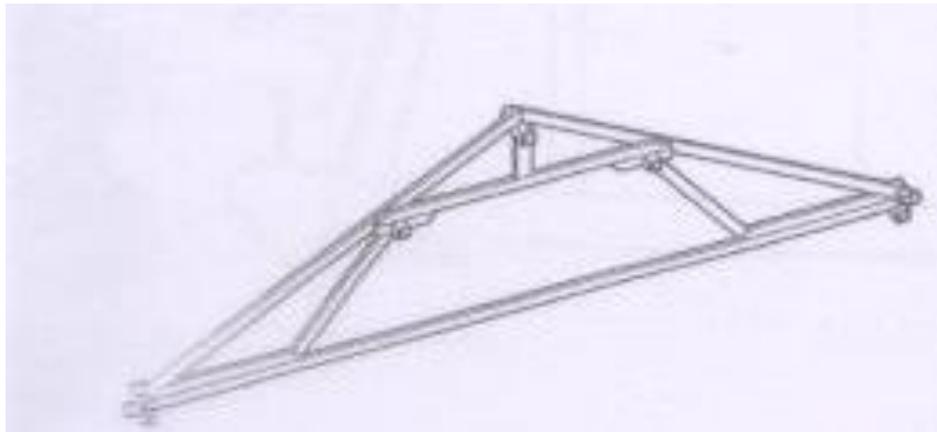
Em 1760 Euler publica a sua teoria que define um centro da massa ou centro de inércia em cada sólido relacionado com a forma e não com as forças a que está submetido e ainda com o momento de inércia. No mesmo período, em 1785, Coulomb publica os seus estudos sobre torção, os impulsos das terras, as abobadas, o atrito, etc.

Gaspar Monge publica a sua obra sobre geometria descritiva em 1799. O sistema métrico decimal implanta-se no conhecimento científico estabelecendo-se as unidades que expressam as causas e os efeitos das cargas a partir de 1803 em Itália.

Foi no séc. XVIII, que foi publicada em França, a obra de Diderot e d’Alembert, “L’encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers”, (1766), divulgando pormenores das estruturas de madeira para paredes “à maneira antiga e à maneira moderna”, os frontais e divisórias em tabique que devem ter influenciado a

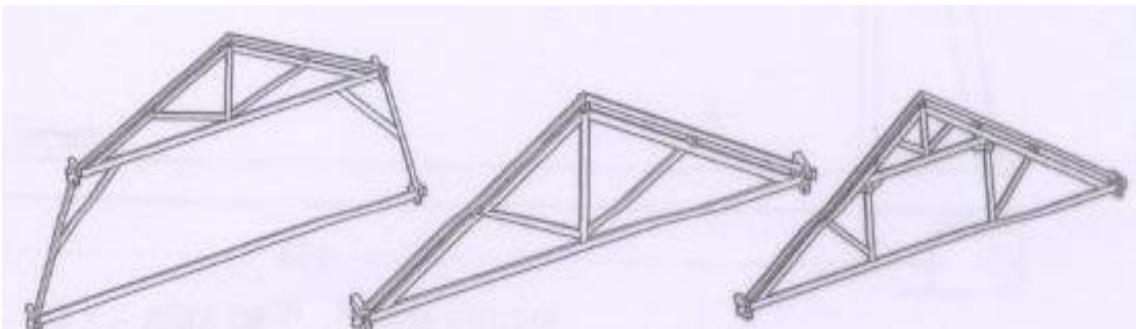
construção pombalina de Lisboa, após o terramoto de 1755. Também encontram-se nessa Enciclopédia o desenho de estruturas de coberturas, tradicionais e amansardadas, semelhantes às dos edifícios pombalinos.

A madeira utilizada nas construções da Baixa pombalina era de origem nacional ou importada de Flandres (o pinho de Flandres). As coberturas dos edifícios pombalinos, edifícios esses que foram desenhados por Eugénio dos Santos, tinham as asnas com um guarda pó ou forro, sobre o qual assentavam o ripado e as telhas de canudo [5].



Fonte: COIAS, Vitor – *Reabilitação estrutural de edifícios antigos: Alvenaria/madeira: técnicas pouco intrusivas*; Argumentun/ GECORPA, Lisboa, 2007

Figura 3: - Asna de cobertura de um edifício pombalino



Fonte: COIAS, Vitor – *Reabilitação estrutural de edifícios antigos: Alvenaria/madeira: técnicas pouco intrusivas*; Argumentun/ GECORPA, Lisboa, 2007

Figura 4: - Outros tipos de asnas de coberturas encontradas em edifícios pombalinos

2.3 – Referências bibliográficas

[1] – BLECHA, Karen Anéris, *Ensino de estruturas de madeira para engenheiros civis: as imagens de coberturas ao longo da história como contribuição para compreender a realidade dos processos construtivos actuais*, 2008.

[2] – COURTNEY, L.T. – Timber Roofs and Spires, in *Architectural technology up to the scientific revolution : the art and structure of large – scale Buildings*; the MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, 1994; pp 223 a 227.

[3] – J. RONDELET, *Tome quatrième, Traité, Theorique et pratique de l'art de bâtir*.

[4] – BRANCO, Jorge; SANTOS, Ana; CRUZ, Paulo, *Asnas tradicionais de madeira, evolução, comportamento e reforço com materiais compósitos*, PP204 A 215.

[5] - VILLALBA, António Castro, . *Historia de la construcion arquitectónica*, Edicions de la universitat politécnica de Catalunya, SC, Barcelona, 1995, pp. 274 a 276.

3 – PREPARAÇÃO E COMPOSIÇÃO DE MATERIAIS

Existem dois grandes grupos de madeiras usadas na construção, que são as madeiras maciças e as madeiras industriais.

Dentro das madeiras maciças existe a madeira roliça, a falquejada e a serrada. A madeira roliça é usada nas construções rurais, em estacas, nos escoramentos, nos postes, etc. Este tipo de madeiras deve ser usado sob condições ambientais meio secas, cujo teor de humidade ronda os 30%, ou seca ao ar em que existe o ponto de equilíbrio entre a humidade no interior das células e a humidade atmosférica.

A madeira falquejada (obtida da árvore com o uso de um machado) é usada em estacas, cortinas cravadas, pontes, etc. Devido ao reduzido período de secagem destas madeiras, ocorrem retracções transversais provocando fendas nas extremidades. Este efeito é facilmente evitado com a aplicação de alcatrão ou outro impermeabilizante nas extremidades [1].

A madeira tem a designação de serrada quando é cortada segundo dimensões standardizadas e é submetida a um período de secagem.

As madeiras lameladas coladas são constituídas por lâminas cujas fibras têm direcção paralela e são coladas sob pressão, formando grandes vigas de secção rectangular. A técnica da colagem e a cola são fundamentais para garantir a durabilidade da madeira.

As madeiras compensadas são obtidas pelo desenrolamento de pequenas árvores em folhas; estas placas são secas, escolhidas, pulverizadas com um adesivo hidrófugo,

dispostas em sobreposição contínua. São assim designadas, pelo facto da colagem das lâminas ser feita em número ímpar, sendo a direcção das fibras disposta alternadamente e perpendicularmente entre si. Esta madeira permite a construção de peças de maiores dimensões, reduz a retracção e a dilatação devido à perpendicularidade das fibras, é mais resistente na direcção perpendicular às fibras e nas camadas mais externas. A desvantagem é também o seu elevado custo.

Muitas vezes as patologias biológicas têm origem no corte da árvore, por essa razão deve-se ter em conta alguns procedimentos prévios durante e após o corte, que serão descritos no parágrafo seguinte.

A árvore deve ser cortada quando atinge a maturidade, isto é o cerne ocupa a maior parte do diâmetro do tronco, que varia entre 50 a 100 anos, consoante a espécie, obtendo-se desse modo uma madeira com elevada durabilidade natural. A melhor época do corte para esse abate é no Inverno dado que o tronco nessa altura tem menor teor em amidos e açúcares, sendo menos susceptível ao ataque de xilófagos [2].

Após o corte as árvores devem ser removidas da mata, sendo-lhes queimada a casca e destruídos os ninhos que se situam na camada superficial do lenho, a fim de interromper o ciclo de vida dos insectos subcorticais (*S. Noctilio*). A madeira nessa altura só poderá estar infestada pelos insectos *Cerambicideo E. Faber* ou *sirícideo S. Noctilio*, cujas larvas situadas no interior da madeira, tornam a sua detecção impossível e cuja destruição só se efectuará durante a secagem, ou durante as operações de fumigação em câmara (após a secagem natural, e/ou durante a impregnação). Fora da mata deverão ser aplicados por pulverização, insecticidas orgânicos sob a forma de emulsão óleo-água, aplicados na época de emergência e postura dos adultos.

Após o abate, a madeira deve ser serrada para que sejam evitados os defeitos no processo de secagem. O método mais eficaz de armazenamento do material é a empilhagem das peças com separador permitindo maior circulação do ar, protegendo-as da chuva e colocando-as em zonas ventiladas.

O tempo de secagem é aproximadamente 1 a 2 anos para madeiras macias e 2 a 3 anos para madeiras duras. Pelo facto da secagem natural ser muito demorada, são usados processos artificiais, fazendo passar as peças empilhadas por zonas de circulação de ar quente com temperatura e humidade controladas. O tempo de secagem varia entre 10 a 30 dias por polegada de espessura da peça. Estes processos de secagem rápida

devem ser fiscalizados para que não ocorram fendas na madeira, propícias ao ataque dos agentes biológicos e físico-químicos.[3]

Após a obtenção do material - madeira - também se devem ter algumas precauções na sua aplicação inserida na execução dos edifícios, ao nível estrutural e de pormenores construtivos. Essa salvaguarda pode evitar degradações estruturais e/ou degradações biológicas.

Em relação às deficiências construtivas destacam-se as mais frequentes:

- Os pilares não devem estar apoiados directamente sobre o solo, de modo a evitar degradações biológicas;

- As deformações relacionadas com a colocação de madeira verde em obra, ou com a existência de fenómenos cíclicos de humidade e secagem, ou simplesmente por inércia insuficiente;

- Encurvadura dos elementos comprimidos devido ao excesso de esbelteza das peças de madeira, ou devido à solicitação excessivas de cargas não previstas;

- Empenamento devido a assimetria de cargas, aos efeitos induzidos das vigas e dos elementos de apoio;

- As infiltrações ao nível da cobertura, quando não existe manutenção da mesma ou quando as impermeabilizações são mal realizadas, a ruptura ou deslocação das telhas pela acção do vento, a obstrução das canalizações, a falta de ventilação das coberturas poderá originar degradações por podridão, consequência das condensações;

- Os defeitos na execução das janelas e portas podem provocar entradas de água no interior dos pavimentos e nas entregas das vigas da estrutura de madeira dos pavimentos;

- Existência de fungos de podridão nas zonas húmidas, isto é, casas de banho e cozinhas, devido às condensações;

- A entrega das vigas em muros ou sobre vigas mestras deve ser no mínimo 15cm + ½ da espessura da peça;

- Deve existir ventilação dos pavimentos de madeira, de modo a serem evitadas degradações biológicas;

- As paredes onde vão assentar as entregas das vigas muitas vezes não se encontram niveladas [4];

De modo a evitar ou minimizar as deficiências construtivas indicadas anteriormente deve ser realizado o seguinte:

- Eliminação dos focos de humidade através da reparação de infra-estruturas e de coberturas defeituosas, execução de barreiras de impermeabilização nas fachadas, e realização de drenagens do terreno. Essas drenagens podem ser efectuadas pela colocação de uma camada de brita a envolver um tubo corrugado no interior de uma vala, ou pela execução de poços drenantes dispostos em função do nível freático em que a água é bombada e conduzida para a rede pública. Também se colocam telas plásticas, ou betuminosas, ou pela aplicação de placas metálicas na secção transversal da parede (desde que possua espessura superior a 40cm), ou através da injeção de líquidos capazes de impedirem a entrada de humidades pelo solo. Este último processo é efectuado com a aplicação de produtos minerais, ou através da hidrofugação das paredes com produtos repelentes à água.

- Deve existir uma boa ventilação ao nível das paredes exteriores na caixa-de-ar conjugadas com aberturas nas paredes interiores de fundação, e ao nível dos apoios das vigas e dos soalhos, para que não ocorram condensações que provoquem a existência de fungos de podridão. Quando tal não for possível, deve-se submeter a madeira a um tratamento protector por impregnação química mediante injeções a pressão em orifícios realizados previamente. Outra possibilidade, ao nível dos apoios das vigas, seria a sua impermeabilização plástica transpirável que evita a entrada de humidade do exterior e que permite a passagem do vapor de água do interior para o exterior.

- A protecção das zonas de apoio da estrutura da cobertura também pode ser realizada pela execução de beirais;

- Quando se utilizam chapas de zinco ou cobre em rufagens ou como protecção da madeira, deve ser colocado um material neutro (tipo plástico) de modo a serem evitadas possíveis reacções entre esses materiais e a resina da madeira.

- A madeira exposta à intempérie, deve ser bem dimensionada e protegida com pinturas ou vernizes que impeçam a entrada de humidade evitando degradações físico-químicas e biológicas;

PREPARAÇÃO E COMPOSIÇÃO DE MATERIAIS

-As peças de madeira devem ser isoladas do terreno, os pilares devem ser apoiados sobre bases de pedra, cimento ou aço. Para além disso as vigas de madeira também devem estar isoladas das paredes;

- Deve ser executado, sempre que possível, uma caixa-de-ar entre as paredes e os guarnecimentos de portas e rodapés, usando pequenos tacos de madeira, aumentando desse modo a vida útil dos materiais [5].

3.1 – Referências bibliográficas

- [1] - ARRIAGA, F.; Peraza, F.; Esteban, M.; Bobadilla, I.; e García, F. - *Intervencion en estructuras de madera* - AITIM, de 22 de Fevereiro de 2002
- [2] - FRANCO, E. S. - *Conservação de Madeiras em Edifícios – A defesa das madeiras serradas contra ataques de insectos xilófagos* - LNEC – Documento
- [3] – *Estruturas de madeira, reabilitação e inovação*, Gecorpa, 2000
- [4] - Departamento de Construção da Universidade Politécnica de Madrid (DCTA-UPM) - *Patología y Técnicas de Intervención. Elementos Estructurales* - Munilla-Iería,, Agosto de 1998
- [5] - SUMMAVIELLE, E. e Passos, J. M. S. - *Carta de Cracóvia 2000 – Princípios para a Conservação e Restauro do Património Construído* - Divulgação da Direcção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais, Outubro de 2003

4 – EXECUÇÃO, CONSERVAÇÃO, RESTAURO E REABILITAÇÃO DE COBERTURAS

4.1 – Montagem e execução de coberturas

As coberturas de madeira, quer sejam de uma, de duas ou mais águas, possuem na sua estrutura principal asna. As asnas de madeira podem ser de inúmeras configurações geométricas. A escolha da sua tipologia recai sobre vários factores entre os quais se destacam o vão a cobrir, a natureza das acções a considerar, a inclinação da cobertura, a arquitectura e as operações de montagem e execução. Sobre as asnas repousam as madres, a fileira e a subestrutura de suporte à cobertura (varas e ripas).

As asnas são normalmente constituídas por um elemento horizontal (a linha), por duas pernas inclinadas para a formação da vertente do telhado, por um elemento vertical apertado no vértice do telhado pelas pernas (o pendural) e por duas escoras inclinadas que ligam as pernas ao pendural. Contudo, o grau de complexidade da sua geometria aumenta com o vão a cobrir. O espaçamento normal entre as asnas, de eixo a eixo, é da ordem de 3 a 4 m.

As asnas simples, nascidas, provavelmente, no Renascimento, apresentam, como o nome indica, uma geometria elementar, constituída por linha e pernas, e em alguns casos por um pendural. Sofreu ao longo dos séculos várias transformações, passando progressivamente da solução mais simples e elementar, a triangulação, para sistemas

cada vez mais complexos, quer no número de elementos constituintes quer nos sistemas de ligação entre eles, A componente vertical é compensada pela reacção vertical no apoio. O elemento vertical (pendural), se presente e se não estiver apoiado sobre a linha, serve apenas para facilitar a união entre as pernas. Este esquema estático vem alterado no caso do pendural estar directamente apoiado sobre a linha, ou ligado à linha por meio de elementos metálicos. A linha passa a estar carregada a meio - vão estando sujeita para além da tracção, à flexão e ao esforço de corte nesta zona, agravando substancialmente a sua deformada. As ligações estão reforçadas por elementos metálicos, que lhes conferem rigidez e, conseqüentemente, uma melhor distribuição dos esforços por todos os elementos da asna.

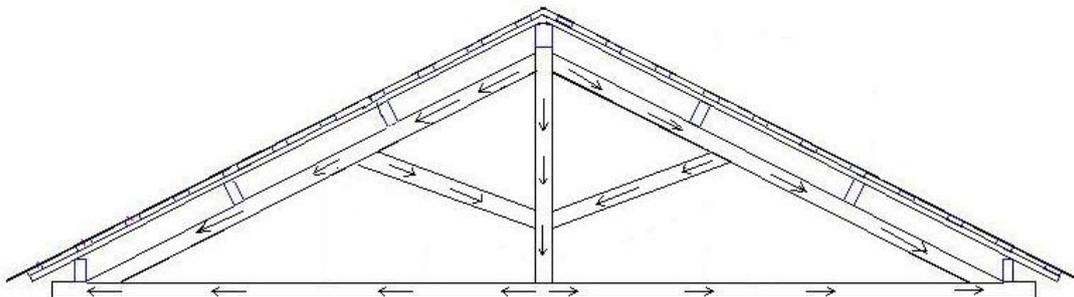


Figura 5: Direcção das forças

A necessidade de construir coberturas com vão superiores a 8 m forçou a evolução das asnas até à tipologia mais complexa de asna composta. Para permitir maiores comprimentos para as pernas, são necessárias mais escoras. Ao existirem mais elementos comprimidos (escoras) é necessário a introdução de elementos (tirantes) para resistirem à componente de tracção que surge na ligação escora-linha. A materialização de linhas com comprimento maior realiza-se, por vezes, através da união de dois elementos a meio vão da asna. As dimensões destas asnas exigem que as madeiras estejam bem secas e desempenadas, completa resistência, para além de ser indispensável a perfeição das samblagens e ferragens.

A construção de uma cobertura, por mais simples que seja, implica, desde logo, a necessidade de interligar os vários elementos que a constituem. A forma mais antiga de o fazer é através das chamadas ligações tradicionais ou samblagens, onde a transmissão

de esforços é feita por atrito e compressão na interface entre os elementos a unir. Este contacto entre os elementos a unir é normalmente realizado por dentes, e em certos casos, estes são complementados com a execução de respiga e mecha. As ligações por respiga e mecha asseguram uma perfeita conexão entre as peças e previnem ao mesmo tempo deslizamentos laterais das mesmas, por intermédio de penetração. Têm como inconvenientes a mão-de-obra que exigem e a redução de secções que representam.

Com a descoberta do aço (século XIX) e simultaneamente com a necessidade de se construir em larga escala, as ligações por meio de samblagens passaram a ser substituídas por ligações usando elementos metálicos tais como: pregos, parafusos, cavilhas, bandas metálicas, pés de galinha e Tês. Estes elementos auxiliares têm a finalidade de estabilizar a ligação, de impedir o deslizamento lateral da peça e de prever possíveis inversões de esforços. Os elementos metálicos mais comuns em asnas de madeira são: pé de galinha para a ligação das pernas ao pendural; Tê para a ligação das pernas às escoras; pé de galinha dobrado para a ligação do pendural à linha; e a braçadeira que aperta as pernas à linha, muito comum no século XIX [1].

4.2 – Protecção e durabilidade da cobertura

No caso particular da reabilitação e/ou reforço de coberturas de madeira, a dificuldade em prever o real comportamento das ligações tradicionais geralmente conduz a intervenções exageradas quanto ao aspecto da segurança. Além do mais, a incompreensão do comportamento global da cobertura poderá resultar em tensões inaceitáveis nos restantes elementos em consequência de um inadequado reforço da ligação (em termos de rigidez).

Dependendo do problema específico a resolver, o método de reforço pode envolver a colocação de uma armadura distribuída atravessando a secção do elemento de madeira para absorção de esforços de corte, ou para impedir a propagação de fendas longitudinais, ou então o reforço das zonas de tracção e de compressão. Refira-se que, contrariamente às intervenções em estruturas de betão armado, é corrente, nos elementos de madeira, o reforço simultâneo nas zonas superior e inferior das vigas, se

houver condições de acesso, já que a resistência à tracção da madeira é da mesma ordem de grandeza que a sua resistência à compressão.

As necessidades de durabilidade em obras de reabilitação e conservação são muito mais severas do que em construções correntes por serem substancialmente maiores os tempos de vida que se desejam para os edifícios antigos. Aplicar materiais com tempos de vida de 10 ou 20 anos num imóvel com três séculos é transportar problemas para o futuro a curto prazo.

As diversas características físicas, químicas e mecânicas dos materiais a usar na conservação devem ser devidamente ponderadas em termos de compatibilidade com os materiais existentes na construção a conservar ou reabilitar.

Características como porosidade, permeabilidade ao vapor de água, características mecânicas, estabilidade físico-química, variações dimensionais de origem higrométrica e afinidade química, entre outras, deverão ser sempre devidamente ponderadas na fase de selecção de qualquer material. O uso de novas técnicas e materiais de construção é necessário, mesmo imprescindível em determinadas acções de conservação; no entanto têm de ser garantidas as condições de compatibilidade e durabilidade, assim como deve ser garantida a sua reversibilidade.

Ao longo do trabalho será descrito mais pormenorizadamente o que deverá ser executado para uma melhor protecção e durabilidade das coberturas assim como uma boa manutenção destas [2].

4.3 – Os conceitos, os critérios actuais de intervenção e os conhecimentos técnicos e metodológicos tradicionais aplicados na conservação de coberturas históricas

O termo “conservação” engloba todo o conjunto de acções destinadas a prolongar o tempo de vida de uma dada edificação. Implica desencadear um conjunto de medidas destinadas a salvaguardar e prevenir a degradação, que incluem a realização de operações de manutenção necessárias ao correcto funcionamento de todas as partes e elementos de um edifício. A conservação do património arquitectónico exige um grande

rigor científico e envolve uma grande diversidade e complexidade de temas na sua abordagem. Necessita de apoio laboratorial para o desenvolvimento de análises especializadas e para o estabelecimento de diagnósticos patológicos, exige ainda o domínio de velhas e novas tecnologias, assim como o conhecimento dos materiais e processos construtivos, constituindo um campo de experimentação e aplicação de diferentes disciplinas do saber.

O lançamento de uma operação de conservação do património pode exigir a prática do **restauro**, ou seja, o lançamento de um conjunto de acções altamente especializadas, desenvolvidas de modo a recuperar a imagem, a concepção original ou o momento áureo na história de um edifício, no qual a sua arquitectura possuiu coerente totalidade.

O termo “**reabilitação**” designa toda uma série de acções empreendidas tendo em vista a recuperação e a beneficiação de um edifício, tornando-o apto para o seu uso actual.

O seu objectivo fundamental consiste em resolver as deficiências físicas e as anomalias construtivas, ambientais e funcionais, acumuladas ao longo dos anos, procurando ao mesmo tempo uma modernização e uma beneficiação geral do imóvel sobre o qual incide, actualizando as suas instalações, equipamentos e a organização dos espaços existentes, melhorando o seu desempenho funcional e tornando esses edifícios aptos para o seu completo e actualizado uso.

Em Portugal existem três categorias de património arquitectónico: os **monumentos** nacionais (Edifícios Históricos); os **imóveis de interesse público** (teatros, auditórios, museus, estádios, torres, estações de transporte, etc.) e os **valores concelhios** (edifícios privados que são imagem de marca de empresas ou particulares). Existe também o património construído que tem valor arquitectónico e/ou arqueológico com condições para ser classificado [3].

A recuperação de coberturas de madeira é frequente na reabilitação do nosso património arquitectónico. O tipo de intervenção é extremamente importante uma vez que a natureza e concepção original da construção deverão ser respeitados. Esta acção passa pela substituição total ou parcial dos elementos degradados, com eventual reforço estrutural. Os métodos de reforço estrutural podem ser divididos em três grupos:

EXECUÇÃO, CONSERVAÇÃO, RESTAURO E REABILITAÇÃO DE COBERTURAS

- O método tradicional, que consiste na substituição das zonas degradadas por peças inteiramente novas, de dimensões e propriedades semelhantes às originais;

- O método mecânico, que se traduz pela adição de elementos metálicos (cavilhas, parafusos de porca, chapas denteadas, braçadeiras e esquadros) ou de materiais compósitos;

- O método adesivo, que consiste na substituição da parte deteriorada por argamassa de resina epoxídica ligada à madeira sã através de varões metálicos ou compósitos.

A opção por uma técnica de reforço só deverá ser efectuada após um correcto diagnóstico das anomalias existentes. A escolha da solução final deverá ser tomada a partir de um estudo exaustivo e criterioso de todas as soluções propostas.

Alguns aspectos fulcrais terão de ser tidos em conta para a concepção de um reforço eficaz:

- No caso de se tratar de troços de madeira nova, esta deverá ser da mesma espécie que a existente;

- Quando se trata do reforço local de uma zona degradada, há que ter o cuidado em preservar a sua rigidez inicial, a fim de não provocar alterações significativas na distribuição de tensões entre elementos e ligações e, conseqüentemente, não comprometer o comportamento global da estrutura, quer sob acções estáticas quer cíclicas;

- Evitar concepções que possibilitem concentrações de humidade na zona reforçada e que comprometam o comportamento da estrutura sob condições acidentais (fogo).

Infelizmente, assiste-se a inúmeros casos práticos cuja concepção de reforço é errónea. É evidente, o insuficiente conhecimento sobre a utilização da madeira enquanto material estrutural: as suas propriedades físicas e mecânicas caíram no esquecimento e existe uma grande dificuldade em analisar e entender as suas anomalias. Se o mecanismo da ligação impede o livre movimento da madeira, a rotura de uma estrutura poderá ocorrer pelos seus membros, o que deve ser de todo o custo evitado perante a possibilidade de rotura frágil, especialmente nos elementos traccionados. Outros

aspectos a apontar passam pela possibilidade de ocorrência de um deslocamento relativo entre os dois elementos concorrentes, além de que a placa de aço impede futuras inspeções na zona reforçada e provoca concentrações de humidade nesta zona possibilitando o ataque biológico. Finalmente é de salientar o perigo que esta concepção de reforço representa em caso de incêndio.

Os sistemas compósitos foram desenvolvidos no decurso do século XX com o objectivo de criar materiais capazes de ultrapassar certas limitações dos materiais tradicionais. Hoje em dia, assiste-se a uma grande aposta na aplicação deste tipo de materiais como solução de reforço de elementos estruturais de betão, de aço ou de madeira. Trata-se de uma técnica fácil e de simples execução mas ao mesmo tempo capaz de melhorar as propriedades mecânicas. São os chamados “compósitos estruturais”, ou polímeros reforçados com fibras (FRP), que resultam da combinação de fibras e de uma matriz. As fibras são responsáveis pela resistência do compósito e a matriz é o elemento que as une, sendo responsável pela transmissão dos esforços. As matrizes podem ser constituídas por resinas termoplásticas (polietileno, polipropileno, poliéster, policarbonatos) ou termoendurecíveis (de epóxico, fenólicas, de poliéster, de poliuretano ou de poliamida). Das inúmeras fibras existentes no mercado, as que vêm demonstrando melhor eficiência no reforço e recuperação de estruturas de madeira são as fibras de vidro e de carbono.

As formas comerciais de sistemas de FRP mais frequentemente usadas no reforço de elementos de madeira podem dividir-se em três grupos principais: os sistemas moldados, ou curados *in situ*, caracterizados pela junção da matriz e das fibras no local a reforçar (mantas unidireccionais ou pluridireccionais); os sistemas pré-fabricados, caracterizados por perfis pré-fabricados que já integram a matriz (laminados); e os varões.

Os polímeros reforçados com fibras (FRP) de carbono são os que apresentam características mecânicas mais elevadas: resistência à tracção entre 4000-5000 MPa em formato manta, 2000-3000 MPa em formato laminado; módulo de elasticidade entre 200 e 400 GPa em formato manta e 100-200 GPa quando laminado ou em varão. Os compósitos com fibras de vidro são mais utilizados por terem um custo bastante inferior e por possuírem valores de propriedades mecânicas mais semelhantes aos da madeira:

módulo de elasticidade aproximadamente de 70 GPa, no formato manta, e 40 GPa, em formato varão, e resistência à tracção de aproximadamente 2500 MPa.

Actualmente, os benefícios associados à aplicação destes materiais resumem-se a:

- Possibilidade de aplicação em ambientes agressivos dada a sua resistência física e química (no caso das fibras de carbono não é necessário sequer a sua protecção);

- Facilidade de manuseamento associado ao baixo peso próprio;

- Vasta gama de materiais compósitos com características mecânicas diferentes: de facto é possível escolher produtos com módulo de elasticidade superior ao do aço, com deformações maiores, ou ainda resistência à tracção superior.

O uso de materiais compósitos em estruturas de madeira, quer maciças quer lameladas coladas, tem dois fins principais: a união entre elementos através de varões e o reforço de ligações. No primeiro caso, a realização da união entre elementos através de varões compósitos é muito semelhante à utilização de varões metálicos.

O reforço de ligações exige especial atenção, uma vez que o objectivo não passa pelo aumento da rigidez da ligação mas pelo aumento da sua capacidade de carga e da sua capacidade dissipativa. Visando o aumento da capacidade de carga da ligação, o reforço passa pelo controlo das tracções da madeira perpendiculares às fibras, especialmente relevante no caso de ligações com reduzido número de conectores de grande diâmetro (apresentam rotura frágil). Visando o aumento da capacidade dissipativa, caso das ligações viga - pilar, é aconselhável a interposição de várias camadas de laminado FRP. Por último, salienta-se, ainda, que as fibras de vidro são as mais usadas quando é pretendido o aumento da ductilidade das ligações e as fibras de carbono quando os objectivos são o incremento da rigidez e da resistência. Cabe ao projectista analisar as necessidades de reforço e escolher o material mais adequado atendendo à relação custo - benefício, ou seja, optar entre o reforço tradicional com elementos metálicos e o reforço inovador com materiais compósitos de fibra de vidro ou de carbono [5].

4.4 – Referências bibliográficas.

- [1] – PEREIRA, Vasco; MARTINS, João, *Materiais e técnicas de construção*, 2005
- [2] – BRANCO, Jorge M. Cruz, *Asnas de madeira, a importância da rigidez das ligações*, Engenharia de estruturas, 2006
- [3] – LOPES, Flávio; CORREIA, Miguel Brito, *Património arquitectónico e arqueológico*, 2004
- [4] – BONELLI, Rômulo; DELPINO, Rossana, *Manual pratico conservação de telhados*, IPHAN/ Monumenta
- [5] – MIOTTO, José; DIAS, António, *Reforço e recuperação de estruturas de madeira*, 2006

5 - CASO DE ESTUDO: O ANTIGO CONVENTO FRANCISCANO DOS PAÇOS DO CONCELHO DE MESÃO FRIO

5.1 – Caracterização geral de Mesão Frio

5.1.1 – Situação geográfica

Procuraremos de forma sucinta dar a conhecer o concelho de Mesão Frio, que encontra nas suas origens e identidade a sua grande riqueza e diversidade, reflectida no extenso património material e imaterial e que se apresenta como principal oferta cultural e turística.

Mesão Frio, é um dos mais antigos concelhos da região duriense. De acordo com Bernardino Oliveira, recebeu o “ (...) Foral em Fevereiro de 1152 por ordem de D. Afonso Henriques.”. Localizado no extremo sul - sudoeste do Distrito de Vila Real, na província de Trás-os-Montes e Alto Douro, situando-se o centro da vila num pequeno planalto a 380 metros de altitude, sobranceiro aos rios Douro e Teixeira. Deste Concelho rural, fazem parte integrante sete freguesias, são elas, Barqueiros, Cidadelhe, Oliveira, Vila Jusã, Vila Marim, Sta Cristina e S. Nicolau [1].

CASO DE ESTUDO: O ANTIGO CONVENTO FRANCISCANO DOS PAÇOS DO CONCELHO DE MESÃO FRIO



Figura 6 - Vista sobre o rio Douro

Geograficamente, Mesão Frio marca o início da Região Demarcada do Douro Vinhateiro, considerado pela UNESCO (*Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura*), como património da humanidade em 14 de Dezembro de 2001.



Fonte: <http://www.bar-do-binho.com/>

Figura 7 - Localização Geográfica do Concelho de Mesão Frio

5.1.2 – Evolução Histórica

O desenrolar do tempo definiu os contornos do primitivo concelho de Mesão Frio, cuja vivência se situa, “muitos séculos antes da outorga do primeiro foral em Fevereiro de 1152 por D. Afonso Henriques e que viria a ser confirmado por D. Afonso II, em Trancoso (a 15 de Outubro de 1217). Três dias antes do dia de Santo André do ano de 1513, o rei D. Manuel I concedeu-lhe "foral novo". A História deste concelho confunde-se, pois com a própria História de Portugal, existindo registos da sua existência, anos antes de D. Afonso Henriques haver sido reconhecido como rei pelo Papa Alexandre III” [2].

O concelho alcançou o seu período de maior prosperidade após a demarcação, no século XVIII, por decreto do Marquês de Pombal. O comércio dos vinhos generosos

CASO DE ESTUDO: O ANTIGO CONVENTO FRANCISCANO DOS PAÇOS DO CONCELHO DE MESÃO FRIO

prosperou rapidamente, originando um crescimento na produção vinícola, o que beneficiou as condições socioeconómicas locais e ainda hoje, é uma das principais indústrias do concelho, constituindo a sua Adega Cooperativa a sua maior expressão. Sendo esta, a primeira Cooperativa Vinícola em toda a região duriense, com o correr dos tempos, tornou-se numa das mais prestigiadas Adegas Cooperativas do País.

O Concelho de Mesão Frio “fica localizado numa pequena área de 2685 hectares, distribuídos por uma população de 4926 habitantes, cuja densidade se aproxima dos 225 habitantes por Km², que lhe dá a segunda mais alta percentagem demográfica do distrito de Vila Real.” [3].

Freguesia de Barqueiros – Com foral concedido a 13 de Setembro de 1223 (por D. Sancho II), a freguesia tem como principais festividades: São Bartolomeu a 24 de Agosto e Nossa Senhora da Conceição a 8 de Dezembro. Nesta freguesia predominou durante muitos anos a construção de barcos rabelos, daí o facto de ainda hoje ser conhecida como a “Terra dos Marinheiros do Douro”. De salientar a sua riqueza em Património Histórico e Arquitectónico, da qual são exemplos, a Igreja de São Bartolomeu, de meados do século XIX, a Capela de Nossa Senhora da Conceição, que poderá datar do século XVIII, apresenta características barrocas, onde se poderá encontrar a imagem da Senhora dos Navegantes, que evidencia a fé que ajudava o povo de Barqueiros a vencer as correntes tormentosas do Rio Douro. No que respeita ao associativismo, esta freguesia conta com o Rancho Folclórico de Barqueiros do Douro, Rancho Folclórico da Casa do Povo de Barqueiros, Associação de Apoio às Crianças, Jovens e Idosos de Barqueiros e União Futebol Clube de Barqueiros. Os bordados, rendas, alfaiataria, cestaria, castanholas e miniaturas de barcos Rabelos, são alguns dos exemplos de artesanato local.



Figura 8 - Casa da Vista Alegre

CASO DE ESTUDO: O ANTIGO CONVENTO FRANCISCANO DOS PAÇOS DO CONCELHO DE MESÃO FRIO

Freguesia de Cidadelhe – Existem vestígios de Civilização nesta freguesia desde o ano de 134 a.C.. As suas principais festividades são: São Vicente a 22 de Janeiro e São Gonçalo na 2ª feira da 7ª semana após a Páscoa. De realçar a sua riqueza em Patrimonial, da qual são exemplos da qual são exemplos, a Igreja Matriz de S. Vicente de Cidadelhe, templo de estilo barroco, a Igreja Matriz, as Casas do Paço, do Terreiro, do Outeiro e da Quita do Côtto, o Castro Céltico de Cidadelhe, a Ponte e Calçada Romanas. No que respeita ao associativismo, esta freguesia conta com o Grupo Recreativo e Desportivo de Cidadelhe.



Figura 9 - Casa do Paço de Cidadelhe



Figura 10 -Quinta do Côtto

Freguesia de Oliveira – Com carta de Couto da *villa* de Oliveira a 2 de Abril de 1170. A sua principal festividade é em honra à sua Padroeira a 15 de Agosto. Relativamente ao Património Histórico e Arquitectónico, são exemplos, a Igreja de Santa Maria de Oliveira, as Capelas de Nossa Senhora da Piedade e Santa Barbara, a Casa das Torres, a Casa de Sant'Anna, a Casa da Quinta Nova, a Casa D'Além, o Pelourinho e o miradouro da Capela de Nossa Senhora da Piedade. No que respeita ao associativismo, esta freguesia conta com um Grupo de Escuteiros. A cestaria e a tanoaria são alguns dos exemplos de artesanato local.



Figura 11 - Casa das Torres de Oliveira



Figura 12 - Casa de Sant`Anna

CASO DE ESTUDO: O ANTIGO CONVENTO FRANCISCANO DOS PAÇOS DO CONCELHO DE MESÃO FRIO

Freguesia de Santa Cristina – Esta freguesia foi alvo das invasões Napoleónicas a 11 de Maio de 1809. As suas principais festividades são: Santa Rita a 22 de Maio, São Lázaro em vésperas da Páscoa e Santa Cristina a 24 de Julho. De referir que está será porventura a freguesia com maior riqueza em Património Histórico e Arquitectónico, da qual são exemplos, a Torre da antiga Igreja de Santa Cristina, Ruínas da Capela de S. Lázaro (Gafaria), a Casa da Rede, a Casa de Lalim, a Casa da Picota, a Casa dos Fragosos, a Casa do Cabo de Vila, a Casa do Vale do Couto, a Casa dos Albergarias, fontanário oitocentista do Cruzeiro, o Pelourinho e o Auditório Municipal. No que respeita ao associativismo, esta freguesia conta com a Associação Cultural e Desportiva “Os Aliovírio”. A latoaria, a alfaiataria e a sapataria, são alguns dos exemplos de artesanato local.



Figura 13 - Fachada do Convento dos Franciscanos do Varatojo

Freguesia de São Nicolau – Esta freguesia está intimamente ligada ao nascimento do Município, datada de 1152. Tem como padroeiro São Nicolau e a sua principal festividade é a celebração do dia Corpo de Deus. No entanto, destacamos a sua enorme riqueza em Património Histórico e Arquitectónico, da qual são exemplos, Igreja de Santa Cristina, Igreja de São Nicolau, Convento dos Franciscanos do Varatojo, Casa da Ordem Terceira, Casa do Asilo, Hospital da Misericórdia, edifício do lar dos estudantes, Arcas Tumulares e Casa dos Guedes. No que respeita ao associativismo, esta freguesia conta com o Clube de Caça e Pesca e a Fanfarra dos Bombeiros Voluntários. Alfaiataria, sapataria, latoaria e escultura em pedra, são alguns dos exemplos de artesanato local.



CASO DE ESTUDO: O ANTIGO CONVENTO FRANCISCANO DOS PAÇOS DO CONCELHO DE MESÃO FRIO

Figura 14 - Igreja de São Nicolau

Figura 15 - Arca Tumular

Freguesia de Vila Jusã – A sua principal festividade é a Romaria a São Silvestre no 1º Domingo de Setembro. A Capela de São Silvestre, encontra-se no cume deste monte, com romarias desde os tempos imemoriais, evoca o primeiro papa do mesmo nome, natural de Roma, que faleceu a 31 de Dezembro do ano de 335. De destacar a sua riqueza em Património Histórico e Arquitectónico, da qual são exemplos, a Igreja Matriz de São Martinho, a Capela de São Silvestre, a Casa dos Cabrais, a Casa do Registro e o fontanário oitocentista em Fundo de Vila. Não poderíamos deixar de mencionar como ponto “obrigatório” de visitas turísticas, o miradouro do Monte de São Silvestre, de onde se poderá observar a soberba paisagem sobre toda a região.



Figura 16 - Capela de São Silvestre



Figura 17 - Miradouro de São Silvestre

Freguesia de Vila Marim – As principais festividades são: S. Sebastião a 20 de Janeiro no lugar do Mártir, Senhora do Rosário a 30 de Maio, São Caetano a 8 de Agosto, São Mamede a 17 de Agosto, Santa Luzia a 13 de Dezembro e Romaria do Lameirinho no 2º Domingo de Julho. De destacar a sua riqueza em Património cultural, da qual são exemplos, a Igreja de São Mamede, a Capela de São Caetano, a Casa de Valdourigo, a Casa de Santiago, a Casa do Salgueiral, a Casa do Paço, a Casa do Miradouro, a Casa do Povo, a Casa do Granjão, a Casa da Azenha, a Ponte Cavalari e o miradouro de Donsumil, de onde se poderá observar a magnífica vista sobre as vinhas em socacos até ao rio Douro. No que respeita ao associativismo, esta freguesia conta com o Grupo Desportivo e Cultural e o Grupo de Escuteiros de Vila Marim. Cestaria, alfaiataria e fabrico de violinos, são alguns dos exemplos de artesanato local.



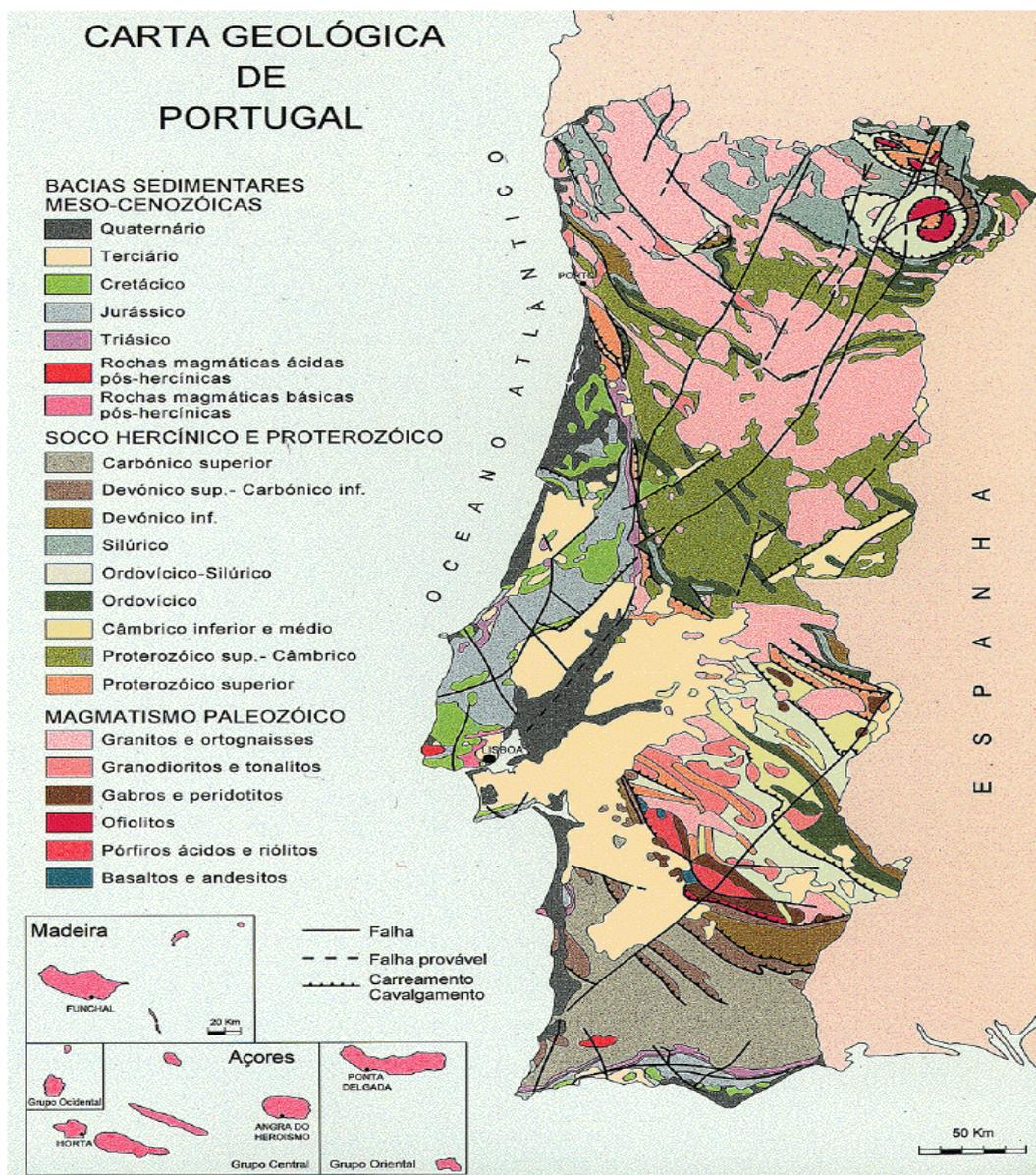
CASO DE ESTUDO: O ANTIGO CONVENTO FRANCISCANO DOS PAÇOS DO CONCELHO DE MESÃO FRIO

Figura 18 - Capela de São Sebastião

Figura 19 - Capela de São Caetano

5.1.3 – Geologia

Mesao Frio tem representação na carta geológica de Portugal. Fica na proximidade de três falhas, sendo a mais importante, e de grande profundidade a de Régua – Verin, que origina um eixo de águas minerais e termalismo no interior norte do país. Fica localizada numa área com predominância de xistos e pequenos filões graníticos. A construção antiga era realizada com esses materiais como principais aproximadamente na mesma proporção da sua existência na região.



Fonte: <http://web.letras.up.pt/mapoteca>

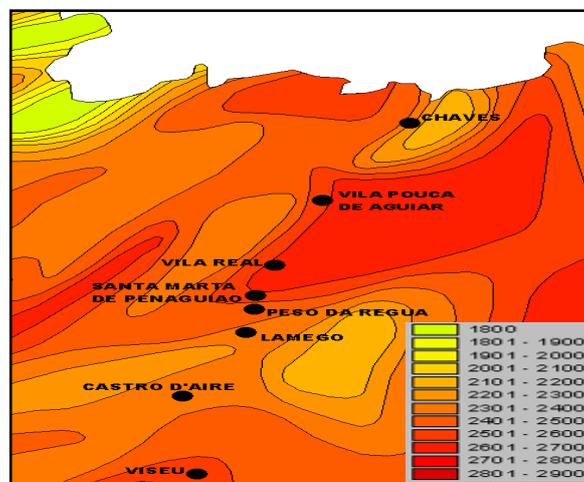
Figura 20 - Carta Geológica de Portugal

5.1.4 – Relevo

A vila de Mesão Frio situa-se nas faldas da serra do Marão e defronte da serra das Meadas, cujo relevo orográfico forma uma espécie de planalto ou mesão que estará, provavelmente, na origem etimológica do seu nome. Enquadrada por vinhas, a vila estende-se pelos socalcos da Serra do Marão até às margens do Rio Douro, numa paisagem salpicada de solares e igrejas que reflectem amplamente a época mais próspera do Douro – o séc. XVIII.

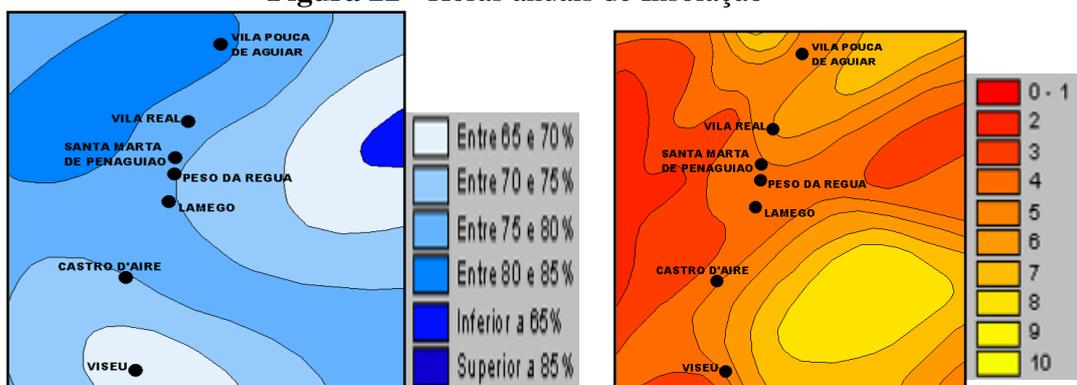
5.1.5 – Clima

De seguida apresentam-se cartas com os dados meteorológicos da região:



Fonte: www.meteo.pt

Figura 22 - Horas anuais de Insolação



Fonte: www.meteo.pt

Figura 23 - Humidade relativa do ar (%)

Figura 24 - Dias de geada / ano

CASO DE ESTUDO: O ANTIGO CONVENTO FRANCISCANO DOS PAÇOS DO CONCELHO DE MESÃO FRIO

5.1.6 – Vias de Acesso

A rede viária de Mesão Frio é constituída por duas Vias Nacionais e todo o resto da malha viária é constituído por Vias Municipais. As Vias encontram-se em relativo bom estado embora tenham elevados declives e curvas consecutivamente opostas.

Por via rodoviária, Mesão Frio encontra-se a 27km de Amarante, 18 de Baião, 39 de Vila Real e a 12 do Peso da Régua. É limitado a norte e a nascente por este último concelho, a sul pelos de Resende e Lamego (confinados pelo rio Douro), e a poente pelo concelho de Baião, já no distrito do Porto. Deste concelho rural de segunda ordem, fazem parte integrante, as freguesias de Barqueiros, Cidadelhe, Oliveira, Vila Jusã, Vila Marim, Santa Cristina e S. Nicolau, pertencendo ao agrupamento dos concelhos do Vale do Douro Norte, de que também fazem parte Alijó, Murça, Peso da Régua, Sabrosa, Santa Marta de Penaguião e Vila Real.



Fonte: Adaptação, WebCarta.net

Figura 25 – Rede viária do concelho de Mesão Frio

5.2 – O antigo Convento Franciscano dos Paços do Concelho de Mesão Frio

5.2.1 - Caracterização arquitectónica do Convento Franciscano

O Convento dos Franciscanos do Varatojo, é dotado de uma riqueza arquitectónica típica da época, com paredes espessas de granito, pátio e jardim interiores que em tempos serviam para os Frades passarem os seus momentos de lazer.



Figura 26 - Convento dos Franciscanos do Varatojo

A comunicação entre os três pisos, efectuada por largas escadas de granito trabalhado, assim como os vãos, cornijas e a torre demonstram que o material de construção predominante da época era o granito e a madeira.

A fundação do Convento dos Franciscanos, em Mesão Frio, não tem uma data precisa. Fortunato de Almeida, (*História da Igreja em Portugal*; II Vol., p. 146), diz que “*o Mosteiro de São Francisco de Mesão Frio foi fundado em 1724, para frades*” e, Frei Henrique Rema, dá o ano de 1744 como data provável da sua fundação (*Transmontanos e Durienses*; Arquivo Distrital de Vila Real; 1977; p.307).

O Convento dos Franciscanos de Mesão Frio encontrava-se integrado na Ordem dos Frades Menores da Província de Trás-os-Montes apenas geograficamente, e possuía estatutos e características próprias que o tornavam independente da tutela de qualquer Província Franciscana.

Desde a sua fundação, até 1790, pertenceu à “Província de Portugal” ano em que se adaptou a Seminário Apostólico, e se denominava Convento de Nossa Senhora da Piedade. Ao lado da igreja do Convento, funcionou a Ordem Terceira de São Francisco, confraria fundada no ano de 1734 por Cipriano Ribeiro, seu instituidor.

**CASO DE ESTUDO: O ANTIGO CONVENTO FRANCISCANO DOS PAÇOS
DO CONCELHO DE MESÃO FRIO**

5.2.2 – Caracterização construtiva do Convento Franciscano

**TÁBUA CRONOLÓGICA DO CONVENTO FRANCISCANO DO VARATOJO
E DA IGREJA ANEXA DE NOSSA SENHORA DA PIEDADE**

DATA	PROPRIETÁRIOS	OCUPANTES
1600	Existência de livro de eleições da Ordem Terceira de São Francisco, em Mesão Frio, segundo o livro de inventário de 1917 da Santa Casa da Misericórdia de Mesão Frio [4].	
1724	A fundação do Convento dos Franciscanos, em Mesão Frio, não tem data precisa. Fortunato de Almeida diz que “O Mosteiro de São Francisco de Mesão Frio foi fundado em 1724, para frades” [5]. É muito possível que o edifício para alojar os frades franciscanos tivesse começado a ser edificado em data anterior.	
1737	Normalmente é indicada a data de 1737 para a fundação da Irmandade, em Mesão Frio, sendo seu fundador Cipriano Ribeiro. Foi neste ano que a Igreja de Nossa Senhora da Piedade foi reconstruída. Cipriano Ribeiro instituiu, na altura, três missas diárias com \$150 reais cada [6].	
1744	Data de 1744 o primitivo estatuto da Irmandade, segundo Frei Henrique Rema o antigo Convento dos Franciscanos do Varatojo pertenceu, eclesiásticamente, à “Província de Portugal” [7], independentemente da tutela de qualquer outra Província Franciscana.	
1780	A Irmandade cedeu, em 1780, os baixos da Casa do Despacho para a Aula de Gramática, de ler e escrever, regida pelos frades [8].	Aula de Gramática, regida pelos frades da Ordem, no andar térreo da Casa do Despacho.
1790	Em 1790, o Convento é adaptado para a instalação do Seminário Apostólico da Nossa Senhora da Piedade, dos frades franciscanos do Varatojo [9].	

**CASO DE ESTUDO: O ANTIGO CONVENTO FRANCISCANO DOS PAÇOS
DO CONCELHO DE MESÃO FRIO**

DATA	PROPRIETÁRIOS	OCUPANTES
1809 1826	A 11 de Maio de 1809, a Igreja Paroquial de Santa Cristina, construída no lugar do Outeiro, foi derrubada pelas tropas do general Loison, durante a 2ª invasão francesa, comandada por Soult e pelo imperador Napoleão Bonaparte. Na Igreja de Nossa Senhora da Piedade há um sino com a imagem de Santa Cristina e a data de 1826, o que indica a apropriação desta Igreja franciscana pelos paroquianos de Santa Cristina, antes da expulsão dos frades do Convento [10].	Os ofícios litúrgicos da Igreja de Santa Cristina eram realizados na Capela do antigo Solar da Picota, entre 1809 e 1834 [11].
1809/1834		Em 1834, são extintas as Ordens Religiosas. A 28 de Maio de 1834, após a expulsão dos frades do Convento do Varatojo, os paroquianos da Igreja de Santa Cristina apropriaram-se da Igreja de Nossa Senhora da Piedade, convertendo-a em Igreja Matriz, passando esta a designar-se Igreja de Santa Cristina.
1834	Em 1834, o Convento, dirigido por Frei Miguel da Soledade, tinha 19 religiosos, entre os quais, 10 sacerdotes, 6 irmãos leigos e 3 cantores coristas [12].	

**CASO DE ESTUDO: O ANTIGO CONVENTO FRANCISCANO DOS PAÇOS
DO CONCELHO DE MESÃO FRIO**

DATA	PROPRIETÁRIOS	OCUPANTES
1834	O último religioso da Ordem Terceira a abandonar o Convento, depois do seu encerramento, foi Frei Joaquim da Purificação, em 1845 [13].	
Século XIX	No século XIX, a C.M. requisita o piso superior do Convento, para aí estabelecer a Misericórdia e o Hospital, e o andar térreo para a instalação dos quartéis militares [14].	
1840	A 31 de Agosto de 1840, o Convento é adaptado à instalação da Casa da Câmara e a Cerca transformada em cemitério [15].	
Meados do século XIX	Em meados do século XIX, a antiga Casa do Despacho foi transformada em hospedaria, sendo sua proprietária a viúva Maria Pita, designando-se a hospedaria de “Casa da Pinta”. Maria Pita era na altura, também, hospitaleira da Misericórdia.	
1861	Em 1861, é construído em frente ao Convento um fontanário [16].	
1871	A 22 de Agosto de 1871, a Assembleia Geral da Ordem Terceira de São Francisco vota os estatutos da Ordem.	
1872	A 23 de Abril de 1872, António Tibúrcio Pinto Carneiro, governador civil de Vila Real, aprova os estatutos que se encontram no livro do Arquivo Histórico da Santa Casa da Misericórdia, onde constam duas folhas: petição do Ministro e Definidores da Ordem ao Núncio Apostólico, para que fosse elevado o preço das missas, devido à dificuldade de obtenção de sacerdotes para rezarem as missas pelo preço de 240 reis; o número de missas de legados era de 701; a outra folha serviu para remeter a petição ao prelado da Diocese.	
1874	Já em 29 de Setembro de 1874, havia sido atendida idêntica pretensão pela Nunciatura Apostólica, no sentido de satisfazer 2128 missas atrasadas pelo preço de 240 reis.	
1881	Os estatutos da Venerável Ordem Terceira de São Francisco da vila de Mesão Frio são impressos em 1881, na Tipografia do “10 de Março”, na rua D. Fernando do Porto [17]. Nesse ano realizam-se obras de reparação no Convento [18].	

**CASO DE ESTUDO: O ANTIGO CONVENTO FRANCISCANO DOS PAÇOS
DO CONCELHO DE MESÃO FRIO**

DATA	PROPRIETÁRIOS	OCUPANTES
1915	A 2 de Setembro de 1915, a Ordem Terceira prepara a sua incorporação na Santa Casa da Misericórdia, forçada por elevadas dívidas que tinha com esta última.	
1916	Em 8 de Janeiro de 1916, concretiza-se a fusão das duas Irmandades, que consta em alvará assinado por Dr. Nuno Simões, governador civil de Vila Real. Para a Santa Casa da Misericórdia, passaram as alfaias, quadros, paramento e mobiliário do antigo Convento. A Casa do Despacho, depois de servir de salão paroquial, foi alugada pela Misericórdia ao Banco Totta & Açores [19].	
1992	Desde 21 de Novembro de 1992 até 10 de Janeiro de 1993, seis cadeiras de couro com o escudo da Ordem Franciscana fazem parte da exposição “Identidade Cultural Transmontana – Os Franciscanos”, realizada no Arquivo Distrital de Vila Real [20].	

**CASO DE ESTUDO: O ANTIGO CONVENTO FRANCISCANO DOS PAÇOS
DO CONCELHO DE MESÃO FRIO**

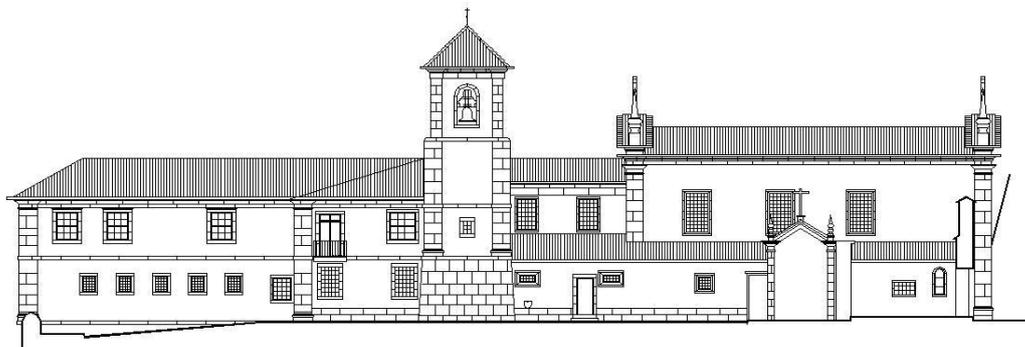


Figura 27 – Alçado Norte



Figura 28 – Alçado Nascente

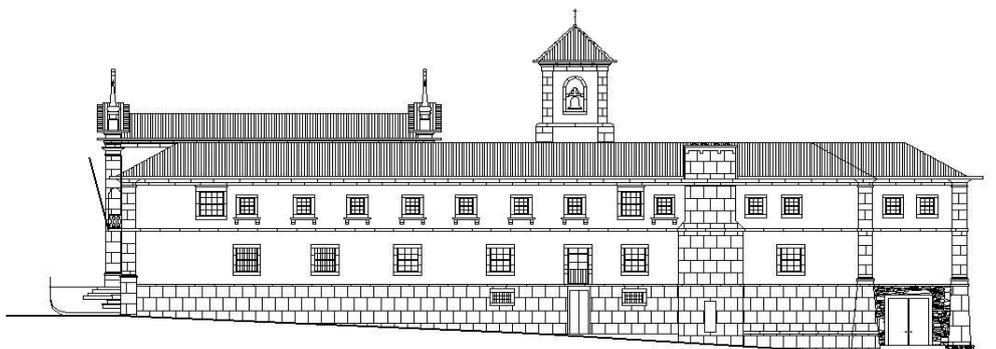


Figura 29 – Alçado Sul

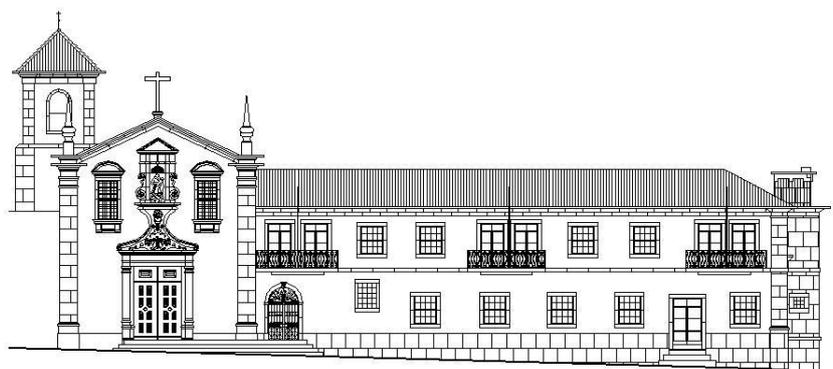


Figura 30 – Alçado Poente

CASO DE ESTUDO: O ANTIGO CONVENTO FRANCISCANO DOS PAÇOS DO CONCELHO DE MESÃO FRIO

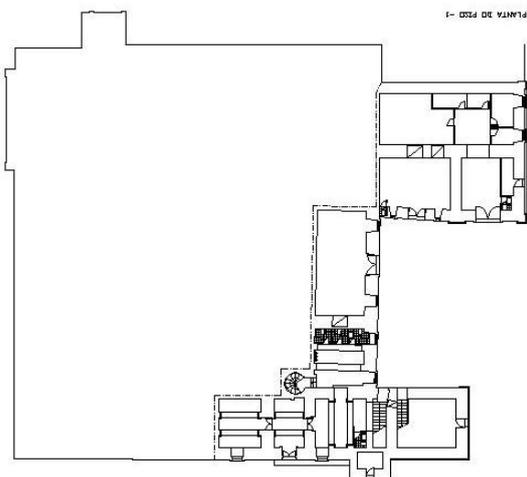


Figura 31 – Planta do piso -1

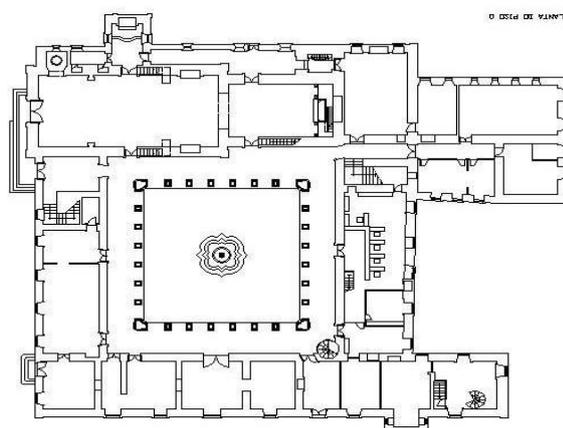


Figura 32 – Planta do piso 0

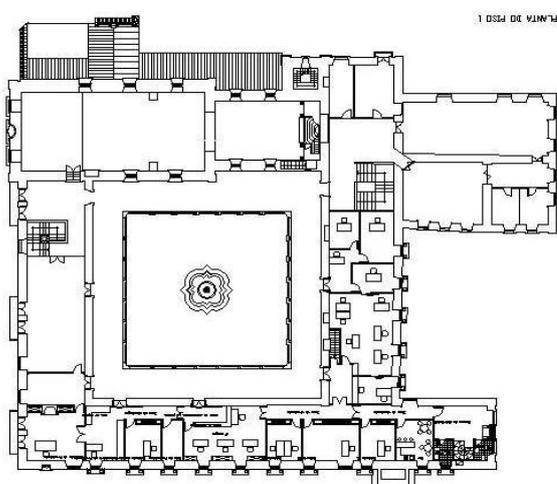


Figura 33 – Planta do piso 1

CASO DE ESTUDO: O ANTIGO CONVENTO FRANCISCANO DOS PAÇOS DO CONCELHO DE MESÃO FRIO

O edifício, seiscentista e reformado nos séculos XVIII, XIX e XX, ergue-se no lado Sul da Avenida Conselheiro Alpoim, na freguesia de S. Nicolau, do concelho de Mesão Frio. É constituído por três unidades distintas, dispostas segundo uma planta irregular:

1) ao centro, a Igreja de Santa Cristina, cuja única nave longitudinal, perpendicular à Avenida, apresenta tecto abobadado de madeira, capela-mor mais estreita e baixa, sacristia posterior, camarim estreito adossado ao lado esquerdo, rematado pela torre sineira, entre a sacristia e o camarim, coro alto sobre a entrada e, a preceder a capela-mor, um púlpito de cada lado;

2) A Poente, o Mosteiro Franciscano maneirista, onde, actualmente, se encontra a sede da Câmara Municipal, o Registo Predial e o Posto de Turismo, que, em conjunto com a Igreja, forma um claustro de dois pisos, central e quadrangular; a fachada meridional do Mosteiro, de três pisos, tem planta em U, projectando dois corpos avançados sobre o rio Douro, de fachadas a formar alambor, à semelhança das fortalezas do sec. XVII;

3) A Nascente, a Casa do Despacho, do sec. XVIII; de linguagem rococó e neoclássica, de dois pisos, dispõe-se segundo uma planta rectangular a confrontar a rua pública a Norte, e integra pátio quadrado; neste corpo, funciona, actualmente, o Banco Totta & Açores.

A cobertura de todos estes volumes, que constituem o edifício, articula-se em diferentes telhados, de duas águas na Igreja e sacristia, três na Casa do Despacho, e de quatro no Convento e torre sineira. O pátio quadrangular central é rodeado de pórtico, cuja arcada suporta galeria alpendrada, do andar superior, apoiando-se o alpendre de uma água em colunas de granito. O paramento branco das fachadas de alvenaria granítica, rebocadas e caiadas, contrasta com o granito de cantaria, de reforço do embasamento, pilastras, cornija, faixa ao nível do primeiro andar e molduras dos vãos, ornamentadas na Igreja, rectas ou em arco de volta inteira no Mosteiro e em arco abatido na Casa do Despacho. Uma escada granítica, de três degraus paralelos à fachada principal, permite o acesso aos portais da Igreja e do Convento.



Figura 34 – Jardim interior do convento



Figura 35 – Fachada do convento

A fachada principal do Convento, voltada a Norte, tem o paramento caiado de branco, de dois andares separados por faixa horizontal, reforçado por elementos de cantaria de granito, no embasamento, no cunhal apilastrado toscano do ângulo direito, na faixa ao nível do sobrado, no friso e na cornija, na cimalha da fachada e na moldura dos vãos.

Ao nível do andar térreo, tem, da esquerda para a direita, um portal emoldurado de arco de volta perfeita sobre ombreiras apilastradas; cinco janelas de moldura rectangular e caixilharia envidraçada de guilhotina, estando uma delas desalinhada; uma porta de moldura rectangular, com dois batentes e bandeira envidraçada; uma janela idêntica às outras, de guilhotina. No andar superior, o andar nobre, a fenestração regular é ritmada por três módulos de dupla janela de moldura rectangular de sacada corrida com gradeamento em ferro forjado, um módulo em cada extremo da fachada e outro central, intercalados por um par de janelas, igualmente de moldura rectangular e caixilharia de guilhotina, idênticas às do andar térreo. A fachada ocidental é mais comprida e implanta-se sobre o terreno declivoso, que desce de Norte para Sul, apresentando dois andares, mais próximo do enclave de articulação setentrional, e três andares, na proximidade do extremo oposto. Apresenta, igualmente, o paramento rebocado e caiado, com faixa horizontal a separar os dois andares correspondentes aos pés direitos dos andares térreo e superior, da fachada principal, mas o embasamento de cantaria de granito vai aumentando a altura com o pendor do terreno, adquirindo, no topo Sul, mais um pé direito. Na zona meridional desta fachada, salienta-se um corpo que avança, sensivelmente em relação ao pano da fachada, todo em cantaria e escalonado nas faces laterais. Nesta fachada, rasgam-se, no embasamento, um vão de porta com moldura rectangular, entre duas janelas, também de moldura rectangular; os andares superiores

CASO DE ESTUDO: O ANTIGO CONVENTO FRANCISCANO DOS PAÇOS DO CONCELHO DE MESÃO FRIO

têm janelas de guilhotina idênticas, sendo as que correspondem ao andar térreo, no sentido do topo Norte, protegidas por gradeamento em papo de rola; sobre o único portal desta fachada, ergue-se uma janela de sacada à face; as restantes janelas, do andar superior, têm o peitoril assente sobre mísulas; junto ao cunhal Norte desta fachada, existe um nicho encimado por cornija e com pedra de peito de avental, que abriga a imagem da Virgem. As outras fachadas do Mosteiro têm alambor, e o paramento apresenta os blocos de granito, de aparelho almofadado ou, nas faces internas do U, em *opus vittatum*; as janelas são também de guilhotina, mas umas são maiores que outras, e algumas interligam-se à cornija superior.

As escadarias de granito, de ligação entre os dois pisos, inseridas em celas quadrangulares, algumas de caracol, e as diferentes salas e câmaras que abriam umas sobre as outras, actualmente modificadas, para adaptação a funções diversas das originais, desenvolviam-se em três alas que rodeavam o pátio quadrangular central. Os paramentos exteriores das fachadas voltadas para este pátio têm lambril revestido a azulejo de padrão azul e branco. O claustro, de dois andares, tem, no nível térreo, o pavimento lajeado a granito e arcada composta por quatro lados, tendo cada lado sete arcos de volta inteira de aduelas de granito assentes em pilares de secção rectangular; no andar superior, colunas toscanas de fuste circular assentam sobre muro ritmado por plintos, estando as colunas, os plintos e os pilares do andar térreo, na mesma prumada; o alpendre da galeria, que se desenvolve neste segundo andar do claustro, apoia-se, por um lado, nas fachadas voltadas para o pátio, e, por outro, na colunata toscana. O pátio quadrado é ajardinado com canteiros de buxo e tem uma fonte central barroca com tanque quadrilobulado, coluna galbada, e taça elevada com quatro carrancas. Um dos vãos de ligação à Igreja apresenta moldura recortada de belo efeito, com brincos compridos, e é ladeada por pequeno nicho de arco de volta inteira com porta e esculpida com gomil.

**CASO DE ESTUDO: O ANTIGO CONVENTO FRANCISCANO DOS PAÇOS
DO CONCELHO DE MESÃO FRIO**



Figura 36 – Jardim interior do convento



Figura 37 – Interior do convento



Figura 38 – Interior do convento



Figura 39 – Fachada do convento



Figura 40 – Interior de uma das salas



Figura 41 – Fachada do convento

**5.2.3 – Diagnostico das anomalias construtivas do Convento Franciscano /
Técnicas de inspeção não - destrutivas de estruturas tradicionais**

FICHA 1- Coberturas

LOCALIZAÇÃO DA PATOLOGIA E SUA IDENTIFICAÇÃO

COBERTURAS

REVESTIMENTO DE TELHA

Eflorescências (NE)

Vegetação parasitária (NE)

Fissuração ou fractura de telhas (NE)

Delaminação e deterioração da telha

Acumulação de lixos no desvão da cobertura (NE)

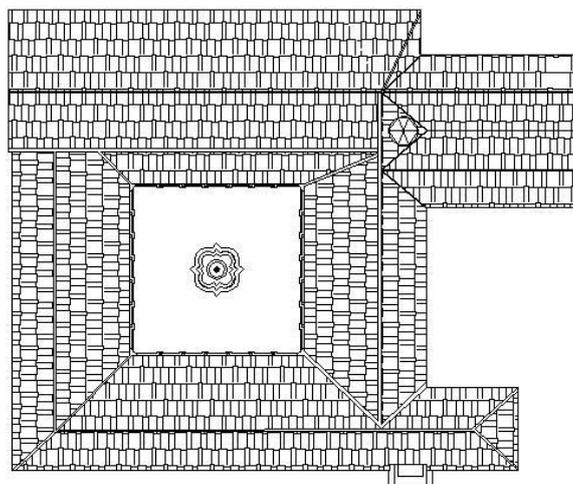


Figura 42 – Planta da cobertura

DESCRIÇÃO DA PATOLOGIA

Ao longo de todo o revestimento de telha é possível verificar eflorescências, vegetação parasitária, algumas fissurações ou fracturas de telhas, delaminação e deterioração das telhas.

CAUSA APARENTE

Humidade, telhas partidas arcaicamente reparadas e falta de manutenção no telhado.

EXAME

Nas zonas de remate telha/alvenaria, onde a alvenaria sobe acima da cota da telha, existem zonas com telhas com assentamento deficiente, assentes do avesso, ao mesmo tempo cravadas, recorrendo a argamassa, à empena, em vez de recorrer ao rufo, falta de manutenção e limpeza do rufo existente junto à empena da torre, havendo a presença de objectos que obstruem a passagem da água e limpeza de materiais de menor dimensão.

Em zona corrente do telhado observam-se diversas telhas partidas que foram sendo reparadas de uma forma deficiente e provisória que mais tarde ou mais cedo darão origem à recorrência da infiltração de água de precipitação. Isto é também um indício da má qualidade da telha onde se manifestam eflorescências e vegetação parasitária.

SUGESTÕES DE REPARAÇÃO

Propõe-se as seguintes intervenções:

- Remoção de todas as telhas e colocação de telha nacional antiga;
- Inclusão de algumas telhas de ventilação;
- Aplicação de chapas onduline sub-telha para impedir a infiltração de águas da chuva no caso de alguma telha se partir;
- Nos paramentos verticais das platibandas aplicar rufo de zinco ligando à face inferior da telha;



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 43 – Telhado do convento; (a): Telha; (b): Caleiras; (c): Telhado;
(d): Rufos

FICHA 2 - Portas, janelas

LOCALIZAÇÃO DA PATOLOGIA E SUA IDENTIFICAÇÃO

PORTAS, JANELAS

ELEMENTOS EM MADEIRA E METAL

- Apodrecimentos
- Empenos e deficiências de funcionamento
- Deterioração de pinturas

ELEMENTOS DE FERRO FORJADO OU PINTADO

- Corrosão
- Empenos e deficiências de funcionamento
- Deterioração de pinturas
- Humidade de infiltração
- Deterioração de vedações de vidro
- Fissuração e fractura de vidros

DESCRIÇÃO DA PATOLOGIA

As portas estão afectadas por apodrecimentos, sobretudo provocados pela humidade dos salpicos, que afecta as portas nas zonas junto ao solo, nota-se que há falta de manutenção e mais uma vez uma intervenção contra as regras da boa construção. As portas sofrem ainda de empenos e deficiências e funcionamento fruto da sua longevidade e falta de manutenção. Verifica-se nalgumas zonas, ainda que pequenas, nas portas em melhor estado de conservação que sofrem de ataques da

CASO DE ESTUDO: O ANTIGO CONVENTO FRANCISCANO DOS PAÇOS DO CONCELHO DE MESÃO FRIO

térmita e caruncho.

As janelas de vidro e caixilharia de ferro sofrem de corrosão, secagem e rachadelas no betume.

CAUSA APARENTE

A exposição à chuva e ventos de sul são sem dúvida os factores que mais influenciam a conservação destes elementos da construção, são as fachadas expostas a sul são as mais afectadas por maior influência de ventos, chuva e raios solares.

Quanto aos vidros partidos podem ser causas fortuitas como pedradas atiradas por miúdos ou outra causa qualquer.

EXAME

Pela análise das fotografias observa-se a existência de vidros partidos, a secagem das argamassas de vidraceiro provocou fissuras e falta de vedação. As partes metálicas apresentam-se oxidadas e coma respectivas pinturas deterioradas.

As portas denotam muito uso e por isso o seu funcionamento deficiente.

SUGESTÕES DE REPARAÇÃO

Será necessário o tratamento de todos os envidraçados removendo os vidros e betume tratando o suporte metálico, depois aplicam-se vidros novos, pois este material deforma-se com o tempo devido às suas propriedades viscosas, aplicando novo betume.

As portas, serão tratadas e pintadas e afinadas de forma a corrigir os problemas de funcionamento, utilizando a mesma madeira.

**CASO DE ESTUDO: O ANTIGO CONVENTO FRANCISCANO DOS PAÇOS
DO CONCELHO DE MESÃO FRIO**



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Figura 44 – Portas e Janelas; (a): Porta interior; (b): Envidraçado em madeira; (c): Porta de varanda; (d): Corrimão metálico; (e): Porta em madeira; (f): Envidraçado;

FICHA 3 - Caleiros

LOCALIZAÇÃO DA PATOLOGIA E SUA IDENTIFICAÇÃO

CALEIROS

SISTEMAS DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

- Apodrecimentos
- Empenos e deficiências de funcionamento
- Deterioração

DESCRIÇÃO DA PATOLOGIA

Os caleiros encontram-se afectados pelo tempo e já apresentam algumas deficiências quanto ao seu estado, não conseguindo já efectuar as suas funções por completo.

CAUSA APARENTE

A exposição à chuva, aos ventos, os raios solares e a idade são os factores que mais influenciam a conservação destes elementos.

EXAME

Pela análise das fotografias observa-se o estado dos caleiros em estado de degradação bastante avançado.

SUGESTÕES DE REPARAÇÃO

Será necessária a remoção destes, substituição por caleiros novos.



Figura 45 – Caleiros do lado do jardim

FICHA 4 - Acabamentos exteriores das paredes interiores

LOCALIZAÇÃO DA PATOLOGIA E SUA IDENTIFICAÇÃO

Acabamentos exteriores das paredes interiores

Fendilhação e fissuração;

Em diversos elementos estruturais, como nas paredes das divisões.

DESCRIÇÃO DA PATOLOGIA

As paredes interiores apresentam fendas com cerca de 5mm e o recobrimento das esquinas apresentam fissuras que foram preenchidas recentemente com argamassa.

CAUSA APARENTE

As fendas, algumas a 45° e outras verticais, têm origem nos assentamentos diferenciais devido essencialmente à degradação do material que serve de fundação. Pode, no entanto, haver outras causas para esta manifestação, como por exemplo: fundações assentes em terrenos que ao longo do tempo e devido à presença de água vão perdendo os finos, criando espaços vazios e conseqüentemente assentamentos; na construção da alvenaria em que os dois panos que constituem a sua espessura estão deficientemente ligadas; a inexistência de ligação entre duas paredes ortogonais, pode ocasionar a abertura de fendas de dessolidarização entre essas paredes, favorecida pela rotação de uma das paredes para a sua associada degradação das fundações e aos impulsos horizontais induzidos por disfuncionamento estrutural da cobertura.

EXAME

Uma inspeção visual permite detectar a olho nú as fenda mais abertas, pode-se recorrer a uma lupa ou fotografia digital que por meio de análise em computador se poderá ampliar a mesma.

SUGESTÕES DE REPARAÇÃO

Propõe-se as seguintes intervenções

Para evitar que estas fendas se estendam e aumentem, temos que colmatar o problema a montante, ou seja, evitar que ocorram assentamentos diferenciais nas fundações; reforçar a estrutura da cobertura e o contraventamento estrutural do edifício.

Uma solução para evitar, embora não eliminando, a curto prazo estas fendas é o preenchimento das mesmas com colas e pastas. Estas pastas são preparadas com pó sílica, adicionando-se com pigmento para obter a cor da pedra. É imprescindível limpar antes de fazer o preenchimento das fendas.



Figura 46 – Fissuras nas paredes

FICHA 5- Acabamentos exteriores de paredes

LOCALIZAÇÃO DA PATOLOGIA E SUA IDENTIFICAÇÃO

Acabamentos exteriores de paredes

Em diversas paredes exteriores, pode ver-se alguma intervenção de reabilitação ou devido à instalação de rede eléctrica.

DESCRIÇÃO DA PATOLOGIA

As paredes apresentam algumas intervenções mal efectuadas e também degradação devido á intervenção humana.

CAUSA APARENTE

As manchas que se podem ver em algumas paredes devem-se á intervenção para a reparação de algumas fendas ou para arranjos de alguns danos devido ás obras que se têm efectuado no edifício.

EXAME

Pode-se ver perfeitamente as manchas provocadas por essas intervenções e os estragos causados pela instalação da rede eléctrica.

SUGESTÕES DE REPARAÇÃO

Intervenção:

Deve-se tentar repor os parâmetros no seu estado original, suprimindo os estragos efectuados por essas intervenções e de seguida pintar á cor do resto da parede.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 47 – Intervenções efectuadas; (a): Parede areada; (b): Parede danificada; (c): Parede com intervenção para parte eléctrica; (d): Porta tapada com alvenaria

FICHA 6- Madeiras dos pisos

LOCALIZAÇÃO DA PATOLOGIA E SUA IDENTIFICAÇÃO

Madeiras dos pisos

Nas oficinas é possível reparar que algumas vigas e soalho apresentam alguma degradação.

DESCRIÇÃO DA PATOLOGIA

As vigas e o soalho estão um pouco degradados, apresentando intervenção humana e algum apodrecimento.

CAUSA APARENTE

O local que pode ser visto nas fotos é um local bastante frequentado para arrumo de materiais, é bastante húmido, pode também ver-se que já foi objecto de intervenções para a colocação de sistemas de drenagem de águas residuais.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 48 – Pisos de madeira; (a): vigas de madeira; (b): pavimento de piso; (c): Vigas;
(d): Pavimento do piso

FICHA 7- Azulejos

LOCALIZAÇÃO DA PATOLOGIA E SUA IDENTIFICAÇÃO

Azulejos

Os azulejos são uma constante ao longo do primeiro piso do edifício, característico da época.

DESCRIÇÃO DA PATOLOGIA

É possível reparar-se que existem zonas em que o azulejo está degradado, caiu ou foi removido.

CASO DE ESTUDO: O ANTIGO CONVENTO FRANCISCANO DOS PAÇOS DO CONCELHO DE MESÃO FRIO

CAUSA APARENTE

A idade destes azulejos e local onde estão colocados é causa mais aparente para o estado em que se encontram, mas talvez alguns deles tenham sido removidos devido a alguma intervenção nesse local.

SUGESTÕES DE REPARAÇÃO

Intervenção:

Deve mandar-se reparar esses azulejos de forma a garantir uma boa qualidade do revestimento interior e também mandar fazer novos azulejos para completar as zonas onde este falha.



Figura 49 – Azulejos do convento

FICHA 8- Humidade de precipitação

LOCALIZAÇÃO DA PATOLOGIA E SUA IDENTIFICAÇÃO

Paramento exterior das paredes das fachadas

Humidade de precipitação

A água da chuva provoca a formação de uma crosta de sulfato de cálcio á superfície das pedras expostas á atmosfera, facilitando a ligação das sujidades ao material. Os salpicos das águas da chuva que atinge as misulas e as lages, que assentam sobre as referidas misulas, molham e lavam as superfícies caiadas vizinhas; as zonas molhadas facilitam a aderência de poeiras e poluição atmosférica, para além do aparecimento de musgos.

CAUSA APARENTE

Alvenarias rebocadas sem qualquer tipo de tratamento, e devido á combinação das águas da chuva com a atmosfera poluída e os salpicos de água da chuva que atinge as superfícies horizontais cantaria ou madeira, molham e lavam as superfícies caiadas das alvenarias, formando zonas de acumulação de águas associadas ao aparecimento de colonização biológica.

As áreas abrigadas da chuva, compõe-se principalmente de gesso e são consequência dos poluentes ácidos existentes no ar, devido aos gases exalados pelos motores dos veículos que estacionam na proximidade do edifício.

EXAME

Verifica-se a existência de grandes quantidades de manchas escuras nas paredes o que lhes dá um aspecto sujo e desagradável.

SUGESTÕES DE REPARAÇÃO

Propõe-se as seguintes intervenções:

- Aplicação de um hidrófobo no paramento exterior para melhorar a impermeabilização, durabilidade das paredes e estética.
- Picagem do reboco nas zonas afectadas do parâmetro exterior.
- Aplicação de novo reboco á base de cal e areia.
- Picagem do estuque do parâmetro interior afectado
- Aplicação de nova camada de reboco



(a)



(b)



(c)

CASO DE ESTUDO: O ANTIGO CONVENTO FRANCISCANO DOS PAÇOS DO CONCELHO DE MESÃO FRIO



Figura 50 – Fachadas com humidades; (a): Parede das escadas exteriores; (b): Parede de guarda corpos da varanda interior; (c): Parede interior; (d): envidraçado exterior; (f): fachada posterior.

FICHA 9 - Eflorescências e criptoflorescências

LOCALIZAÇÃO DA PATOLOGIA E SUA IDENTIFICAÇÃO

Paramentos das alvenarias

Eflorescências e criptoflorescências

Formação de crostas e seu destacamento e arenização e pulverização da pedra.

CAUSA APARENTE

Formação de depósitos salinos que se formam nas alvenarias pela acção da água como agente mobilizador dos sais solúveis. São resultado da exposição á água de infiltrações e intempéries.

A causa para o aparecimento desta anomalia é a migração de sais tanto das águas ascendentes do solo como da própria pedra.

EXAME

As eflorescências e criptoflorescências trazem em si problemas de ordem não estrutural mas que levam a um processo de desagregação continuado. São visíveis manchas e arenização nas alvenarias.

SUGESTÕES DE REPARAÇÃO

Propõe-se as seguintes intervenções:

Remoção e limpeza de todas as eflorescências e criptoflorescências;

Utilização de um reboco macroporoso de alvenarias que deixe o substrato respirar e seja compatível com as matérias constituintes da alvenaria existente;

Para minorar as eflorescências de sais solúveis é importante evitar a ascensão da água por capilaridade, sendo necessário efectuar uma drenagem eficaz e indispensável.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Figura 41 – Eflorescências e criptoflorescências; (a): Chafariz do jardim interior; (b): Fachada principal; (c): Fachada lateral; (d): Fachada interior; (e): Fachada interior; (f): Fachada posterior

5.3 - Referências Bibliográficas

- [1] – OLIVEIRA, Bernardino, Vieira, Breve Monografia do concelho de Mesão Frio, Edição Câmara Municipal de Mesão Frio, (2002)
- [2] – DIAS, António Gonçalves, Fastos de Mesão Frio, Edição Santa Casa da Misericórdia de Mesão Frio, (1999)
- [3] – In <http://www.ine.pt>
- [4] - DIAS, António Gonçalves, *Fastos de Mesão Frio – Crónicas escritas à guisa de Monografia, umas publicadas outras inéditas, redigidas entre 1994 e 1997 – História local das Origens à Actualidade*, ed. Santa Casa da Misericórdia, Governo Civil de Vila Real, BTA e CGD, Mesão Frio, 1998, pp. 159.
- [5] - ALMEIDA, Fortunato de, *História da Igreja em Portugal*, Imprensa da Universidade, Coimbra, 1922-1929; Vol. II, pp. 146.
- [6] - DIAS, António Gonçalves, Opus cit. nº 1, pp. 159; TEIXEIRA, Ricardo, *Antigo Convento de São Francisco – Igreja de Santa Cristina*, pp. 6, www.monumentos.pt, 2001.
- [7] - REMA, Henrique, “A Ordem Franciscana em Trás-os-Montes”, in *Estudos Transmontanos e Durienses*, Vol. 7, Vila Real, 1985, pp. 299 a 331.
- [8] - VIEIRA DE OLIVEIRA, Bernardino, *Breve Monografia do Concelho de Mesão Frio (1152-2002)*, ed. C.M. Mesão Frio, 2002, pp. 342.
- [9] - TEIXEIRA, Ricardo, *Antigo Convento de São Francisco – Igreja de Santa Cristina*, pp. 7, www.monumentos.pt, D.G.E.M.N., 2001.
- [10] - VIEIRA DE OLIVEIRA, Bernardino, Opus cit. nº 5, pp. 342.
- [11] - DIAS, António Gonçalves, Opus cit. nº 1, pp. 159; TEIXEIRA, Ricardo, Opus cit. nº 6, pp. 7.
- [12] - TEIXEIRA, Ricardo, Opus cit. nº 6, pp. 7.

**CASO DE ESTUDO: O ANTIGO CONVENTO FRANCISCANO DOS PAÇOS
DO CONCELHO DE MESÃO FRIO**

[13] - TEIXEIRA, Ricardo, Opus cit. n° 6, pp. 7.

[14] TEIXEIRA, Ricardo, Opus cit. n° 6, pp. 7.

[15] - VIEIRA DE OLIVEIRA, Bernardino, Opus cit. n° 5, pp. 342.

[16] - TEIXEIRA, Ricardo, Opus cit. n° 6, pp. 7.

[17] - TEIXEIRA, Ricardo, Opus cit. n° 6, pp. 7.

[18] - TEIXEIRA, Ricardo, Opus cit. n° 6, pp. 8.

[19] - DIAS, António Gonçalves, Opus cit. n° 1, pp. 29.

[20] - TEIXEIRA, Ricardo, Opus cit. n° 6, pp. 8.

**CASO DE ESTUDO: O ANTIGO CONVENTO FRANCISCANO DOS PAÇOS
DO CONCELHO DE MESÃO FRIO**

6 – CARACTERIZAÇÃO E DIAGNÓSTICO DE ANOMALIAS CONSTRUTIVAS DE COBERTURAS

6.1 – Generalidades sobre as características e defeitos de coberturas

As coberturas são estruturas bastante importantes num edifício, é a parte que está mais exposta às adversidades do tempo e do ambiente, devido a todas as intempéries a que estão sujeitas devem ser alvo de inspeções periódicas, de forma a identificar eventuais problemas de degradação dos materiais e procurar estabelecer acções de manutenção que não permitam avançar a degradação em curso, de forma a manter ou melhorar o seu desempenho.

A descrição da função básica da cobertura é a de proteger as actividades humanas e o conteúdo das edificações contra a chuva, vento, calor, frio, poeiras e gases do meio ambiente.

Definições demonstram que a função da cobertura, de protecção do espaço criado para desenvolvimento de actividades humanas contra agentes agressivos do meio ambiente, não varia relativamente ao tempo, mas nas formas de atender às exigências utilitárias.

A cobertura, o telhado e a telha são termos com origens e uso milenares, sendo os termos cobertura e telhado empregados simultaneamente, de forma até redundante, tanto na linguagem de leigos quanto na literatura técnica, deixando claro a existência dos

vários significados que podem assumir ou como forma de definir uma tipologia ou técnica construtiva.

A falta de uma coerência técnica que seja comum em todas literaturas sobre coberturas, acabou por dar liberdade para cada autor utilizar definições de acordo com o significado que procura enfatizar, seja ele simbólico (cultural), geométrico (forma), funcional (utilização), técnico (como se faz) ou tributário (impostos sobre produção, comercialização e serviços).

As coberturas inclinadas, geralmente identificadas como coberturas em telhado, devem esta designação ao facto de a telha, de diferentes materiais e com diversas configurações, ser o material dominante da sua construção, embora também se registre o uso de escamas ou soletos cerâmicos, de ardósia, de xisto e até de madeira, bem como de chapas lisas e onduladas de zinco, de chapa de chumbo e de cobre, mas com expressão muito moderada, com excepção dos soletos que em algumas zonas do país têm representação muito significativa, sobretudo em arquitectura popular.

As coberturas em telhado distinguem-se também pela sua geometria, pela configuração das águas que as definem, pela forma como são rematadas, pelas diferenças nos sistemas de drenagem de águas pluviais, pela forma de assentamento das telhas, além das estruturas que são a sua base, e ainda as camadas complementares, incluindo guarda-pós, ripados, etc.

A telha tradicional portuguesa é a de canudo, que se usa como capa e canal, ou conjugada com o telhão de canal romano origina uma forma que mais tarde deu origem a telha de aba e canudo, posterior as primeiras telhas de encaixe, as francesas ou de Marselha que adquiriram a designação correspondente a sua origem mais conhecida e que se usam em Portugal desde o século XIX [1].

Naturalmente que o tipo de telha é muito importante, porque a imagem da cobertura lhe está intimamente associada, sendo identificada por simples observação; a telha de canudo, na versão de telhado à portuguesa, com beirado simples ou duplo, ou sem beirado, recolhida atrás de platibandas, é aplicada por simples sobreposição (telhado de valadio) ou com fixação com argamassa de cal, sendo ou não grampeada, consoante as necessidades que decorrem, por exemplo, da inclinação do telhado do risco de escorregamento.

CARACTERIZAÇÃO E DIAGNÓSTICO DE ANOMALIAS CONSTRUTIVAS DE COBERTURAS

Nas telhas simples como estas, sem encaixe, a inclinação deve ser tão grande quanto possível, tanto mais quanto mais chuvosa e batida a vento for a zona de aplicação mas, à medida que aumenta a pendente aumenta também o risco de escorregamento, já que o atrito entre telhas deixa de ser suficiente, pelo que as inclinações máximas correspondem a ângulos de 22 a 27 graus. Daí o recurso a grampeamentos, a argamassagem de juntas e até ao efeito do mouriscado, ou do meio-mouriscado, em que parte ou a totalidade dos canais é preenchido com cacos de telha e argamassa, aumentando o peso e evitando o escorregamento e o arrancamento das telhas com o vento, permitindo inclinações até 34 graus.

Estas diversas soluções não evitam que estas coberturas sejam sempre problemáticas, nomeadamente nos casos em que a telha assenta sobre estruturas de madeira; são bem conhecidos os fenómenos de patologia progressiva que obrigam a uma atenção permanente e a intervenções relevantes, até a remodelação completa.

Pode considerar-se que a solução simples e clássica de cobertura em telhado raramente desempenham bem a sua função com durabilidade razoável sendo por isso raras as coberturas em telhado de edifícios com mais de 100 anos que se mantêm originais e, por isso, não é surpreendente que em operações médias de reabilitação a reforma dos telhados seja uma constante, que plenamente se justifica porque, como em nenhum outro elemento, se sente nele o condicionamento da saúde geral do edifício [2].

Nas intervenções profundas em telhados, e após a análise das condições de desempenho das estruturas, sobretudo em estruturas de madeira, deve ponderar-se a escolha do material de revestimento associada a solução global definida para a cobertura, sendo interessante continuar a apostar no telhado à portuguesa, pelo que ele representa na imagem dos edifícios em Portugal, embora isto não se aplique a edifícios que foram originalmente revestidos com telhas de encaixe, sobretudo de telha de Marselha, cujo desenho se enquadra muito bem com certas tipologias arquitectónicas.

Na recuperação de coberturas em telhado deve ter-se em conta a dificuldade prática na reutilização das próprias telhas porque se verifica, em grande número de casos, quando as telhas são desmontadas e limpas, que elas estão muito frágeis e quebradiças, obrigando a substituição de tal quantidade de telhas que se perde a leitura da telha antiga, mesmo que se recorra, como é moda, a telhas artificialmente

envelhecidas. Ou seja, deve ter-se em conta que é muitas vezes uma ilusão do projectista a possibilidade de reposição das telhas existentes, porque a realidade se encarrega de a pôr em causa.

Mas, é possível, sem descaracterizar o telhado, melhorar substancialmente o desempenho da cobertura, através da adopção de forros que substituam os guarda-pós de que alguns telhados são dotados, de camadas isolantes térmicas sob ou sobre estes forros e de camadas impermeabilizantes que "aliviem" a função essencial que as telhas têm que desempenhar, de estanquidade á água da chuva.

O recurso a sub-telhas à custa de chapas onduladas de cartão asfáltico ou de fibrocimento tem sido banalizado nos últimos anos, devendo chamar-se a atenção para algumas questões essenciais: a sub-telha deve garantir a ventilação do espaço do desvão do telhado, pelas características do material em si mesmo, ou pela existência de sistemas de ventilação própria; a sub-telha não deve constituir um problema no que se refere a segurança ao fogo, quando seja colocada sobre estruturas de madeira; a sub-telha deve ser cuidadosamente aplicada, sobretudo nas zonas de remate, em cumeeira, larós e rincões, em beirados e quando existam contra-feitos no telhado; deve sempre garantir-se que a água da chuva que possa passar pela telha seja escoada pelo sistema da sub-telha.

Uma solução alternativa muito interessante consiste em executar um forro, por exemplo com contraplacado ou material similar, e sobre ele aplicar uma tela impermeável à água mas permeável ao vapor de água, de modo a garantir a "respiração" da cobertura; tal pode ser feito com telas microperfuradas que podem assegurar essa dupla função.

Sempre que possível devem manter-se, recuperar-se ou colocar-se telhas de ventilação e passadeiras, de modo a assegurar, por um lado, a ventilação do desvão do telhado e, por outro, a facilidade de circulação e acesso a zonas que possam carecer de operações de manutenção, como é o caso de algerozes e remates de chaminés, de clarabóias, etc.

Um aspecto muito importante, no que se refere às coberturas em telhado, diz respeito à existência de trapeiras e águas-furtadas; trata-se de zonas singulares e muito delicadas, com estruturas de madeira fortemente expostas, principalmente as empenas

laterais das mesmas, habitualmente formadas por tabiques de tábua ao alto. Por isso, estes elementos se apresentam, em regra, profundamente degradados, por deterioração dos elementos estruturais, registando abatimentos e não garantindo a estanquidade á água da chuva, sobretudo nas zonas de encontro com as águas do telhado.

As intervenções passam por reparar ou substituir as estruturas destes elementos, refazendo-as de forma similar ao original, mas tendo o cuidado de fazer o envolvimento de todo o elemento com chapa de zinco, incluindo a zona do telhado da trapeira ou mansarda, que será depois revestida a telha; o sucesso destas intervenções reside nesta parte do trabalho, pelo que não pode facilitar-se na qualidade do trabalho de zinco, nomeadamente na forma como se assegura a ligação entre chapas.

6.2 – Anatomia das coberturas, resistência e estabilidade

As coberturas executam-se em estruturas de madeira, ou directamente sobre as abobadas. A estrutura de madeira mais utilizada na engenharia civil, arma-se com uma triangulação muito simples, sem intenção de decompor as cargas segundo direcções no sentido que entendermos melhor, conhecendo as condições de indeformabilidade do triângulo.

Quanto aos acabamentos, estes realizam-se com placas de cerâmica perfeitamente talhadas, as telhas e as lousas de pedra de pequena espessura assentes sobre argamassas cujas propriedades hidráulicas se reforçam com pozolanas.

A existência de coberturas inclinadas, tendo por base estrutural as abóbadas de alvenaria é uma situação observável em numerosos exemplares da arquitectura religiosa, nos quais se conjugam os efeitos pretendidos de dispor tectos interiores abobadados e coberturas exteriores em telhados.

Este elemento de sustentação, que suporta carregamentos permanentes e sobrecargas das coberturas, pode ser contínuo (plano e não plano), ou descontínuo. Como exemplos do primeiro caso, pode ser constituído de lajes de betão moldadas “*in situ*”, lajes mistas de betão e blocos cerâmicos ou de poliestireno, painéis de betão, pavimentos de madeira, abóbadas de alvenaria ou betão e cascas de aço. No segundo

CARACTERIZAÇÃO E DIAGNÓSTICO DE ANOMALIAS CONSTRUTIVAS DE COBERTURAS

caso, as estruturas são formadas por elementos de aço ou ligas metálicas, de madeira ou de betão. Considerando as coberturas descontínuas (telhados), utilizam-se usualmente superfícies descontínuas de elementos principais ou lajes inclinadas.

A estrutura de apoio, cuja função principal é transmitir os esforços solicitantes para os elementos estruturais da edificação, pode ser composta por: tesouras, pilaretes e pontaletes.

A reticula é apoiada sobre pontaletes, devendo ser contraventados com mãos francesas e/ou diagonais; o apoio das terças no pontalete deve ser feito por encaixe (talas laterais de madeira ou chapas de aço), sendo que o apoio não deve fazer-se directamente sobre a laje de forro, mas sobre placas de apoio.

A viga em treliça plana vertical é formada de barras que compõem uma rede de triângulos, tornando a estrutural indeslocável, transferindo o carregamento do telhado aos pilares ou paredes da edificação.

Usam-se ligações com entalhes (ensambladuras), entre os componentes da tesoura, com a utilização de estribos, braçadeiras ou cobre-juntas em juntas extremas (ligação da perna com linha) e nas juntas centrais (ligação das pernas com pendural).

Nos telhados por fixação a trama se reduz à existência das terças, sendo que o material empregado e a geometria da mesma irão variar de acordo com a telha e a estrutura de sustentação.

Percebe-se que as características estruturais e geométricas das telhas por fixação permitem um menor comprimento dos apoios, a diminuição do comprimento das juntas entre as telhas além do número menor de componentes para manusear. Os materiais mais empregados na composição da rede são, por ordem de utilização, a madeira, o aço e o betão.

As terças, peças de madeiras horizontais apoiadas na estrutura, são os primeiros componentes da trama a serem executados, e geralmente se apoiam sobre as seguintes estruturas: pontaletes; tesouras ou treliças; ou pares intermediárias; pilaretes.

As terças possuem nomes particulares caso estejam na parte mais alta da cobertura, denominada terça de cumeeira, e quando estão apoiadas sobre as paredes laterais, denominada frechais.

Os caibros são colocados em direcção perpendicular as terças, portanto paralelos ao elemento de sustentação, ficando inclinados, sendo que o declive é responsável pelo caimento do telhado.

O caimento é representado em forma de rampa para que os carpinteiros tenham mais facilidade durante a execução, e a bitola dos caibros depende do espaçamento das terças, e caso a distância horizontal entre terças for até 2,00m, usam-se caibros de bitola 5x6 (cm).

Quando a distância entre os eixos das terças for superior a este valor e não exceder a 2,50m, os caibros terão bitola de 5x7 (cm), e o espaçamento máximo entre os caibros deve ser de 50cm, de eixo a eixo, para que as ripas comuns, de bitola 1x5 (cm), possam ser utilizadas.

As ripas são os últimos componentes da trama a serem executados, pregadas transversalmente aos caibros, paralela às terças. O espaçamento entre ripas depende da telha a ser utilizada.

A distância entre dois caibros e entre duas ripas depende do tipo de telha (peso) e das dimensões da sua secção e do tipo de madeira com que são fabricados, ou do aço e de sua secção, caso a estrutura seja deste material. As ripas executadas juntamente com o aspecto final da retícula após sua execução, sendo que neste caso especificamente a estrutura de sustentação é formada por tesouras [3].

6.3 – Registo dos defeitos

As coberturas dos edifícios antigos são talvez o elemento de construção que de forma sistemática, apresentam um quadro mais generalizado de anomalias. Deve, desde já, assinalar-se que muitos dos problemas que se irão focar têm a sua origem remota, a sua causa real, em deficiências de projecto e execução, nomeadamente construindo-se estruturas de cobertura com elementos de madeira com secções claramente insuficientes; o desconhecimento das características reais de resistência e deformabilidade deste material, ajudará a explicar esta causa.

A razão para tal facto é simples de entender, bastando pensar que a cobertura é um elemento da envolvente do edifício exposto de forma continua.

CARACTERIZAÇÃO E DIAGNÓSTICO DE ANOMALIAS CONSTRUTIVAS DE COBERTURAS

As mais frequentes anomalias verificadas nas coberturas podem dividir-se em dois tipos: anomalias devido à acção da humidade e desconjuntamentos face a determinadas exigências.

Por ser a cobertura a parte do edifício mais exposta às humidades de precipitação, está obviamente mais sujeita ao aparecimento de anomalias daí resultantes. Assim, se for posta em causa a estanquidade da cobertura, e não houver um sistema tradicional de drenagem de águas pluviais, toda a estrutura do edifício pode vir a sofrer as indesejáveis consequências da humidade. Os principais aspectos a ter em conta, representativos deste problema prendem-se com, o excesso de peso nas coberturas, remendos mal efectuados, sobreposição de telhas, aplicação de massas, etc. Deficiências no sistema de drenagem de pluviais; sujidade e desprendimento de telhas.

Problemas mais Frequentes em coberturas:

Problemas mais Frequentes	Possível Causa de Origem
<i>Descasque ou Fissura por Acção do Gelo-Degelo</i>	Insuficiente inclinação e/ou ventilação das telhas/cobertura; Utilização inadequada de argamassa (aplicação excessiva de argamassas e/ou utilização de argamassas fortes) particularmente nas zonas de remate (cumes, remates de empena, por exemplo); Utilização de químicos de impermeabilização;
<i>Produtos Fissurados ou Partidos na Cobertura</i>	Pouco cuidado na circulação de pessoas e/ou inexistência de caminhos de serviço; Solicitação mecânica extraordinária: quedas de granizo ou objectos pesados, ferramentas, movimentação de cargas.
<i>Deslocamento das Telhas</i>	Fixação insuficiente para os ventos dominantes na região; Pouco cuidado na circulação de pessoas e/ou não existência de caminhos de serviço.

**CARACTERIZAÇÃO E DIAGNÓSTICO DE ANOMALIAS
CONSTRUTIVAS DE COBERTURAS**

Problemas mais Frequentes	Possível Causa de Origem.
<i>Infiltrações de Água ou Permeabilidade na Zona do Beirado</i>	<p>Insuficiente ou deficiente inclinação do beirado ou beiral;</p> <p>Fixação e encaminhamento de humidade pelas argamassas;</p> <p>Caleiras mal dimensionadas ou mal aplicadas;</p> <p>Deficiente ou insuficiente manutenção (acumulação de musgos e detritos).</p>
<i>Infiltrações de Água ou Permeabilidade na Zona da Cumeeira</i>	<p>Fixação e encaminhamento de humidade pelas argamassas;</p> <p>Fissuras nos produtos ou na argamassa causada pela utilização inadequada de argamassa;</p> <p>(aplicação excessiva de argamassas e/ou utilização de argamassas fortes que provoca rigidez nas ligações);</p> <p>Deficiente ou insuficiente manutenção (acumulação de musgos e detritos).</p>
<i>Infiltrações de Água ou Permeabilidade noutras zonas do telhado</i>	<p>Aquando das primeiras chuvas, as telhas têm tendência a saturar e a apresentar alguma humidade na face inferior. Esta situação altera-se completamente após a rede calipar (poros) ser descontinuada, e desaparece por completo em poucos dias;</p> <p>Insuficiente inclinação da cobertura;</p> <p>Condensações por insuficiente ou deficiente ventilação da cobertura;</p> <p>Fixação e encaminhamento de humidade pelas argamassas de remate;</p> <p>Deficiente encaixe das telhas (sobreposição insuficiente induzida por deficiente espaçamento do ripado, muitas vezes executado sem o estudo prévio das telhas a aplicar);</p> <p>Deficiente remate de paredes (emergentes ou não), chaminés, lanternins, clarabóias, entre outros;</p> <p>Larós (zonas de convergência de águas) mal dimensionados ou rufos inadequados;</p> <p>Deficiente ou insuficiente manutenção (acumulação de musgos e detritos.)</p>

**CARACTERIZAÇÃO E DIAGNÓSTICO DE ANOMALIAS
CONSTRUTIVAS DE COBERTURAS**

Problemas mais Frequentes	Possível Causa de Origem
<i>Desenvolvimento prematuro ou com extensão anormal de microorganismos, fungos, musgos e verdete</i>	<p>Insuficiente ou deficiente ventilação da cobertura;</p> <p>Insuficiente inclinação da cobertura;</p> <p>Deficiente ou insuficiente manutenção do telhado.</p>
<i>Dificuldades de Aplicação</i>	<p>Deficiente execução do ripado (espaçamento ou esquadria), eventualmente realizado sem o estudo prévio das telhas a aplicar.</p>
<i>Aparecimento de Pequenos nódulos Brancos (calcário)</i>	<p>Fenómeno de hidratação do óxido de cálcio, associado à presença de carbonato de cálcio nas matérias-primas e resultado da absorção de humidade atmosférica, que é acompanhada de um aumento de volume. Esta hidratação ocorre nas 3 a 6 semanas seguintes a saída dos produtos do forno, após o que estabiliza. A eclosão do calcário não constitui um defeito do produto, não se agrava com o tempo e não afecta as características funcionais dos produtos, nomeadamente em termos de impermeabilidade e durabilidade.</p>
<i>Aparecimento de Manchas Brancas</i>	<p>Fenómeno de eflorescências fugazes associadas à presença de sais solúveis, que desaparecem progressivamente dos produtos com a lavagem pelas chuvas ou que podem ser removidas por lavagem ou escovamento localizado, e que não afectam as características funcionais das telhas;</p> <p>Excesso de argamassas (o cimento e/ou inertes poderão ser fontes de sais solúveis, ou podem fixar humidade de atmosferas ricas em sais solúveis - zonas marítimas). Quando em quantidades expressivas, estas eflorescências podem danificar os produtos.</p>

6.4 – Normas sobre coberturas: especificações e documentos de homologação do LNEC, Normas Portuguesas, Normas Europeias, Normalização em Segurança, Normas de Segurança a Incêndios, RGEU

Em Portugal, as normas e regulamentos para o dimensionamento de estruturas e caracterização dos materiais de construção são o Regulamento de Betões e Ligantes Hidráulicos, o Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado, o Regulamento de Estruturas de Aço para Edifícios, o Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes.

O REBAPE (Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado) foi elaborado tendo em conta a existência do RSA (Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes) e do Regulamento de Betões e Ligantes Hidráulicos com os quais se articula. Neste regulamento são tratados os problemas do betão armado e do betão pré-esforçado.

O REAE (Regulamento de Estruturas de Aço para Edifícios) foi elaborado tendo em conta a existência do RSA (Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes) com o qual se articula. Neste regulamento são tratados os problemas das estruturas metálicas.

Com o intuito de substituir os códigos existentes nos diversos países da Europa, foram criados os Eurocódigos, normas europeias do dimensionamento de estruturas:

- Eurocódigo 0 (EC0) (norma EN 1990) Bases de dimensionamento
- Eurocódigo 1 (EC1) (norma EN 1991) Acções em estruturas
- Eurocódigo 2 (EC2) (norma EN 1992) Dimensionamento de estruturas de betão
- Eurocódigo 3 (EC3) (EN 1993) Dimensionamento de estruturas de aço
- Eurocódigo 4 (EC4) (norma EN 1994) Dimensionamento de estruturas mistas aço-betão
- Eurocódigo 5 (EC5) (norma EN 1995) Dimensionamento de estruturas de madeira

CARACTERIZAÇÃO E DIAGNÓSTICO DE ANOMALIAS CONSTRUTIVAS DE COBERTURAS

-Eurocódigo 6 (EC6) (norma EN 1996) Dimensionamento de estruturas de alvenaria

-Eurocódigo 7 (EC7) (norma EN 1997) Dimensionamento geotécnico

-Eurocódigo 8 (EC8) (norma EN 1998) Dimensionamento de estruturas para resistência sísmica

-Eurocódigo 9 (EC9) (norma EN 1999) Dimensionamento de estruturas de alumínio;

Actualmente, existe apenas uma Norma Europeia Preliminar (prEN13474 – Glass in building – (Design of glass panes) para dimensionamento em vidro estrutural. Como pré norma que é, este documento está ainda em fase de desenvolvimento e revisão.

As Normas de Segurança de Incêndios são:

EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO

DECRETO-LEI N° 64/90, de 21FEV – Aprova o Regulamento de Segurança contra Incêndio em Edifícios de Habitação (DR N° 44, I, 21FEV90)

ESTABELECIMENTOS COMERCIAIS

DECRETO-LEI N° 368/99, de 18SET – Aprova o regime de protecção contra risco de incêndio em estabelecimentos comerciais (DR N° 219/99, I-A, 18SET99)

PORTARIA N° 1299/2001, de 21NOV - Aprova as medidas de segurança contra risco de incêndio a observar nos estabelecimentos comerciais e de prestação de serviços com área inferior a 300 m² (DR N° 270, I-B, 21NOV2001)

EDIFÍCIOS DE SERVIÇOS PÚBLICOS

RESOLUÇÃO DO CONSELHO DE MINISTROS N° 31/89, de 15SET – Aprova um conjunto de medidas de segurança contra incêndio (DR N° 213, I, 15SET89)

CENTROS URBANOS ANTIGOS

DECRETO-LEI N° 426/89, de 06DEZ – Aprova as Medidas Cautelares de Segurança contra Risco de Incêndio em Centros Urbanos Antigos (DR N° 280, I, 06DEZ89)

CARACTERIZAÇÃO E DIAGNÓSTICO DE ANOMALIAS CONSTRUTIVAS DE COBERTURAS

PARQUES DE ESTACIONAMENTO COBERTOS

DECRETO-LEI Nº 66/95, de 08ABR – Aprova o Regulamento de Segurança contra Incêndio em Parques de Estacionamento Cobertos (DR Nº 84, I-A, 08ABR95)

EMPREENDIMENTOS TURÍSTICOS E ESTABELECIMENTOS DE RESTAURAÇÃO E DE BEBIDAS

PORTARIA Nº 1063/97, de 21OUT – Aprova as medidas de segurança contra risco de incêndio aplicáveis na construção, instalação e funcionamento dos empreendimentos turísticos e dos estabelecimentos de restauração e de bebidas (DR Nº 244, I-B, 21OUT97)

EDIFÍCIOS DE TIPO HOSPITALAR

DECRETO-LEI Nº 409/98, de 23DEZ – Aprova o Regulamento de Segurança contra Incêndio em Edifícios de Tipo Hospitalar (DR Nº 295, I-A, 23DEZ98)

PORTARIA Nº 1275/2002, de 19SET – Aprova as normas de segurança contra incêndio a observar na exploração de estabelecimentos de tipo hospitalar (DR Nº 217, I-B, 19SET2002)

EDIFÍCIOS DE TIPO ADMINISTRATIVO

DECRETO-LEI Nº 410/98, de 23DEZ – Aprova o Regulamento de Segurança contra Incêndio em Edifícios de Tipo Administrativo (DR Nº 295, I-A, 23DEZ98)

PORTARIA Nº 1276/2002, de 19SET – Aprova as normas de segurança contra incêndio a observar na exploração de estabelecimentos de tipo administrativo (DR Nº 217, I-B, 19SET2002)

EDIFÍCIOS ESCOLARES

DECRETO-LEI Nº 414/98, de 31DEZ - Aprova o Regulamento de Segurança contra Incêndio em Edifícios Escolares (DR Nº 301, I-A, 31DEZ98)

PORTARIA Nº 1444/2002, de 07NOV – Aprova as normas de segurança contra incêndio a observar na exploração de estabelecimentos escolares (DR Nº 257, I-B, 07NOV2002)

POSTOS DE ABASTECIMENTO DE COMBUSTÍVEIS

PORTARIA Nº 362/2005, de 04ABR – Altera o Regulamento de Construção e Exploração de Postos de Abastecimento de Combustíveis, anexo à Portaria nº 131/2002, de 09FEV (DR Nº 65, I-B, 04ABR2005)

PORTARIA Nº 131/2002, de 09FEV – Aprova o Regulamento de Construção e Exploração de Postos de Abastecimento de Combustíveis (DR Nº 34, I-B, 09FEV2002)

DECRETO-LEI Nº 302/2001, de 23NOV - Estabelece o novo quadro legal para a aplicação do Regulamento de Construção e Exploração de Postos de Abastecimento de Combustíveis (DR Nº 272, I-A, 23NOV2001) [4]

“...novo RGEU para lá de considerar o alargamento do âmbito de aplicação quanto aos tipos de edifícios e à definição das intervenções, revela-se como um regulamento estruturante e ajustado à realidade actual, nomeadamente em aspectos que tocam a segurança, o ambiente, a energia, a sustentabilidade, vida útil, manutenção e durabilidade dos edifícios, a defesa do consumidor e a gestão da qualidade. As grandes inovações do RGEU são essencialmente determinadas por elevados padrões de qualidade, relativos ao aumento das áreas mínimas dos edifícios, à exigência de projecto de execução, à revisão de projectos, à criação de níveis de intervenção, e outros relacionados, por exemplo, com as barreiras físicas à mobilidade.” [5].

6.5 – Impermeabilização

A acção da água da chuva é particularmente gravosa nas coberturas, sobretudo em dois tipos distintos de situações: infiltrações nas zonas correntes da cobertura, por esta não desempenhar cabalmente a sua função, ou infiltrações associadas a disfuncionamentos da rede de drenagem de águas pluviais.

Assim, se for posta em causa a estanquidade da cobertura, e se não houver um sistema tradicional de drenagem de águas pluviais, toda a estrutura do edifício pode vir a sofrer as indesejáveis consequências da humidade.

Garantida pela justaposição das telhas (encaixe, comprimento, sobreposição, etc.) e inclinação (esta é fundamental, garantindo velocidade de escoamento das águas,

evitando penetração pelas juntas, pelo efeito do vento; pelas próprias peças, quando o material não é suficientemente impermeável).

Os principais aspectos a ter em conta, representativos deste problema prendem-se com a disfunção da estrutura de madeira, remendos mal efectuados, sobreposição de telhas, deficiente aplicação de massas no remate com platibandas ou outros elementos verticais que intersectam a cobertura, deficiências no sistema de impermeabilização e da drenagem de águas pluviais, entre outros.

6.6 – Cargas e movimentos

A cobertura protege das intempéries o interior do edifício, distinguindo-se nelas, duas componentes: a estrutura de suporte e os materiais de revestimento. Tem de suportar o peso próprio e apresentar boa resistência mecânica aos esforços induzidos pelos agentes atmosféricos, como sejam a neve, o vento e a chuva, e os inerentes aos trabalhos de manutenção; além disso, todas as cargas e solicitações suportadas devem ser transmitidas, ao resto do edifício, com segurança e sem causar flexão ou deformação de qualquer dos seus componentes, assentamentos ou prejudicar a estabilidade do conjunto.

6.7 – Dispositivos de drenagem de águas pluviais

As coberturas devem ser estanques á água, impedindo a penetração da chuva, e os seus materiais devem ser: impermeáveis; não gelificar; ser estanques ao vento e á neve; garantir um certo nível de conforto ambiental interior; assegurar isolamento térmico e sonoro; evitar condensações de humidade; ser resistente ao fogo; e satisfazer outras necessidades de bom desempenho do edifício.

Execução de sistema de drenagem das águas pluviais provenientes da cobertura através da colocação de caleiras, devidamente ligadas a tubos de queda que descarreguem ao nível do piso térreo.

6.8 – Isolamento térmico e ventilação

O isolamento térmico das paredes e coberturas é imprescindível para se obter uma construção eficiente em termos energéticos. O material de isolamento térmico para edifícios deve ser impermeável à água mas permeável ao vapor de água de forma a proteger o edifício e garantir as condições de salubridade.

As coberturas estão sujeitas a grandes amplitudes térmicas, por isso, é muito importante considerar uma intervenção de isolamento térmico nestes elementos construtivos.

Nas coberturas inclinadas ao aplicar-se isolamento térmico pelo exterior sobre o suporte estrutural da cobertura, é aproveitada ao máximo a capacidade calorífica dos materiais do suporte que, assim, contribuem com toda a eficácia possível para a inércia térmica do edifício. Consequentemente, melhora-se a estabilidade da temperatura interior frente às alterações da temperatura exterior, evitando o risco de condensações devido a eventuais descontinuidades no isolamento térmico da cobertura (pontes térmicas). Estas descontinuidades devem, no entanto, ser evitadas.

O isolamento térmico de uma cobertura inclinada deve ser executado da melhor maneira (ou seja com valores de condutibilidade muito baixos) de forma a garantir um excelente conforto habitacional para compensar a baixa inércia térmica da cobertura, que na generalidade é constituído por estruturas leves.

É importante que exista uma ventilação adequada sob as telhas. Esta ventilação tem essencialmente três objectivos:

Diminuir a diferença de temperatura entre as duas faces da camada de isolamento térmico (em situações de isolamento aplicado sobre o elemento estrutural da cobertura). Ao estar ventilado, o espaço sob as telhas apresentará temperaturas um pouco inferiores, melhorando a eficácia térmica do sistema. A menor diferença de temperatura interior/exterior, ao contribuir para estabilizar termicamente a construção, é um factor que se reveste de maior importância em coberturas com estrutura de fraca inércia térmica.

Permitir uma circulação de ar suficiente que evite o levantamento de telhas em situações de vento forte.

Contribuir para uma secagem mais rápida da humidade das telhas, beneficiando a sua durabilidade e o seu desempenho.

A necessidade de isolar termicamente a cobertura dum edifício torna-se particularmente evidente ao verificarmos que a cobertura, de todos os elementos da envolvente, é aquele que se encontra mais exposto, tanto no Inverno (estação de aquecimento), como especialmente no Verão (estação de arrefecimento). De facto, o efeito da radiação solar provoca um aumento da temperatura superficial dos elementos de revestimento (telhas) face à temperatura do ar, podendo a diferença entre estes dois valores de temperatura atingir 15°C (p.ex.: estando a temperatura do ar a 35°C, a temperatura superficial das telhas poderá atingir os 50°C). Assim, o diferencial de temperatura que deve estar na base do cálculo térmico da envolvente é maior, sendo certo que, quanto maior for a diferença de temperatura entre exterior (neste caso a temperatura superficial do revestimento) e interior, maior será o fluxo de calor que tende a atravessar a cobertura (no sentido exterior – interior, uma vez que se analisa a situação de Verão), e maiores serão os ganhos de calor, precisamente na estação em que se pretende evitá-los. Um isolamento térmico adequado e correctamente aplicado, diminui drasticamente o fluxo de calor, o que implica uma enorme diminuição dos ganhos de calor.

Numa cobertura inclinada, a posição da camada de isolamento térmico tem importantes consequências no seu desempenho.

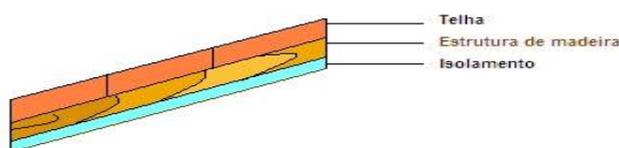


Figura 52 – Exemplo de isolamento na cobertura

6.9 – Segurança contra incêndios

A segurança contra incêndios representa geralmente um ponto fraco dos edifícios antigos. A localização e constituição dos materiais constituintes dos edifícios antigos são um factor que prejudica muito o ataque aos incêndios.

Quanto às medidas a tomar para diminuir o risco de incêndio, passa por modernizar o edifício quanto às instalações eléctricas e de gás, de forma a aumentar as protecções contra sobrecargas e fugas. Para tal, deve-se fazer uma completa renovação das redes.

No que diz respeito aos materiais, deve limitar-se ou anular o armazenamento de matérias inflamáveis e combustíveis, a não ser em edifícios e compartimentos adequados para esse fim, cumprindo a legislação e a regulamentação em vigor.

Em relação à evacuação dos edifícios em caso de incêndio, nem sempre é fácil de aplicar, só em caso de médias e profundas intervenções, pois é necessário alterar por vezes algumas estruturas.

Na segurança contra incêndios em edifícios antigos é sempre mais fácil de proteger o edifício quando se tem uma rede de incêndios pública perto, pois a grande maioria dos edifícios encontra-se em locais de difícil acesso.

Uma das formas de evitar ou reduzir os incêndios nestes edifícios passa pela simples medida de manutenção, limpeza das coberturas e sótãos, das vias e logradouros.

Um dos pontos mais críticos, são os pavimentos e coberturas, constituídos geralmente por madeira, soalho e estruturas, sem forro de tecto, a solução a colocar nestes, passa pela aplicação de tecto pregado às vigas, preenchendo o espaço vazio entre os revestimentos de piso e tecto, com um material resistente ao fogo, por vezes não é de fácil aplicação esta solução, principalmente em tectos ornamentados. Em alguns casos pode recorrer-se a materiais intumescentes, materiais que perante um aumento acentuado da temperatura associado ao desenvolvimento do incêndio expandem-se, ficando com um aspecto de uma espuma.

6.10 – Controle da luminosidade

A utilização de luz natural tem a vantagem económica e térmica, pois permite usufruir da luminosidade exterior.

O uso de clarabóias e janelas, tem por objectivo ajudar no controlo de luz das salas locais de passagem, como escadas e por sua vez poder usufruir da luz natural.

O controlo desta luz nas janelas é efectuado por portadas, estores, cortinas, laminas, etc.

A escolha das caixilharias e do vidro é essencial, a nível térmico como acústico.

6.11 – Isolamento acústico

A cobertura de um edifício tem uma contribuição decisiva para o conforto e o abrigo que o espaço interior deve proporcionar.

O ruído indesejado encontra-se no topo da lista de preocupações de milhões de pessoas. Em casa, local onde as pessoas pretendem libertar-se do mundo exterior, o ruído dos vizinhos pode tornar-se num verdadeiro problema.

O silêncio é um bem precioso que convém manter no interior das nossas habitações.

A cobertura de um edifício tem uma contribuição decisiva para o conforto e o abrigo que o espaço interior deve proporcionar.

6.12 – Agentes de deterioração da cobertura e plano de manutenção

Os principais agentes de deterioração da cobertura são físicos, químicos, mecânicos ou biológicos. Os agentes atmosféricos, provocam alterações químicas da parte exposta acelerando a deterioração dos materiais e a perda da resistência, sendo

necessário o tratamento preservador, a longa exposição a estes agentes torna-se susceptível o ataque de fungos ou térmitas. Os agentes biológicos são as causas mais frequentes da deterioração das estruturas de madeira, é necessária a identificação dos agentes, que dependem das espécies florestais utilizadas, de forma a tomar precauções e conseguir estabelecer uma boa manutenção da estrutura. Os esforços mecânicos são outros dos agentes que é necessário ter atenção, pois podem alterar o modelo inicial, deformando a estrutura.

6.13 – Inspeção e diagnóstico de anomalias da estrutura, vertentes, cumeeira, rincões, larós, rufos, telhas.

Vertentes - As vertentes do telhado da imagem que se segue apresentam algumas anomalias, como por exemplo, empenamentos ao longo da estrutura como se pode verificar pela imagem, seria necessário reforçar a estrutura de madeira ou proceder á sua substituição.



Figura 53 – Vertente

Cumeeira – a nível da cumeeira do telhado do edifício pode-se ver que alguma parte já foi mudada, na que ainda resta da telha antiga não se pode apontar grandes disfunções.



Figura 54 – Cumeeiras

Rincões e larós – os rincões e os larós são deficientes, principalmente devido á telha bastante velha e partida que faz as juntas e devido às chapas de zinco que se encontram degradadas, seria necessário substituir a telha como vamos ver mais á frente e também as chapas de junta das vertentes.



(a)

(b)

(c)

Figura 55 – Rincões e larós; (a): Rincão; (b): Rincão; (c): Laró

Rufos – os rufos, tal como nos rincões estão em mau estado de conservação, evidenciando degradação das telhas e da chapas de remate, sendo necessário a sua substituição.

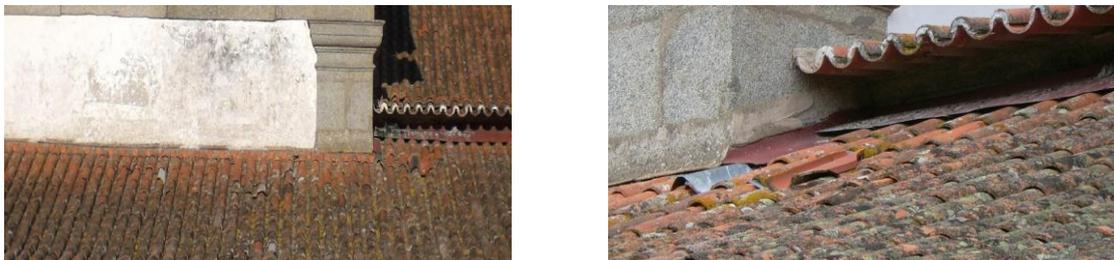


Figura 56 – Rufos

Telha – as telhas encontram-se nitidamente fragilizadas e deterioradas, estando muitas delas partidas ou deslocadas, possibilitando a infiltração de águas na cobertura e provocando humedificações da estrutura subjacente. Seria necessária a substituição das telhas por umas novas do mesmo género.



(a)

(b)

Figura 57 – Telhas; (a): Telhas danificadas; (b): Telhas levantadas

6.15 – Exigências de desempenho

Qualquer elemento construtivo constituinte, antes de ser belo ou feio tem que desempenhar em pleno a sua função e para tal é necessário conhecer as exigências a que tem de responder. No que diz respeito às coberturas, as exigências de desempenho corrente referem-se ao conforto térmico e à estanqueidade. Portanto, é necessário que qualquer solução a adoptar garanta não só a satisfação destas exigências, mas também

CARACTERIZAÇÃO E DIAGNÓSTICO DE ANOMALIAS CONSTRUTIVAS DE COBERTURAS

possibilite a preservação a longo prazo, pois tem que ser eficiente perante as acções mecânicas a que está constantemente sujeita causadas pela variação de temperatura, radiação solar, água e vento.

A inclinação das coberturas é feita em função dos materiais que a revestem e do clima do local onde se insere o edifício. Relativamente à acção da água nas coberturas inclinadas, a estanqueidade é garantida pelo revestimento e pela inclinação da cobertura, ou seja, pelas características do material de revestimento – porosidade, impermeabilidade, dimensões, número de juntas e capacidade de dilatação; e pelo clima onde se insere o edifício. Assim, pode afirmar-se que a necessidade de desenhar a pendente da forma mais natural possível implica que em muitas ocasiões formaliza-se como um edifício autónomo sobre outro.

6.15 - Referências Bibliográficas

- [1] – ROMANA, Rodrigues, Construções antigas de madeira: Experiencia e obra e reforço estrutural, 2004, pp. 100 a 110
- [2] – LOBO, Susana, Sistemas de drenagem de águas pluviais de coberturas inclinadas, 2002
- [3] – PEREIRA, Vasco; MARTINS, João; Materiais e técnicas de construção, 2005, pp. 6 a 15
- [4] – www.lnec.pt
- [5] - [Http://engenhariacivil.wordpress.com](http://engenhariacivil.wordpress.com)

7 – OBRAS DE CONSERVAÇÃO E REPARAÇÃO DA COBERTURA

7.1 – Projecto de conservação e reabilitação da cobertura

A prática, muito popular entre nós, de substituir as antigas estruturas de madeira por construções em betão e/ou aço representa muitas vezes uma perda irreversível do valor patrimonial e arquitectónico de uma cidade. Hoje em dia, cada vez mais se opta pelas soluções que demonstrem respeito pelos materiais e concepção estrutural da construção. As desgastadas estruturas de madeira são actualmente substituídas ou reforçadas por inovadoras soluções construtivas. Desde o reforço com materiais compósitos ou com elementos metálicos, à transformação dos pavimentos em lajes mistas madeira-betão, passando pelo recurso a lamelados colados, há uma grande variedade de soluções que viabilizam o uso da madeira como material estrutural, quer nas intervenções em construções antigas quer na construção de novos edifícios. Não há por isso razões para violarmos os mais básicos princípios de intervenção em construções antigas, desrespeitando os materiais e a concepção estrutural originais, ao retirar simplesmente os elementos de madeira da estrutura.

Quanto à cobertura – caso de estudo, a estrutura da cobertura é toda ela em madeira; pelas imagens apresentadas poder-se-á ver que já houve alguma intervenção, a nível da laje de cobertura, mas em relação à estrutura de madeira ainda não houve grandes mudanças, sendo em alguns locais necessário a conservação ou reparação de

algumas partes da estrutura, principalmente nas zonas de ligação das madeiras. Em relação às telhas, já foi mencionado anteriormente, neste ponto, vai ser tratada só a conservação e reparação da estrutura da cobertura. Será efectuada a descrição da estrutura, desde as medições, a composição dos materiais utilizados na sua construção, as obras necessárias, o que poderá ser conservado ou terá que ser demolido, os estudos efectuados, os trabalhos de execução que terão de ser efectuados para tirar o melhor partido da estrutura, como a limpeza que será efectuada, a consolidação, a protecção dos materiais, a impermeabilização e isolamento acústico e o controle de sistemas e instalações técnicas.

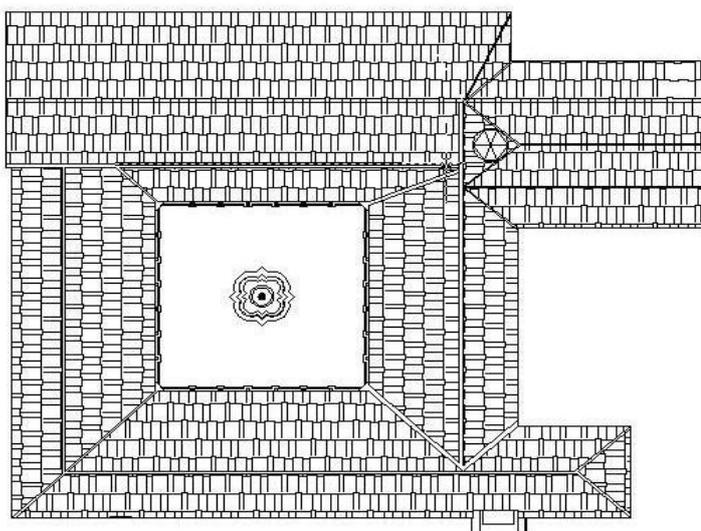


Figura 58 – Cobertura do Convento Franciscano

7.2 – Medições, obras de construção, demolição

Na cobertura, foram efectuadas medições da estrutura de madeira e feito um reconhecimento do verdadeiro estado de conservação das madeiras. Foi possível identificar as madeiras utilizadas na sua construção, identificadas as anomalias existentes, as obras efectuadas na cobertura, as mudanças que a cobertura sofreu com as obras que ao longo dos anos têm sido efectuadas e partes que já foram demolidas.



Figura 59 – Interior da cobertura

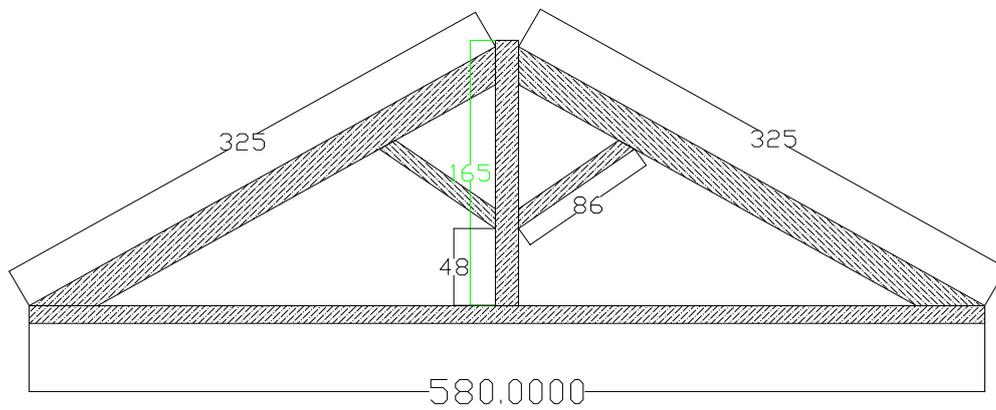


Figura 60 – Desenho de uma asna

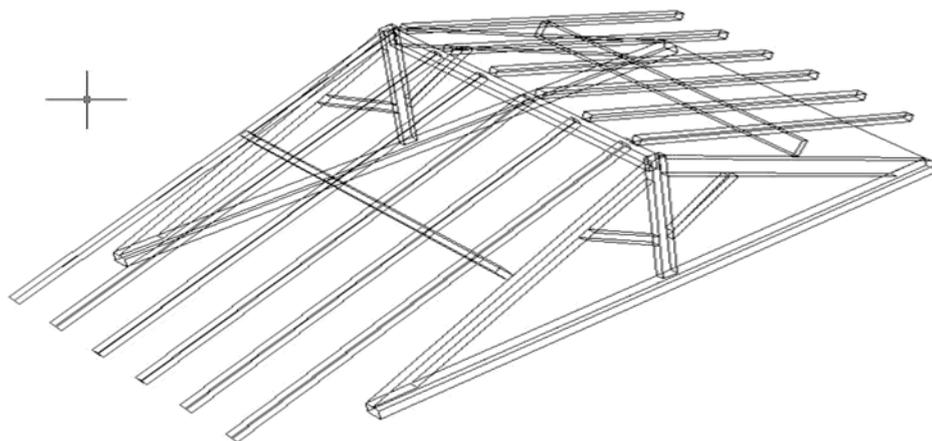


Figura 61 – Estrutura de cobertura

7.3 – Especificações relativas a materiais

Para a identificação das madeiras utilizadas na estrutura, foram recolhidos alguns provetes de todas as madeiras utilizadas na construção da cobertura, que foram submetidas ao Departamento de florestal da UTAD, para identificar o tipo de madeira.

Conclui-se que as madeiras utilizadas na estrutura eram:

Pinus Pinaster; Pinheiro Bravo;	<p>Densidade Moderadamente pesada</p> <p>Retracção Volumétrica Total Retrácil</p> <p>Utilizações Boa qualidade para carpintarias interiores e caixilharias. Boa aptidão para mobiliário maciço e de elementos reconstituídos (lamelados); engradados e carpintaria fina. Alta qualidade para desenrolamento e folheamento. Magnífica vocação para laminados - colados, estruturais e planos, micro laminados moldados e LVL. Qualificada para a indústria fosforeira. Alta vocação para embalagens. Paletes. Cercas de vedação (fencing). Torneados e brinquedos. Persianas e estores. Aglomerados (fibras e partículas).</p>
Castanea Savita; Castanheiro;	<p>Densidade Leve.</p> <p>Retracção Volumétrica Total Retrácil.</p> <p>Utilizações Madeiras de grandes dimensões: Estruturas e carpintarias exteriores (caixilharias e portas). Desenrolamento (contraplacados) e corte plano (folheados). Revestimento de piso e parquet. Mobiliário (elementos estruturais maciços). Torneados. Tanoaria de envelhecimento. Construção naval. Madeiras de pequenas e médias dimensões: Tanoaria de transporte. Cestaria. Cabos de ferramentas. Laminados - colados - moldados.</p>
Eucalyptus globus; Eucalipto	<p>Densidade Pesada.</p> <p>Retracção Volumétrica Total - Muito retrácil (+).</p> <p>Utilizações Estrutura maciças. Carpintaria interiores. Revestimentos de pisos e parquetes. Mobiliário (madeiras de escolha, bem seca e se possível recondicionada). Folheados e contraplacados. Carroçaria de carga. Formas para calçado. Esteios e tutores. Travessas. Celulose.</p>

OBRAS DE CONSERVAÇÃO E REPARAÇÃO DA COBERTURA

ESPÉCIE DA MADEIRA	DURABILIDADE DA MADEIRA			IMPREGNABILIDADE DA MADEIRA		
	Muito Duráveis	Duráveis	Pouco Duráveis	Permeáveis	Resistentes à Impregnação	Muito Resistentes à Impregnação
Eucalipto- borne - <i>Eucalyptus globulus</i>			X	X		
Eucalipto- cerne - <i>Eucalyptus globulus</i>			X		X	
Castanho - <i>Castanea sativa</i>		X				X
Pinho bravo- cerne - <i>Pinus pinaster</i>			X	X		

Tabela 1 – Durabilidade e impregnabilidade da madeira

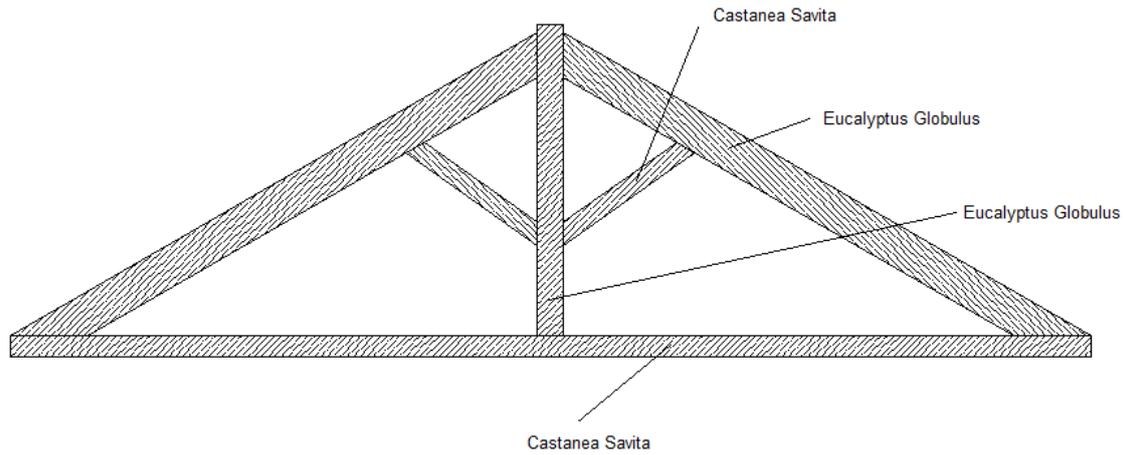


Figura 62 – Identificação das madeiras da asna

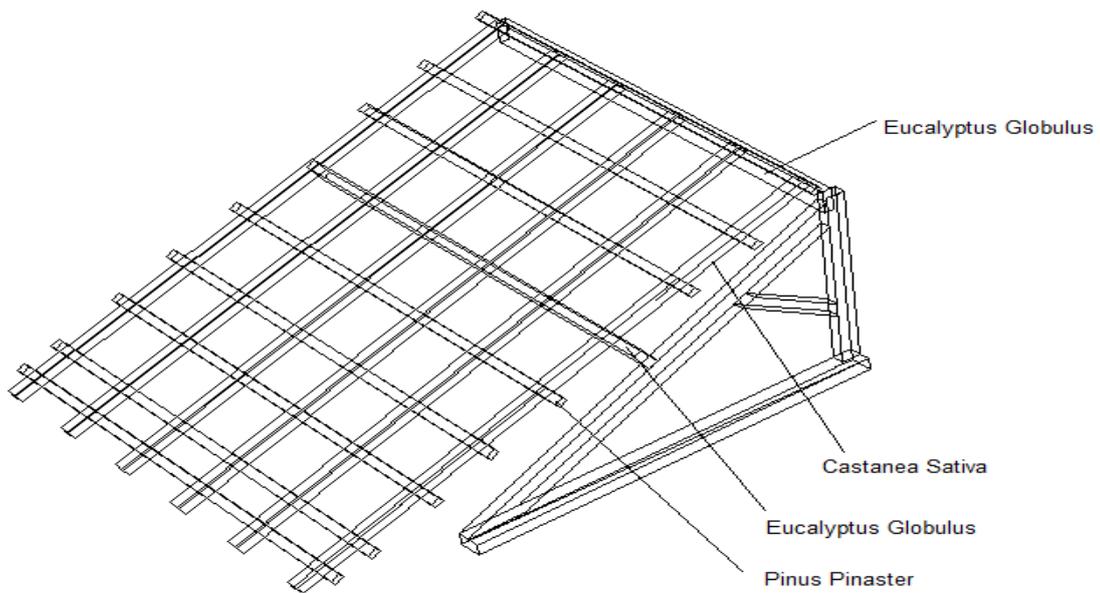


Figura 63 – Identificação das madeiras na cobertura

7.4 – Estudos preliminares

Embora o ataque biológico esteja na origem da maioria das situações de deterioração e frequente rotura dos elementos de madeira aplicados em edifícios, ocorrem muitas vezes deficiências estruturais relacionadas apenas com os esforços a que estão sujeitos, que requerem igualmente medidas correctivas adequadas.

São relativamente frequentes: a rotura de elementos ou de ligações, por carga excessiva (modificação do uso dado ao edifício) ou por alteração do funcionamento da estrutura (por reforço local de ligações ou alteração dos apoios, por exemplo), deformações excessivas (podendo corresponder a fluência do material ou resultar apenas do empeno da madeira colocada verde em obra e seca em serviço), rotação nos apoios, ou escorregamento nas ligações. Anomalias deste tipo terão que ser resolvidas de forma adequada.

Aspectos particulares, como sejam o eventual interesse histórico do edifício ou parte dele poderão impor restrições ao trabalho de prospecção e à subsequente intervenção a realizar, devendo naturalmente ser consideradas caso a caso. Refira-se a este propósito que são mais frequentes do que se possa pensar os erros básicos de concepção estrutural e o mau dimensionamento das estruturas originais, julgando-se imprescindível nestes casos corrigir as deficiências, mesmo em intervenções que se pretendem pouco intrusivas e fiéis ao original.

Através da visita à cobertura, conseguiu-se apurar as anomalias existentes na estrutura da cobertura, especialmente nas madeiras existentes na sua constituição.

Constata-se que a nível das secções dos elementos de madeira existem algumas insuficiências, sendo visível alguma deformabilidade.

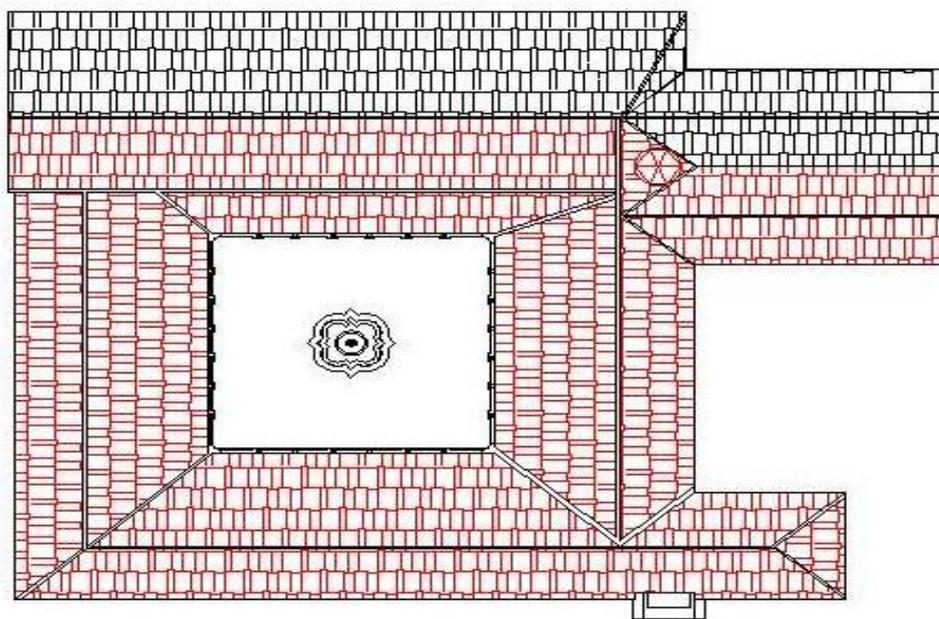


Figura 64 – Identificação da zona estudada

OBRAS DE CONSERVAÇÃO E REPARAÇÃO DA COBERTURA

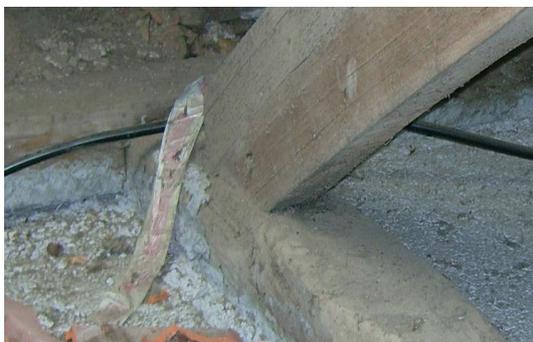
Outro dos factores que já se pode verificar na madeira é o ataque de fungos, insectos e poeiras, que levam ao apodrecimento destes elementos. Nota-se um deficiente desempenho da cobertura, existem algumas infiltrações, por esta não desempenhar na totalidade a sua função. Esta deficiência também está relacionada com a deformação das madeiras que altera a configuração geométrica da estrutura da cobertura e é acompanhada pelos movimentos de adaptação do próprio revestimento, dando-se a abertura de juntas entre telhas, reduzindo o efeito de sobreposição entre telhas consecutivas e facilitando a entrada de humidades na estrutura, reduzindo assim a sua estanquidade, dando origem à deterioração das características da madeira, perdas da secção, degradação da resistência e capacidade de deformação. Pontualmente, existem situações em que os elementos de madeira apresentam outras patologias / defeitos localizados (nós, secções ocas e secções fendilhadas), que afectam significativamente a sua capacidade resistente.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 65 – Interior da cobertura; (a): Ligação de metálica do pendural com linha; (b): Ligação entre madres; (c): Ligação entre perna e linha; (d): Fissuras na perna.

OBRAS DE CONSERVAÇÃO E REPARAÇÃO DA COBERTURA



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)



(h)



(i)

(j)

Figura 65 – Interior da cobertura; (a): Poeiras; (b): Apodrecimento; (c): deformação; (d): Ligações; (e): Fissuras; (f): Deslocamentos; (g): Cobertura; (h): Parte eléctrica; (i): Vara com podridão; (j): Argamassas nas madeiras

7.5 – Trabalhos de execução

Face ao ataque da madeira por agentes biológicos, é necessário sustar a progressão da degradação (acção curativa) e impedir a recorrência dos problemas (acção preventiva).

Em termos gerais, devem ser implementadas as seguintes acções:

Todas as madeiras existentes serão integralmente revistas e substituídas todas as peças que apresentem apodrecimento, utilizando madeira de características idênticas às preexistentes.

Em todas as zonas de madeiras atacadas por fungos deve ser aplicado um fungicida.

Nas madeiras em bom estado e que não sejam para substituir, por motivos de projecto deve ser aplicado um protector.

As intervenções em construções envolvem, frequentemente, reforço e/ou consolidação de estruturas de madeira.

A aplicação de métodos pouco intrusivos possibilita a reabilitação ou a reconstituição de elementos estruturais de madeira, em vez de se proceder à sua substituição integral, inclusive por outra estrutura ou material estrutural.

Face às patologias referenciadas e em função dos condicionamentos, como, por exemplo, a acessibilidade, o impacto visual, etc., é possível definir configurações de elevada eficiência, com o mínimo de substituição dos materiais e estrutura originais.

7.5.1 – Trabalhos preliminares

Para proceder á manutenção da cobertura, é necessário proceder á limpeza dos desvãos de forma a ter melhores condições de trabalho.

Na limpeza dos desvãos, é necessário ter em atenção todos os tipos de detritos existentes na cobertura, desde as poeiras, remoção de acumulações de entulhos, dejectos e de sujidade para exposição da estrutura a tratar, ao levantamento da telha de forma a substituir as mais degradadas, os detritos deixados por obras anteriores, com particular atenção nas argamassas, madeiras abandonadas e materiais deixados por obras de electricista e de manutenção do edifício.

Desta forma facilitar-se-ão os trabalhos de manutenção, pois os operários poderão ter melhores condições de acesso á zona da cobertura e de liberdade de trabalho, pois a cobertura apesar de ser bastante grande, tem poucas zonas e de difícil acesso.

Nesta fase também é importante referir que será mais fácil colocar os materiais na cobertura para a reabilitação e manutenção da estrutura de cobertura.



(a)



(b)

Figura 66 – Instalações eléctricas na cobertura; (a): Cabos eléctricos; (b): Instalação eléctrica.



(a)

(b)

Figura 67 – Instalações eléctricas na cobertura; (a): Instalação eléctrica; (b): material da intervenção, não utilizado.

7.5.2 – Limpeza de materiais

A limpeza dos materiais da cobertura deve ser efectuada, passando pela limpeza de todos os materiais que irão ser reutilizados na cobertura. Deve-se ter especial atenção às madeiras atacadas por fungos, aplicando-se um fungicida (por pincelagem abundante ou por injeção de produtos preservadores fungicidas adequados) e executando uma limpeza superficial, dos materiais metálicos, para remover toda a ferrugem, ou então decidir as suas substituições ou reforço desses locais.

É evidente que, futuramente, fazer uma limpeza periódica das telhas é fundamental não só para manter a sua boa aparência, mas também por ser esta uma oportunidade para se fazer uma vistoria completa em todo o material e executar, se necessário, pequenos reparos no acabamento, se este foi danificado por qualquer razão. Nas fachadas a limpeza é importante por seu carácter estético e embora uma cobertura muitas vezes não tenha o mesmo apelo visual, a sua limpeza não deve ser esquecida, pois é a superfície mais sujeita à acumulação de sujidades e corpos estranhos.

7.5.3 – Consolidação dos materiais

Após a análise das deficiências estruturais da madeira, deve-se proceder à substituição de peças de madeira cujo estado seja irreversível, ou à consolidação como objectivo da recuperação da capacidade resistente inicial, ou finalmente, proceder-se ao reforço cuja função é a de aumentar a capacidade de carga ou a limitação da deformação da estrutura. Existem diferentes técnicas de consolidação ou reforço de estruturas de madeira que dependem do material que se aplica e da degradação em causa. Essas técnicas são as seguintes:

- Substituição, reforço, consolidação e protecção química;
- Consolidação com betão, quando se perde a capacidade resistente da madeira e de certo modo a madeira se comporta como uma espécie de cofragem perdida;
- Consolidação mista betão - madeira, quando a madeira ainda possui uma certa capacidade resistente;
- Consolidação com elementos de madeira, através das próteses de madeira da mesma espécie coladas, e protegidas com produtos químicos em profundidade;
- Consolidação baseada em argamassas epóxicas, através do saneamento da madeira danificada e sua substituição por argamassas epóxicas com ou sem elementos rígidos ou por aplicação de resinas epóxicas;
- Elementos de reforço metálicos que é o caso das placas e varões em aço inoxidável; e os compósitos (formados por uma base de resina sintética e um reforço de fibras – vidro ou carbono).

A ausência de ligações convenientes entre elementos de madeira, a necessidade de eliminação completa de toda a actividade biológica e o perigo de incêndio, são um problema para a estrutura.

Desta forma seria necessário, como referido anteriormente, proceder a uma limpeza das madeiras, de forma a limpar poeiras, fungos e fluorescências. De seguida era necessário proceder a uma substituição dos elementos que apresentem sinais de podridão e que apresentem risco para a estrutura, de forma a consolidar o mais possível a cobertura.

Nesta fase, é necessário ter atenção também às ligações existentes entre os elementos de madeira, pois nota-se em muitos casos já a deformação da estrutura devido a algumas ligações começarem a ficar deficientes, neste caso poderão reforçar-se as ligações através de elementos metálicos de forma a corrigir e a consolidar; esta situação verifica-se devido ao estado muito avançado de degradação dos elementos existentes nas ligações, que são feitos em pregos, já com elevado grau de ferrugem devido às humidades existentes na cobertura.

Temos também a situação dos elementos metálicos que já existem, que também apresentam alguma ferrugem, que, para segurança, seria necessário proceder á sua substituição.

7.5.4 – Protecção de materiais

- “As técnicas de conservação ou protecção devem estar estritamente vinculadas à investigação pluridisciplinar científica sobre materiais e tecnologias usadas para a construção, reparação e/ou restauro do património edificado. (...). Qualquer material e tecnologia novos devem ser rigorosamente testados, comparadas e adequadas à necessidade real da conservação. Quando a aplicação *in situ* de novas tecnologias possa ser relevante para a manutenção do fabrico original, estas devem ser continuamente controladas tendo em conta os resultados obtidos, o seu comportamento posterior e a possibilidade de uma eventual reversibilidade.” Os materiais e tecnologias tradicionais deverão ser estruturados pois constituem por si só património cultural [1]

Para diminuir o risco de degradação da madeira, deve-se ter em conta a escolha do material adequado ao fim em causa, a protecção química da madeira, a execução do projecto e sua construção.

Na selecção da madeira é importante o conhecimento da espécie em termos da sua durabilidade (depende de certas substâncias existentes no tecido celular da madeira, com características anti-sépticas e que pertencem ao grupo dos fenóis, alcalóides, quininos, flavononas, terpenos, e troponois), e impregnabilidade.

Inicialmente, é avaliado o grau de afectação e o tipo de agentes de degradação da madeira.

Em seguida, é retirada a zona afectada da madeira, e aplicado o produto químico protector adequado por impregnação. Por último devem ser aplicados os mesmos produtos protectores em madeiras perto da anteriormente danificada, de modo a evitar degradações futuras.

O tratamento é efectuado consoante o tipo de deterioração da madeira.

De modo a evitar ou minimizar as deficiências construtivas indicadas anteriormente devem ser realizadas as seguintes operações:

- Eliminação dos focos de humidade através da reparação de infra-estruturas e de coberturas defeituosas, execução de barreiras de impermeabilização nas fachadas;

- Promover uma boa ventilação ao nível dos apoios das vigas e dos soalhos, para que não ocorram condensações que provoquem a existência de fungos de podridão, quando tal não for possível, deve-se submeter a madeira a um tratamento protector por impregnação química mediante injeções a pressão em orifícios realizados previamente; outra possibilidade, ao nível dos apoios das vigas, seria a sua impermeabilização plástica transpirável que evita a entrada de humidade do exterior e que permite a passagem do vapor de água do interior para o exterior;

- A protecção das zonas de apoio da estrutura da cobertura também pode ser realizada pela execução de beirais;

- A madeira exposta à intempérie, deve ser bem dimensionada e protegida com pinturas ou vernizes que impeçam a entrada de humidade evitando degradações físico-químicas e biológicas.

Uma outra situação corrente na prática é o reforço de elementos em serviço, por meio de perfis colados à face ou embebidos no interior dos elementos de madeira. Estas intervenções podem recorrer a elementos de reforço em aço macio (chapas aparafusadas ou coladas, ou varões de construção colados) ou, muito frequentemente, a materiais compósitos colados.

7.5.5 – Argamassas

Nos locais onde não seja necessário a mudança de telhas, ou mesmo a manutenção da cobertura, é necessário ter atenção às argamassas utilizadas na impermeabilização da cobertura, pois podem ter algumas anomalias, neste caso é necessário proceder-se à manutenção destas ou mesmo à sua remoção substituindo-as por novas argamassas. Desta forma poderá garantir-se com melhor qualidade a estanquidade da cobertura.

As zonas onde é necessária particular atenção são, na cumeeira, nas ligações de remates de telhas, em clarabóias e em todos os locais susceptíveis de entradas de humidades, pois assim poderemos garantir um melhor desempenho da cobertura e mesmo do conforto térmico do edifício, pois a cobertura é o local mais afectado pelo clima.

Os problemas de construção (quer dos produtos quer das coberturas) que decorrem (frequentemente) da utilização indevida de argamassas justificam que lhes seja dedicado uma particular atenção. De facto, as argamassas possuem um comportamento higroscópico (absorvem água facilmente) distinto dos materiais cerâmicos (não higroscópico, ou seja, mantém o equilíbrio de humidade). Assim, em contacto com os produtos cerâmicos as argamassas fixam humidade junto às peças dificultando a sua secagem. Em consequência, criam condições favoráveis para o desenvolvimento de microorganismos e musgos ou, com maior gravidade, podem provocar fissuras, fendas ou fracturas (tanto na argamassa como na peça cerâmica, sendo este aspecto mais crítico com utilização de argamassas simples de cimento por se tornarem demasiado rígidas), criando pontos de infiltração indesejáveis, ou ainda danos nos produtos quando solicitados a ciclos de gelo-degelo. O seu uso excessivo pode ainda dificultar ou obstruir a ventilação, sendo um dos aspectos mais penalizadores (particularmente em zonas agressivas à acção do gelo) e que afecta (indirectamente) a durabilidade dos materiais na cobertura.

7.5.6 - Construção de coberturas

Uma alternativa construtiva ao usual processo construtivo com a utilização de madeira na estrutura são as estruturas metálicas ou de betão. Isso ocorre devido à escassez de material, o aumento do preço da madeira e a essencial necessidade de preservação ambiental, além do aumento da produtividade e da qualidade na construção de coberturas com telhado, devido ao maior grau de industrialização através da utilização de peças pré-fabricadas.

A típica cobertura de madeira Portuguesa apresenta asnas como principal elemento estrutural, com uma pendente variável entre os 20° e os 30°, sendo materializada por telhas cerâmicas apoiadas sobre as varas espaçadas de 40-50 cm, que repousam por sua vez sobre a cumeeira, as madres e o frechal. Normalmente, as coberturas de madeira são constituídas por asnas simples (ou de Palládio) de vãos médios entre 6 e 7 metros. Esta geometria de asnas de madeira, caracteriza-se por apresentar um elemento horizontal, a linha, duas pernas inclinadas de modo a formar as pendentes do telhado e ligadas na sua base à linha, um elemento vertical ao centro na ligação entre as duas pernas, o pendural, e duas escoras inclinadas, suportando as pernas no pendural [2].

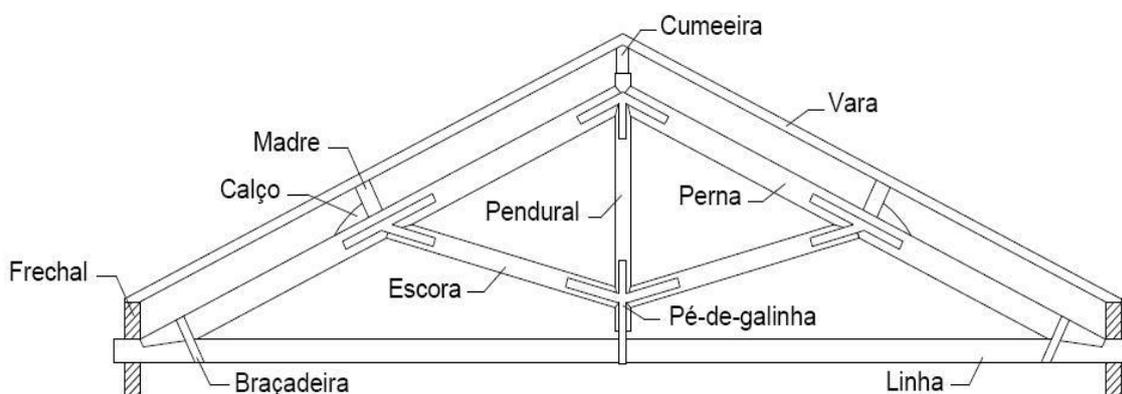


Figura 68 – Identificação das peças da asna

As ligações das asnas são normalmente materializadas por entalhes de dente simples ou duplo e prevendo ou não respiga e mecha. Nestas ligações, ditas tradicionais, os esforços são transmitidos por compressão e/ou atrito. De forma a melhorar o contacto entre os elementos ligados, são normalmente adicionados elementos metálicos. O uso destes elementos metálicos, para além de prevenir as deformações no plano ortogonal à estrutura, tem o objectivo de garantir a estabilidade da ligação frente a forças cíclicas (inversão de esforços). Braçadeiras, esquadros e varões metálicos representam as soluções de reforço mais vulgares em ligações tradicionais de madeira.

As espécies de madeira mais usadas nas coberturas de madeira Portuguesas são o Pinho bravo (*Pinus pinaster*, Ait.), o Castanho (*Castanea sativa*, Mill) e o Eucalipto (*Eucalyptus globules*, Labill.). Enquanto o Castanho é característico de construções eclesiásticas, a utilização do Pinho bravo e do Eucalipto é comum em construções industriais, em particular, daquelas com data de construção próxima das guerras mundiais.

No dimensionamento de construções novas como em acções de reabilitação e/ou reforço de estruturas antigas de madeira, é usual assumir que as ligações das asnas de madeira são articuladas. Contudo, estas apresentam rigidez não desprezível. Esta capacidade de transmissão de momentos torna-se determinante sob o efeito de acções assimétricas como são a neve, o vento e o sismo. Esta necessidade de uma correcta definição do modelo estrutural e, em particular, da adopção de um valor adequado para a rigidez das ligações, ganha especial importância em estruturas antigas, onde os elementos estruturais apresentam grande variabilidade de inércias, e/ou nem sempre as regras práticas de boa execução das suas ligações são seguidas [3].

O reforço de ligações de madeira pode ser executado de diversas formas: desde a simples substituição ou adição de ligadores, ao uso de elementos metálicos, ou materiais compósitos, à completa injeção de adesivos. Cada solução de reforço tem consequências únicas na resistência, na rigidez e na ductilidade finais da ligação. Apesar de frequentes, não existem estudos suficientes sobre o comportamento das ligações tradicionais de madeira e possíveis técnicas de reforço.

Após a execução do ripado, pode-se dar início ao assentamento das telhas de encaixe, fiada a fiada, no sentido da direita para a esquerda e de baixo para cima, devendo estas ser mantidas em posição pelos pernes e pelo seu peso próprio.

Sempre que necessário, seja pela exposição ou pela inclinação, as telhas devem ser fixadas às ripas e repartidas regularmente por toda a cobertura.

No caso de telha aba canudo, para assegurar o alinhamento das fiadas (colunas) devem ser traçadas, de 4 em 4 fiadas, linhas de guia ascendentes, perpendiculares ao beirado e paralelas entre si. As telhas devem ficar alinhadas pelo cano e não pelo bordo.

As telhas planas de encaixe podem ser aplicadas em linha ou cruzadas, uma vez que dispõem de pernas e encaixes de perne que apresentam simetria. O processo de aplicação é semelhante ao das telhas de aba canudo.

As telhas canudo podem ser assentes sobre suportes contínuos ou descontínuos, concebidos em função da geometria da telha, ou ainda sobre subtelha. O assentamento inicia-se pelas telhas inferiores sobre as ripas, formando um canal para a evacuação das águas, respeitando uma sobreposição de 150 mm da telha da fiada superior sobre a da fiada inferior (bordo anterior e posterior). Colocadas as telhas inferiores, as superiores (de capeamento) são então assentes e alinhadas. Para evitar o seu deslizamento, as telhas devem ser espaçadamente fixadas à estrutura com pregos, mástique ou argamassas (aconselhável apenas em zonas em que ocorram simultaneamente valores baixos de precipitação e pequena amplitude térmica), devendo ainda ser fixadas entre elas recorrendo a grampos de fixação metálicos [4].

Caso o telhado seja de várias águas, devem repetir-se os passos descritos. Recomenda-se que o assentamento seja feito em toda a periferia, isto é, subindo com todas as águas e fazendo todos os cortes de cada fiada.

Durante o processo de assentamento, sempre que não existam acessórios disponíveis e adequados, deve-se ir fazendo todos os cortes necessários para contornar chaminés, lanternins, clarabóias ou outros elementos.

A execução da cumeeira deve ser realizada utilizando sempre acessórios adequados: cumes ou telhões. As juntas entre as peças das cumeeiras são asseguradas por encaixe mas, no caso da telha canudo, onde a cumeeira pode ser realizada com a própria telha, deve ser respeitado um recobrimento mínimo de 10 cm. O assentamento dos cumes deve ser efectuado com argamassas bastardas ou cimentos hidrofugados, tendo o cuidado de assegurar a ventilação natural da cobertura (exaustão de ar quente).

As juntas entre as cumeeiras e as telhas devem impedir a passagem de água mas permitir a ventilação (ver secção “ventilação”).

A utilização de remates de cumeeira nos topos e a inversão com recurso a cumes duplos são soluções que permitem minimizar o recurso a argamassas e melhorar significativamente o desempenho funcional da cobertura (ao permitir uma melhor ventilação e evitar pontos susceptíveis de infiltração de água), ao mesmo tempo que proporcionam um acabamento perfeito.

Se necessário deve recorrer-se a fixações mecânicas, evitando sempre o recurso à aplicação excessiva de argamassa (ver secção de “argamassas”).

Em zonas propícias à ocorrência de ventos particularmente fortes é recomendável que a montagem dos cumes e o seu recobrimento seja efectuada no sentido contrário aos ventos predominantes.

Deve ser sempre garantido o recobrimento total do espaço na intersecção das duas águas pelo cume, de forma a evitar a entrada de água. Entre telhas de duas águas deve ser criado um intervalo mínimo de 2 cm para facilitar a evacuação do ar quente por convecção natural.

Se o corte das telhas eliminar as nervuras de vedação, deve-se aplicar um filete de silicone ou mástique de poliuretano em substituição.

Os requisitos para a execução da linha de rincão são idênticos aos indicados para a cumeeira, residindo a principal diferença no facto da linha de intersecção não ser horizontal. O corte enviesado das telhas deve ser mecânico para assegurar a sua correcta sobreposição.

Nos topos superiores e inferior devem usar-se exclusivamente peças acessórias, nomeadamente cumes de três e quatro hastes (cruzetas), que podem ser rematados com pirâmide de bola ou bico, e conchas, convenientemente fixadas.

Caso se opte pela aplicação do beiral, as primeiras telhas a assentar na estrutura são as do beiral (ver secção “assentamento”). A ripa de apoio das telhas na linha de beiral (filete da beira) deve ter uma altura acrescida (não inferior a 1 cm) relativamente à altura adoptada para as outras ripas, de forma a manter a inclinação da pendente.

Na opção pela construção de um beirado (capa e bica/caleiro) deve respeitar-se o espaçamento lateral da telha, isto é, o alinhamento da capa de beirado deve ser efectuado pelo eixo do cano das telhas.

De modo a evitar o seu desalinhamento, deve ser ensaiado em obra a sua aplicação antes da fixação definitiva, que deve preceder o assentamento da telha. A execução do beiral ou beirado deve ter em conta a eventual utilização de cantos de telha, dependendo da geometria da cobertura.

No caso de telhas planas de encaixe, deve ser utilizado a capa de beirado com encaixes adaptados aos pernes, permitindo uma articulação e isolamento perfeito entre as telhas e o beirado. No caso das telhas de canudo, são normalmente utilizadas as próprias telhas para execução do beirado.

A área do beirado que deve ficar sobreposta à cornija / cimalha não deve ser inferior a 1/3 do comprimento do beirado. A inclinação mínima do beirado depende da inclinação da cobertura, mas não deve ser inferior a 8% (no caso de zonas sujeitas a precipitação intensa recomenda-se, no mínimo, 10%) sob pena de condicionar o escoamento de águas, com todas as implicações daí decorrentes.

De notar ainda que a beira deve incorporar pequenas aberturas de arejamento, nos canos das telhas ou nos desvãos formados pelos caleiros (ver secção sobre “ventilação”). Da mesma forma que na cumeeira, recomenda-se a redução ao mínimo das argamassas e o recurso a argamassas fracas e hidrofugadas.

No caso de se prever a utilização de caleiras de escoamento na linha de beiral, deve-se assegurar uma sobreposição da telha à caleira de 7 a 8 cm. Neste caso será proposto caleiras dentro do beiral [5].

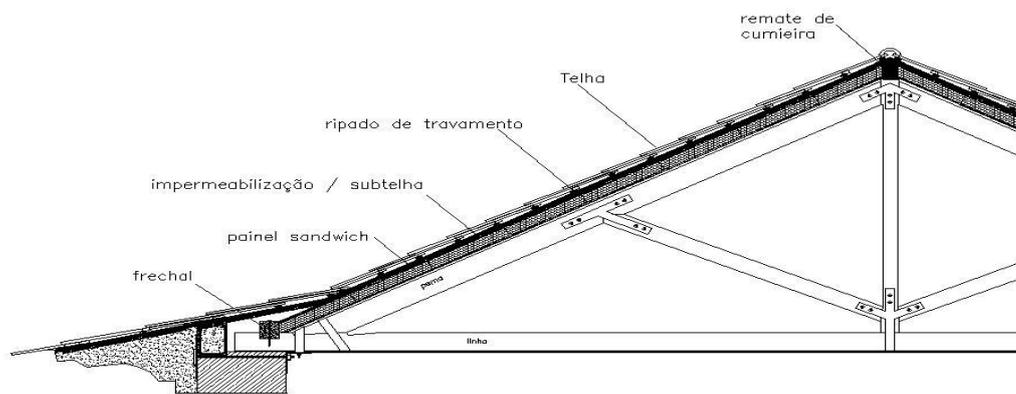


Figura 69 – Corte da cobertura

7.5.7 – Demolições, substituições e ligações

As demolições no edifício – caso de estudo, estão fora de questão, pois não é necessário demolir nesta cobertura, nenhum sector importante. É referir as substituições que são necessárias fazer na cobertura, principalmente em relação às madeiras e telhas, o que pode obrigar a demolir algo e construir novo. Também é relevante dar a devida importância às ligações na estrutura, pois como já foi referido anteriormente, há zonas em que é mesmo urgente colocar ligações resistentes ou substituir algumas já colocadas, pois já se apresentam em adiantado estado de degradação.

As substituições necessárias e principais, são no telhado, pois as telhas apresentam evidente degradação, detectam-se telhas partidas, deslocadas, com fluorescências, com rachas e aberturas das juntas que futuramente causarão humidades no interior da cobertura e apodrecimento das madeiras.

Também é necessário, após a remoção da antiga telha frágil e quebradiça e antes de colocar a nova telha ter em atenção as madeiras que apresentam anomalias graves, substituindo todas as madeiras podres que já não apresentem segurança á estrutura e reforçar a própria estrutura com escoras ou outros elementos de reforço, de forma a melhorar a eficiência da estrutura e eliminar as deformações existentes, facilitando a colocação da telha e a garantia de estanqueidade desta. É necessário substituir também algumas ligações já existentes caso apresentem ferrugens e podridão devido também á humidade existente na cobertura e conseqüente oxidação.

Em relação às ligações e pelas imagens já apresentadas, pode-se ver que é necessário reforçar as ligações pois verifica-se a deformação e perda de função dessas ligações.

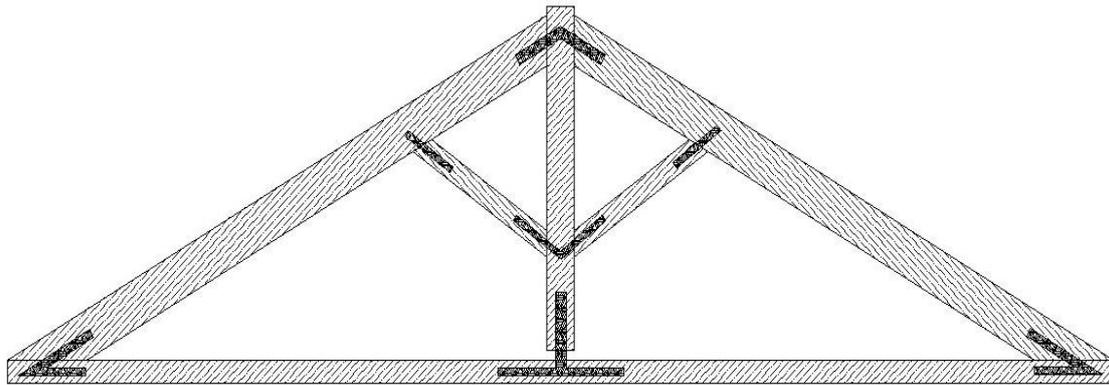


Figura 70 – Alguns dos reforços e substituições em metal sugeridos

O uso de elementos metálicos tem por objectivo prevenir os deslocamentos para fora do plano da ligação. Hoje em dia, o reforço contempla também o comportamento da ligação no seu próprio plano e o de garantir o contacto entre as peças ligadas. Nas zonas sísmicas, em particular, o reforço pode prevenir a degradação da resistência da ligação e evitar a perda de contacto entre os elementos ligados, resultado da diminuição das forças de compressão. Sob efeito de acções cíclicas, o reforço afigura-se como a única solução para a garantia de estabilidade da ligação.

7.5.8 – Consolidação e conservação de estruturas e elementos de madeira

Na conservação da madeira, pode-se utilizar vários produtos diferentes, dependendo do resultado, benefício, e custo desejado.

Os preservantes podem resistir ao ataque de insectos e fungos, não devendo ser tóxico ao homem e animais. Deve-se observar se o produto a ser utilizado possibilita maior possibilidade de combustão, ou seja, se facilita a possibilidade de pegar fogo.

A madeira tratada pode durar décadas, dependendo da sua manutenção e cuidados ao longo do tempo.

O produto escolhido, deve preencher alguns requisitos básicos: Impedir a deterioração da madeira; facilidade de penetração na madeira; não ser tóxico; não danificar a madeira; ser durável; ser viável a verificação da quantidade e periodicidade necessária para tratamento.

As madeiras também podem ser reforçadas por fibras, podendo obter uma melhor resposta das propriedades mecânicas destas. O uso das fibras proporciona um incremento nas propriedades mecânicas de resistência e rigidez da madeira. O emprego das respectivas fibras deve ser feito em conjunto com algum tipo de adesivo, formando, a partir da combinação de dois materiais, um compósito com propriedades superiores às destes materiais. As fibras são responsáveis pela resistência do compósito, e o adesivo une-as, sendo responsável pela transmissão dos esforços entre as fibras e o material reforçado. O aumento da rigidez a flexão é proporcional ao aumento do número de camadas de fibras. O uso de três camadas do tecido de fibra de vidro equivale ao uso de uma camada do tecido de fibra de carbono. O emprego do reforço de fibra propicia que a ruptura ocorra na presença de grandes deslocamentos verticais.

A grande vantagem do tecido de fibra de vidro em relação ao tecido de fibra de carbono é exactamente o seu baixo custo.

7.5.9 – Consolidação e conservação de estruturas e elementos metálicos

A consolidação e conservação dos elementos metálicos, como já referido anteriormente, são bastante importantes, principalmente nas zonas de ligações da estrutura; estes podem ser reforçados ou consolidados através de limpezas das oxidações e com tintas anti-oxidação de forma a melhorar as características destes elementos, mas pelo que se pode verificar na estrutura, a melhor opção seria a remoção dos elementos metálicos e trocar por novos elementos, com tratamentos específicos para tirar o melhor partido das estruturas metálicas.

7.5.10 – Consolidação de abóbadas em alvenaria

A existência de coberturas inclinadas, tendo por base estrutural as abóbadas de alvenaria é uma situação observável em numerosos exemplares da arquitectura

religiosa, nos quais se conjugam os efeitos pretendidos de dispor de tectos interiores abobadados e coberturas exteriores em telhados.

Devido aos impulsos horizontais não equilibrados a que as paredes resistentes estão sujeitas, é usual o aparecimento de fissuras longitudinais no fecho da abóbada.

Inicialmente, deve-se proceder à remoção da laje aligeirada de cobertura, sobre a qual assentam as telhas, e do todo o tipo de argamassas existentes no plano das águas de cobertura.

Em seguida, e já com o extradorso da abóbada exposto, procede-se ao preenchimento das eventuais fissuras existentes na abóbada e eventuais lacunas com argamassa de cal hidráulica e areia; para que a água de amassadura não penetre na abóbada, coloca-se uma tela impermeabilizante adjacente ao extradorso da abóbada.

De modo a garantir que a malha-sol a aplicar no extradorso da abóbada fique correctamente colocada, serão inseridas sobre as paredes resistentes e junto ao extradorso, vigas metálicas nas quais se irá amarrar a rede de aço distendido; colocam-se calços para evitar que a rede de aço fique colada à abóbada; colocam-se grampos de quinôncio de 6 mm espaçados em 50 cm, garantido assim a correcta fixação da rede de aço à abóbada.

A rede de aço distendido deverá ter no mínimo 8 mm de diâmetro, de forma a garantir a estabilidade da fissura da abóbada; quando a rede de aço estiver correctamente amarrada nas extremidades e devidamente fixada ao extradorso da abóbada procede-se à introdução de uma lâmina de argamassa com uma espessura igual ou superior a 6 cm.

Após estar concluído, o processo de endurecimento da argamassa, procede-se à recolocação das lajes aligeiradas de cobertura e posterior colocação das telhas cerâmicas.

7.5.11 – Impermeabilização e isolamento térmico – acústico

Ao nível das exigências de conforto térmico, nas construções de reabilitação, as ditas exigências não poderão ser dissociadas da sustentabilidade da construção e da necessidade de poupança energética.

As soluções arquitectónicas deverão privilegiar sistemas passivos de conforto térmico, incentivando a redução das cargas térmicas de aquecimento através de bons níveis de isolamento e procurando maximizar os ganhos por recurso a orientações adequadas e dimensão dos vãos. Já no que respeita a conforto de Verão deverão ser privilegiadas soluções arquitectónicas que permitam assegurar as temperaturas de conforto minimizando a necessidade de sistemas activos. Estas preocupações serão compatibilizadas com soluções construtivas que permitam a sua efectivação sem anomalias.

No entanto estas construções caracterizam-se em geral pela sua elevada massa ao nível da envolvente que garante inércias térmicas elevadas, o que apesar dos menores níveis de isolamento assegura boas condições em termos de conforto de Verão. Neste cenário deverão ser estudadas medidas que reforcem o isolamento a custos aceitáveis.

Recomenda-se fundamentalmente o reforço do isolamento nas coberturas, por onde ocorrem perdas significativas. Em alguns casos poderá fazer sentido reforçar o isolamento da envolvente vertical pelo exterior renovando as caixilharias sempre que estas se encontrem degradadas e constituam importantes pontes térmicas.

Estas medidas, complementadas pela instalação de sistemas de aquecimento, permitirão assegurar níveis de desempenho térmico claramente superiores aos apresentados na actualidade por estas fracções.

O conforto térmico passará pelo reforço dos isolamentos, se possível à custa de soluções leves em coberturas, envolventes verticais e confrontação com locais não aquecidos. A substituição de caixilharias antigas de vidros simples por caixilharias mais estanques de vidros duplos, a melhoria dos sistemas de ocultação nocturna e a atenuação das pontes térmicas serão de privilegiar.

Nestas preocupações é necessário não descurar a importância da ventilação como forma de diminuir a humidade relativa interior. Os locais interiores e onde há maior produção de vapor deverão ser ventilados.

Esta necessidade torna-se mais importante à medida que as caixilharias são mais estanques.

Ao nível do conforto acústico adoptar-se-á uma abordagem semelhante à referida em termos de conforto térmico.

A satisfação das exigências mínimas está muito condicionada pela qualidade construtiva que deve ser adequadamente controlada.

Na reabilitação defender-se-ão intervenções muito mais selectivas, procurando, com custos moderados, melhorias significativas de desempenho. Realçam-se o isolamento entre pisos e entre fracções passível de alcançar por recurso a sistemas leves, bem como, ao nível da envolvente o reforço do isolamento das caixilharias sempre que estas constituam fragilidades

O conforto acústico será melhorado reforçando o isolamento entre pisos por actuação nos tectos ou pavimentos, entre fracções e entre compartimentos com ocupações diferenciadas.

Na envolvente a melhoria das caixilharias poderá ser decisiva para uma diferenciação positiva dos níveis de conforto.

Sem descaracterizar o telhado, pode-se melhorar significativamente o desempenho da cobertura mediante a introdução de forros, camadas isolantes sob ou sobre estes forros e camadas impermeabilizantes, que complementam a função das telhas.

O controlo de humidades é feito pelos isolamentos, impermeabilização, pela ventilação e renovação do ar da cobertura e pelo correcto desempenho da cobertura. Contudo é necessário e será sempre benéfico impermeabilizar as madeiras e os metais com materiais próprios para tirar melhor partido deles e maior durabilidade. O recurso a sub - telha de chapa ondulada de fibrocimento ou cartão asfáltico, deve garantir a ventilação do desvão do telhado pelas características inerentes ao material ou através de um sistema de ventilação; uma adequada aplicação nas zonas de remate, em cumeeira, larós, rincões, e beirados; que a água das chuvas que escorre pelo telhado seja escoada pela telha. Outra solução, consiste num forro com contraplacado sobre o qual se aplica

uma tela microperfurada, impermeável à água da chuva mas permeável ao vapor da água. Devem ser colocadas telhas de ventilação e passadeiras que permitam simultaneamente a ventilação do desvão da cobertura e a circulação e acesso a zonas de cobertura que necessitem de reparação de algarozes, remates de chaminés e clarabóias.

7.5.12 – Obras de serralharia civil

As obras de serralharia civil, terão maior atenção ao reforço das estruturas de madeira com o reforço das ligações e também na construção e colocação de caleiras e tubos de queda, para melhoramento da estanqueidade da cobertura, também terão particular atenção nas juntas dos vãos. Estes também terão que ter particular atenção ao restante edifício, onde é necessário substituir algumas ferragens e melhorar a qualidade e proteger alguns metais que já se encontram degradados.

7.5.13 – Trabalhos de vidraceiro

Os trabalhos de vidraceiro serão dedicados essencialmente, à clarabóia, existente na zona de escadas de acesso ao primeiro piso; aí também é necessário trabalho de serralharia civil. No caso dos trabalhos de vidraceiro, serão mais incisivos no resto do edifício, em janelas e portas envidraçadas, no seu isolamento e substituição de vidros partidos.

7.5.14 – Sistemas e instalações técnicas

As instalações encontradas no vão do edifício – caso de estudo, também merecem particular atenção, e antes de se começar por um melhoramento e substituição dos materiais, é necessário proceder às instalações de todo o equipamento encontrado na cobertura. Com este melhoramento, facilitará os trabalhos da reabilitação da cobertura, como futuramente também ajudará na limpeza dos vãos.



Figura 71 – Mau exemplo da rede eléctrica na cobertura actual do Convento

7.5.15 – Colocação dos materiais em obra

A colocação dos materiais em obra será num estaleiro construído para o efeito, que deverá cumprir todas as normas regulamentadas, de forma a conseguir-se a melhor qualidade da obra e segurança.

7.6 - Referências Bibliográficas

- [1] - Ramalhete, F. e Silva, F. - *O que fazer para preservar a arquitectura tradicional;* Casas de Portugal n.º 36, Outubro-Novembro de 2002, pp.28
- [2] - Parisi M.A.; Piazza M. – “Mechanics of plain and retrofitted traditional timber connections”. *J Struct Engrg.*. ASCE, 2000, 126 (12): pp. 1395 – 1403.
- [3] Costa F.P. - *Enciclopédia Prática da Construção Civil*. Edição do Autor. Depositária Portugália Editora. 1955, Lisboa.
- [4] Branco, J. et al. - *Portuguese traditional timber trusses: static and dynamic behaviour*. Report E-19/05. DECivil, University of Minho, 2005, pp. 50.
- [5] – LOBO, Susana, *Sistemas de drenagem pluviais de coberturas inclinadas*, 2002

8 – ANÁLISE DA ESTRUTURA PELO MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS

8.1 - Introdução

Neste Capítulo, apresenta-se uma análise por elementos finitos de uma das asnas da cobertura do Convento Franciscano, dos Paços do Concelho de Mesão Frio. Do trabalho de levantamento da cobertura, resultaram as dimensões que constam da Figura 60. Desse trabalho, foram identificadas as madeiras de que é constituída a asna (Figura 62). Dada a impossibilidade de obter as propriedades elásticas de todas as espécies de madeira identificadas na cobertura – o que obrigaria a encetar uma operação de caracterização mecânica de provetes retirados da estrutura -, optou-se por efectuar a análise de elementos finitos, recorrendo a um único tipo de madeira. Assim, escolheu-se a madeira de pinho (*Pinus pinaster* Ait.), cujas propriedades elásticas se conhecem (Tabela 2).

A estimativa do peso da cobertura foi realizada com base na área de influência das acções aplicadas na asna (Figura 72). Assim, resultou um peso P médio de 8575N, para o que contribuiu o peso da telha, do ripado e das varas, para uma área de 12,25m².

O objectivo desta análise é identificar os elementos mais desfavoráveis da asna, identificando nestes, as zonas mais críticas. Assim, nos elementos mais críticos da estrutura, apresentar-se-ão, através de uma análise por elementos finitos (Secção 8.2), as

tensões normais instaladas na direcção do fio da madeira (i.e. direcção longitudinal na Figura 73), $f_{c,0,k}$, na direcção perpendicular, $f_{c,90,k}$, bem como as tensões de corte, τ .

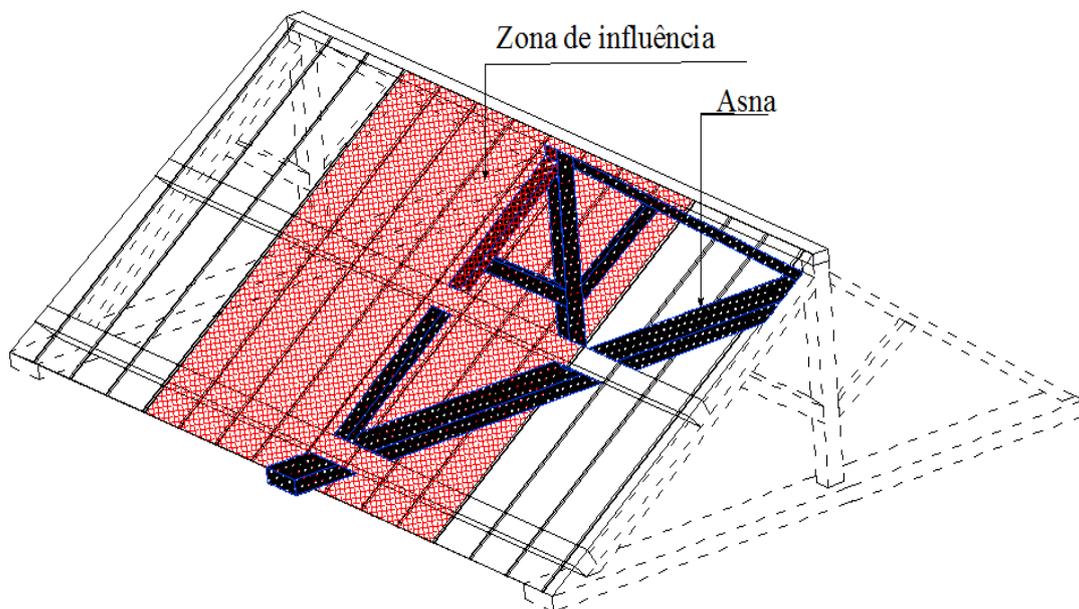


Figura 72 – Área de influência sobre a asna.

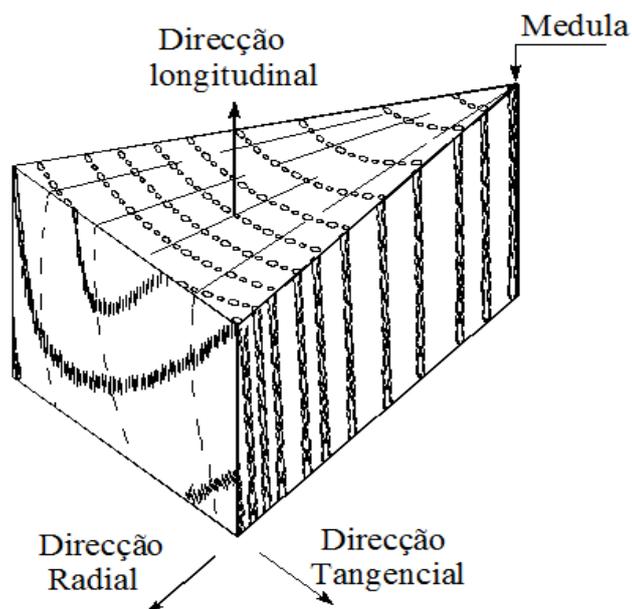


Figura 73 – Direcções de simetria material na madeira.
Direcção longitudinal (L), radial (R) e tangencial (T)
Adaptado de Dourado N (2008) [2].

8.2 – Análise da estrutura

Nesta Secção descrevem-se os passos da análise por elementos finitos de uma asna da cobertura, recorrendo ao código ABAQUS®.

Atendendo à simetria da estrutura (Figura 60), modelou-se apenas a metade esquerda representada na Figura 74. Assim, começou-se por discretizar a estrutura em 715 elementos finitos isoparamétricos de 8 nós, e em 315 elementos finitos isoparamétricos de 6-nós, contidos na livraria do ABAQUS®, com as propriedades elásticas que se resumem na Tabela 1. Atendendo à ortotropia do material (Figura 73), impuseram-se sistemas de eixos locais, de forma a ter em linha de conta com as diversas orientações dos elementos da estrutura (Figuras 74 e 75). No que respeita às condições de fronteira do modelo, restringiram-se os deslocamentos verticais da família de nós D (Figura 73) – junto do apoio -, e impuseram-se restrição no deslocamento horizontal da família de nós E (Figura 73), para cumprirem com as condições de simetria do modelo. Em todas as interfaces dos elementos estruturais (superfícies de contacto nas ligações entre elementos), restringiram-se os deslocamentos relativos de um número de nós correspondente à área de contacto, com o objectivo de simular a ligação por cavilha (2 cavilhas por interface). Atendendo à espessura dos elementos da estrutura (cerca de 400 mm), decidiu-se realizar a modelação em estado plano de deformação. O carregamento da estrutura foi realizado em duas fases consecutivas. Assim, numa primeira fase, submeteu-se a estrutura, de uma forma gradual, à acção do peso próprio, considerando a massa específica de referência do pinho indicada na Tabela 1 (*Pinus pinaster* Ait.). Numa segunda fase, aplicaram-se, de forma gradual, deslocamentos verticais às famílias de nós A, B e C (Figura 74), com uma intensidade correspondente ao peso total do telhado P (Figura 72), distribuído por três apoios. Com efeito, o procedimento de obtenção do deslocamento a impor a cada família de nós (A, B e C), foi apurado numa base de tentativa - erro, até que a resultante da força obtida em cada família de nós, resultasse igual a $P/3$. Assim, resultaram os deslocamentos verticais 0,005, 0,085 e 0,005 (mm), na família de nós A, B e C, respectivamente.

Tabela 2 - Propriedades elásticas do pinho (*Pinus pinaster*) e massa específica. In: Xavier J et al. 2004 [1]. E_L : Módulo de elasticidade longitudinal; E_T : Módulo de elasticidade tangencial (Figura 73); ν_{LT} : Coeficiente de Poisson; G_{LT} : Módulo de corte; ρ : Massa específica.

E_L (MPa)	E_T (MPa)	ν_{LT}	G_{LT} (MPa)	ρ (kg/mm ³)
15133	631	0,51	1042	419,565E-09

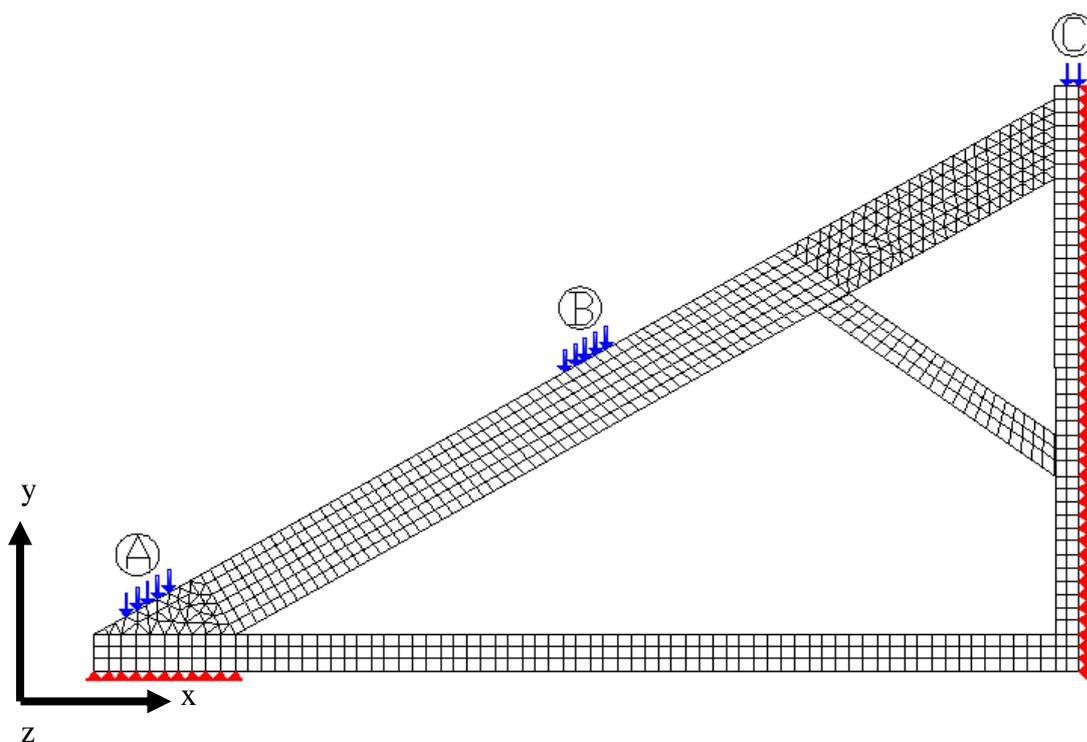


Figura 74 – Malha de elementos finitos utilizada nas simulações com representação das condições de fronteira.

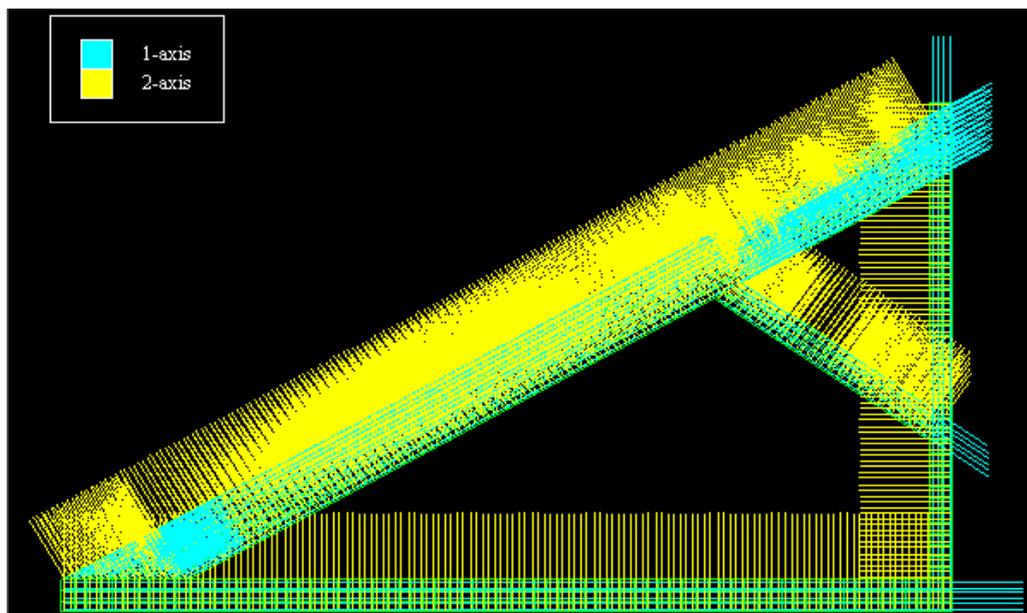


Figura 75 – Orientação do material (1 – Longitudinal; 2 – Tangencial (Figura 73)).

Do pós-processamento resultaram as configurações deformadas ilustradas nas Figuras 76, 77 e 78, referentes à distribuição das tensões normais na direcção do fio da madeira, $f_{c,0,k}$, na direcção perpendicular ao fio, $f_{c,90,k}$, e de corte, respectivamente. Assim, considerando o perfil de tensões normais ilustrado na Figura 76, foi possível identificar a perna e a escora como os elementos da asna mais solicitados - escolha sustentada na observação dos campos de tensão máxima, abrangendo uma área maior. Deve referir-se a este propósito, que a gama de tensões estimada na análise, como resultado das solicitações impostas ao modelo de elementos finitos (Figuras 76, 77 e 78), não é de modo a provocar a rotura, ou mesmo o dano, de qualquer elemento estrutural. Na verdade, a intensidade das acções é responsável pela instalação de campos de tensão com intensidade muito inferior à resistência à tracção em qualquer direcção de simetria material (Tabela 3). Não obstante a instalação de campos de tensão compressiva em algumas regiões do modelo – para as quais não se estabeleceu uma comparação directa com a respectiva resistência (à compressão) -, constata-se que estas são de intensidade igualmente baixa. Assim, resolveu-se realizar uma análise qualitativa do estado de tensão, normalizando o perfil de tensões ($f_{c,0,k}$, $f_{c,90,k}$, τ) instaladas ao longo dos dorsos superior e inferior da escora e da perna (Figuras 79 a 82).

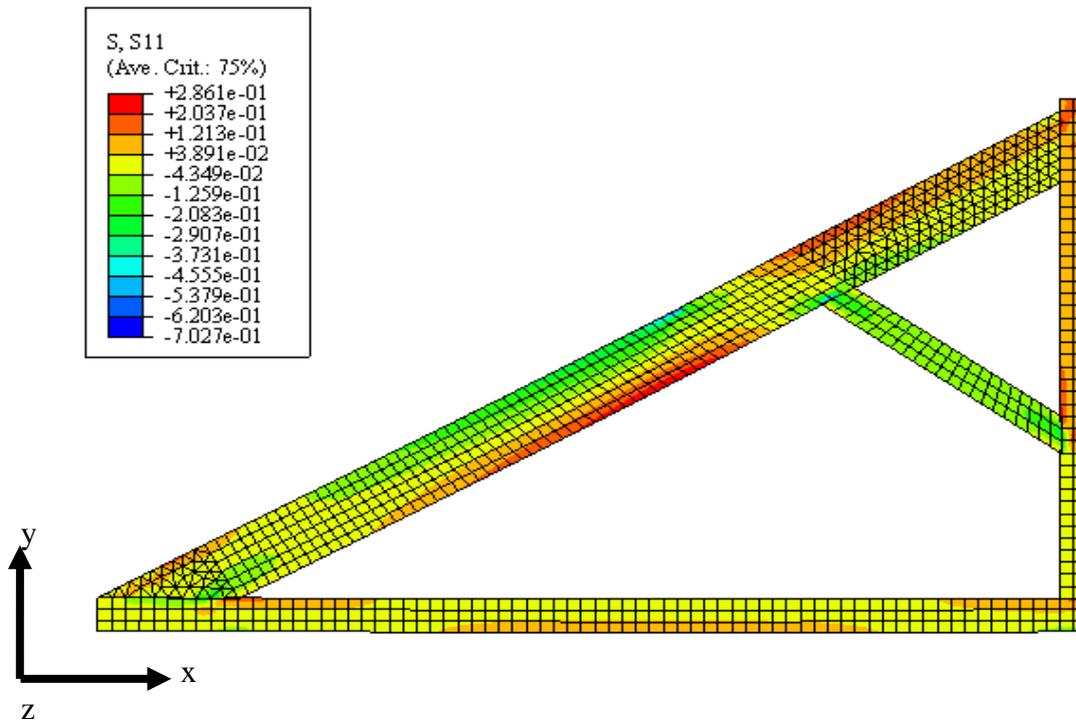


Figura 76 – Configuração deformada, com representação do campo das tensões normais ($f_{c,0,k}$) na direcção do fio da madeira (MPa).

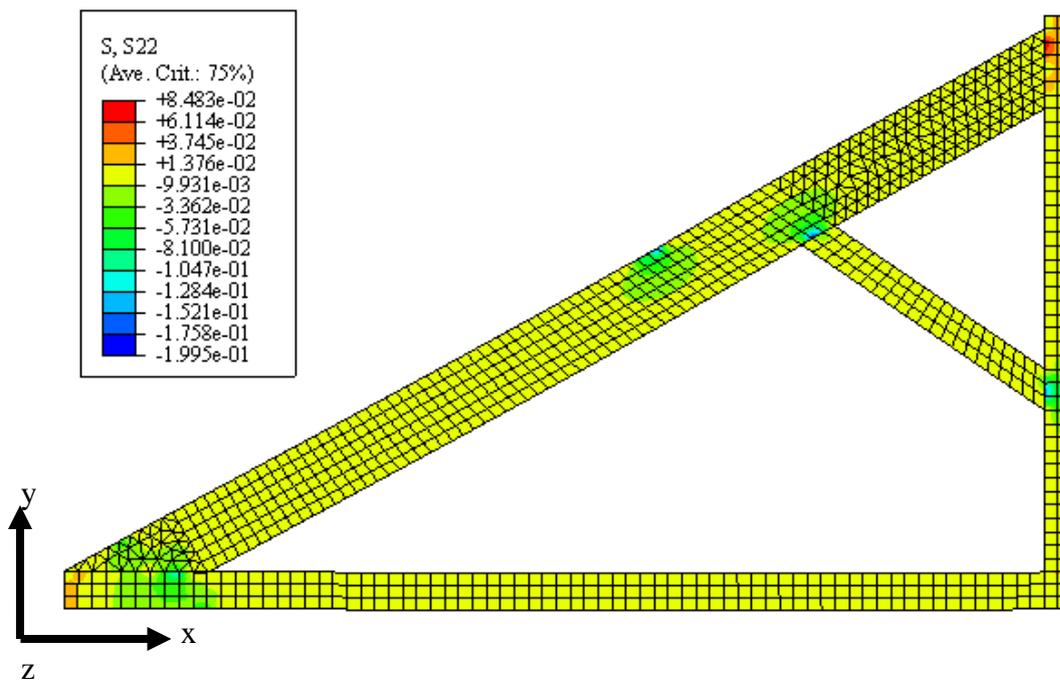


Figura 77 – Configuração deformada, com representação do campo das tensões normais ($f_{c,90}$) perpendicular ao fio da madeira (MPa).

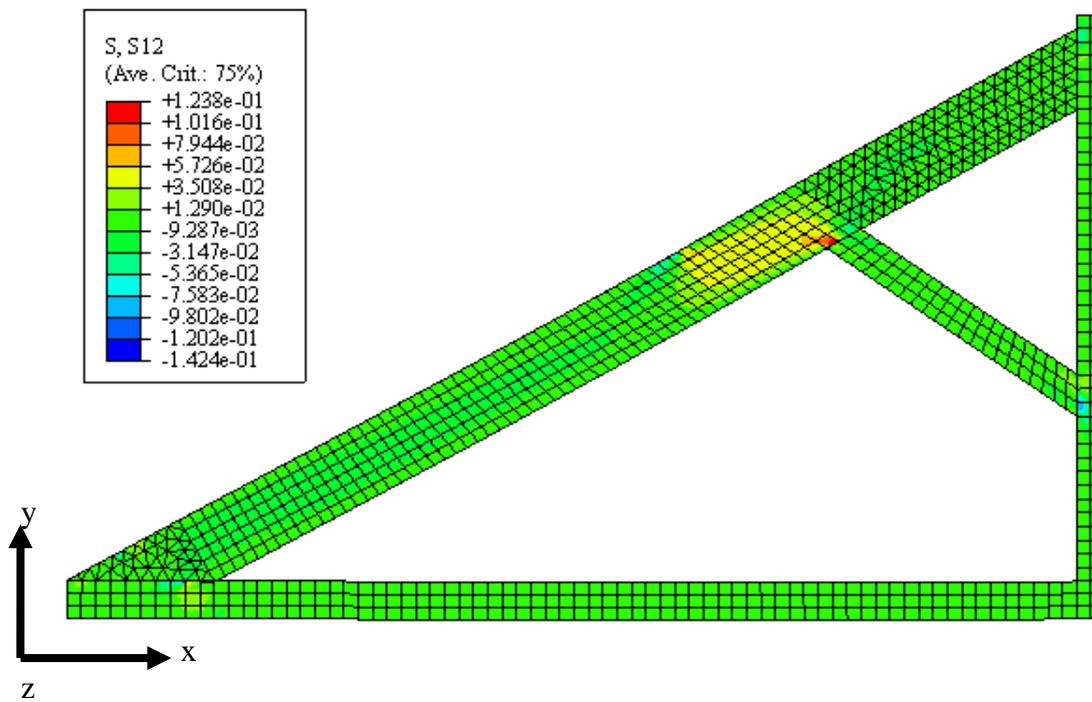


Figura 78 – Configuração deformada, com representação do campo das tensões de corte (τ) (MPa).

Tabela 3 - Resistência à tracção da madeira de pinho (*Pinus pinaster* Ait) nas direcções Longitudinal (L), Radial (R) e Tangencial (T) [(7) : Luis J (2004)].

σ^u_L (MPa)	97,5
σ^u_R (MPa)	7,9
σ^u_T (MPa)	4,2

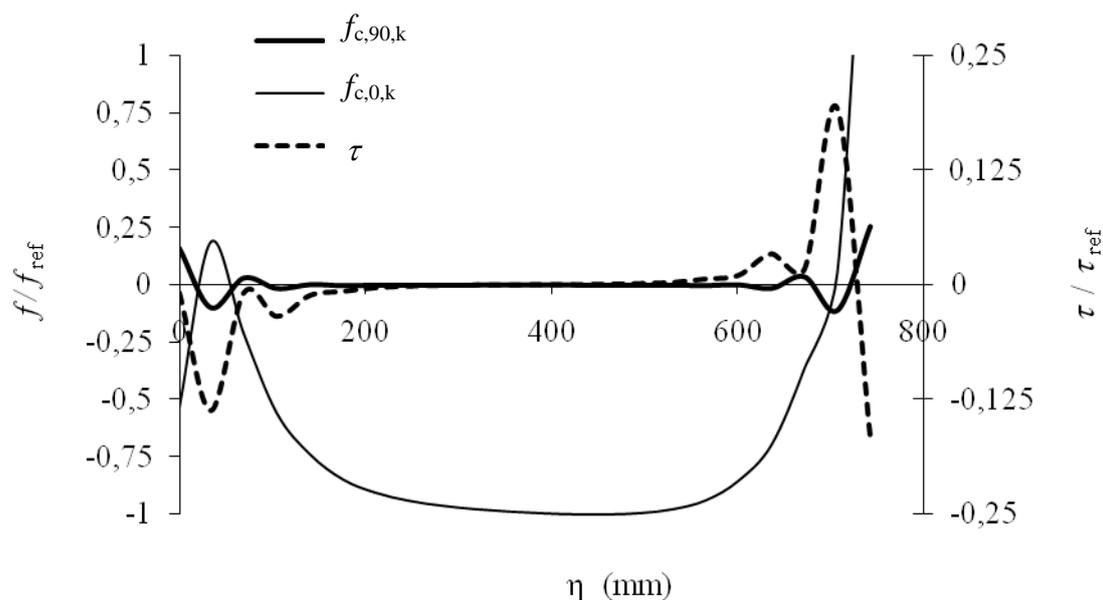


Figura 79 – Perfis de tensão normalizados pelo valor mínimo de $f_{c,0,k}$ ao longo do dorso superior da escora.

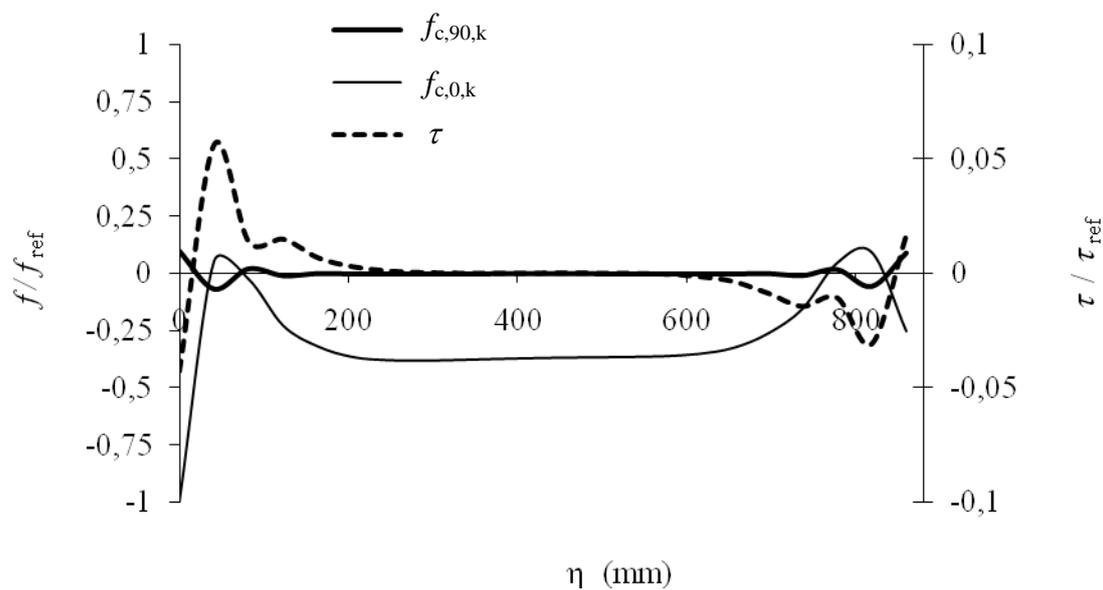


Figura 80 – Perfis de tensão normalizados pelo valor mínimo de $f_{c,0,k}$ ao longo do dorso inferior da escora.

Da análise do perfil de tensões normais na direcção do fio da madeira $f_{c,0,k}$, tanto no dorso superior da escora (Figura 79), como no dorso inferior desta (Figuras 80), observa-se a continuidade do estado de tensão compressivo ao longo da perna,

perturbada apenas na vizinhança das ligações com a perna e com o pendural. A amplitude da tensão normal $f_{c,0,k}$, no dorso inferior é mais reduzida, em virtude de se localizar abaixo do plano neutro de carregamento. No que se refere ao perfil das tensões tangencial e de corte ($f_{c,90,k}$ e τ) observa-se que assumem valores desprezíveis, tanto no nos dorsos superior, como no inferior, sendo perturbadas apenas na vizinhança das ligações.

No que respeita ao perfil de tensões normais na direcção do fio da madeira $f_{c,0,k}$, constata-se uma alternância entre o estado de tracção e de compressão, motivado pela acção da escora. Na verdade, a tensão normal seria predominantemente compressiva no dorso superior, caso não existisse esse apoio. A acção da escora, para além de alterar a configuração do perfil de tensões normais $f_{c,0,k}$, também perturba, em grande medida, a distribuição de tensões tangencial $f_{c,90,k}$, e de corte τ .

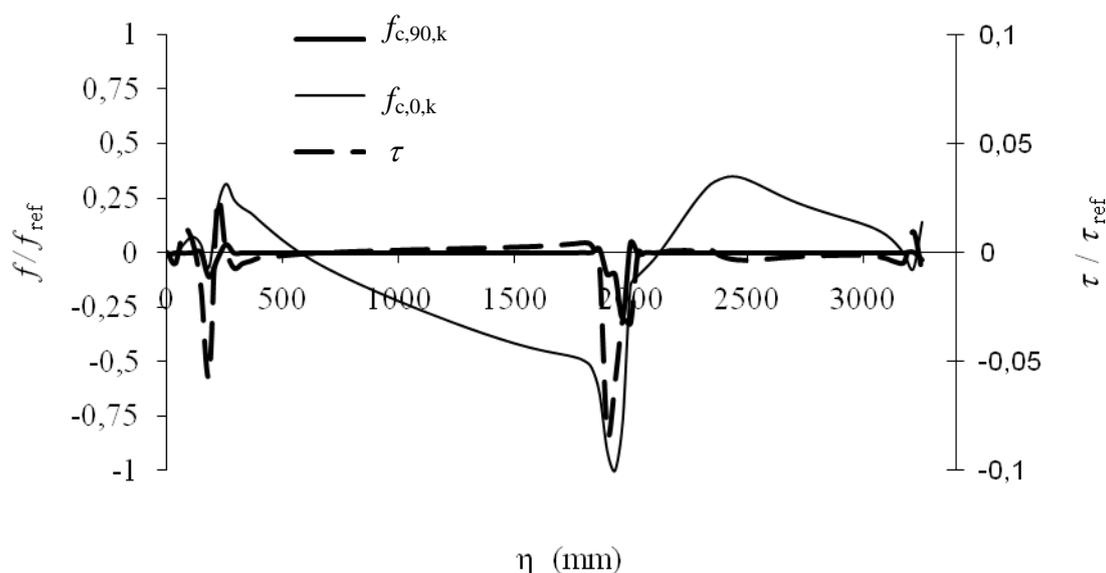


Figura 81 – Perfis de tensão normalizados pelo valor mínimo de $f_{c,0,k}$ ao longo do dorso superior da perna.

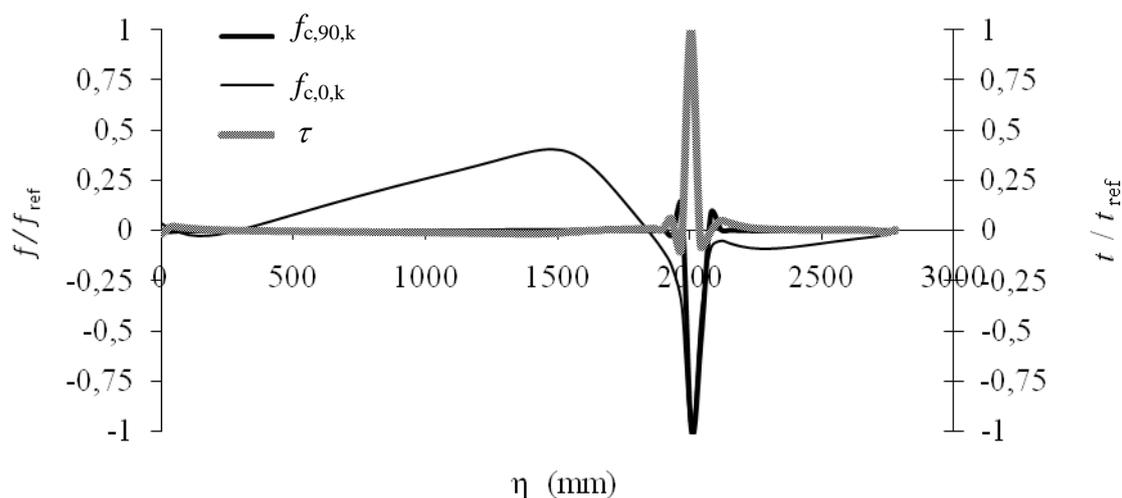


Figura 82 – Perfis de tensão normalizados pelo valor mínimo de $f_{c,0,k}$ ao longo do dorso inferior da perna.

Tendo por base a análise dos perfis de tensão normalizada ilustrados nas Figuras 79 a 82, ainda que tenham resultado de acções (deslocamentos) conservativas, constata-se que a tensão normal na direcção do fio da madeira (de $f_{c,0,k}$), designadamente o seu valor máximo, corresponde à grandeza mais relevante a ter em conta no diagnóstico do estado da estrutura. Com efeito, da comparação do perfil $f_{c,0,k}$ com os restantes (i.e. $f_{c,90,k}$, e τ), conclui-se, para a maioria dos casos, que a intensidade é máxima para $f_{c,0,k}$. Assim, conclui-se que o elemento que merece maior atenção é a perna (Figura 76), por ser o mais solicitado.

8.3 – Referências Bibliográficas

[1] - Xavier J, Garrido N, Oliveira M, Morais J, Camanho P , Pierron F (2004). A comparison of shear characterization of pinus pinaster Ait. with the Iosipescu and off-axis shear test methods. Compos. Part A; 35:7-8, pp. 827-840.

[2] – Dourado N (2008), *R*-Curve behaviour and size effect of a quasibrittle material: Wood. PhD Thesis. Co-tutorship Univ. Bordeaux 1 and UTAD.

9 - CONCLUSÃO

Este trabalho, desenvolveu uma metodologia para a intervenção de conservação e reabilitação que pode ser efectuada num edificio de património histórico, particularmente nas coberturas de estrutura de madeira. Estudaram-se as características das coberturas do séc. XVIII que asseguraram um bom desempenho e os defeitos mais comuns e de diferente gravidade.

No decorrer dos vários capítulos do trabalho, o respeito pelo existente foi um princípio a ter em conta. Começou pela evolução histórica das coberturas. De seguida, com a carectização do património existente no concelho onde se insere o edificio em estudo. No Convento dos Franciscanos do Varatojo foi efectuada a avaliação e diagnóstico das anomalias e patologias existentes, continuados na recolha fotográfica e de elementos de madeira “in situ”, de modo a ser analisados e estudados em laboratório com o intuito de identificar as espécies existentes na constituição da cobertura, sem destruir ou perturbar a estabilidade da mesma e, terminou com a proposta de intervenção, nos espaços que deveriam ser reabilitados e conservados, de forma mais adequada e compatível com o património edificado, para que este possa ser frequentado nas melhores condições de utilização e segurança.

Na cobertura, a inspecção efectuada e com as análises laboratoriais, foi possível verificar que as madeiras utilizadas na estrutura da cobertura eram Pinheiro Bravo, Castanheiro e o Eucalipto, pude aperceber-me de várias anomalias na estrutura, na

madeira e no revestimento, algumas delas provocadas por intervenções já efectuadas ao longo dos anos. Foram elaboradas propostas de consolidação e conservação da cobertura de maneira a melhorar o conforto e a estabilidade desta, propondo simplesmente, reforçar os elementos e as suas limpezas, tanto dos materiais como dos espaços.

A realização de uma análise linear elástica por elementos finitos da estrutura, visou identificar os elementos mais desfavoráveis da asna, identificando nestes, as zonas mais críticas. A utilização de propriedades elásticas da madeira de pinho (*Pinus pinaster* Ait.) para simular o comportamento mecânico de toda a estrutura, prendeu-se com a inexistência de um estudo complementar que visasse a caracterização mecânica de todos os elementos da asna (aplicado às diferentes espécies de madeira desta estrutura). Por outro lado, não se contemplou nesta análise, a resposta não linear característica deste material, em particular, resultante da iniciação e propagação do dano, bem como de efeitos viscoelásticos, sempre presentes na madeira.

Assim, da análise por elementos finitos dos elementos mais críticos da asna, designadamente pela observação dos perfis das tensões instaladas ao longo dos dorsos superior e inferior daqueles elementos, constatou-se que a tensão normal na direcção do fio da madeira é a grandeza mais relevante a ter em conta no diagnóstico da estrutura. Deste modo, concluiu-se que o elemento que merece maior atenção é a perna, por se o mais solicitado.

Com as soluções encontradas e sugeridas, tentou-se preservar e conservar ao a identidade da construção, salvaguardando o seu valor histórico e arquitectónico, adoptando soluções pouco intrusivas na conservação e reforço das estruturas de madeira, como de todo o edifício em geral, sempre com a particular atenção de provocar o menor impacte, na autenticidade e valor histórico do edifício original.

10 – BIBLIOGRAFIA

- BLECHA, Karen Anéris, *Ensino de estruturas de madeira para engenheiros civis: as imagens de coberturas ao longo da história como contribuição para compreender a realidade dos processos construtivos actuais*, 2008.
- COURTNEY, L.T. – Timber Roofs and Spires, in *Architectural technology up to the scientific revolution : the art and structure of large – scale Buildings*; the MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, 1994;
- J. RONDELET, *Tome quatrième, Traité, Theorique et pratique de l'art de bâtir*.
- BRANCO, Jorge; SANTOS, Ana; CRUZ, Paulo, *Asnas tradicionais de madeira, evolução, comportamento e reforço com materiais compósitos*.
- VILLALBA, António Cestro, *Historia de la construccion arquitectónica*, Edicions de la universitat politécnica de Catalunya, SC, Barcelona, 1995.
- ARRIAGA, F.; Peraza, F.; Esteban, M.; Bobadilla, I.; e García, F. - *Intervencion en estructuras de madera* - AITIM, de 22 de Fevereiro de 2002
- FRANCO, E. S. - *Conservação de Madeiras em Edifícios – A defesa das madeiras serradas contra ataques de insectos xilófagos* - LNEC – Documento
- *Estruturas de madeira, reabilitação e inovação*, Gecorpa, 2000

- Departamento de Construção da Universidade Politécnica de Madrid (DCTA-UPM) - *Patología y Técnicas de Intervención. Elementos Estructurales* - Munilla-Ilería,, Agosto de 1998

- SUMMAVIELLE, E. e Passos, J. M. S. - *Carta de Cracóvia 2000 – Princípios para a Conservação e Restauro do Património Construído* - Divulgação da Direcção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais, Outubro de 2003

- PEREIRA, Vasco; MARTINS, João, *Materiais e técnicas de construção*, 2005

- BRANCO, Jorge M. Cruz, *Asnas de madeira, a importância da rigidez das ligações*, Engenharia de estruturas, 2006

- LOPES, Flávio; CORREIA, Miguel Brito, *Património arquitectónico e arqueológico*, 2004

- BONELLI, Rômulo; DELPINO, Rossana, *Manual pratico conservação de telhados*, IPHAN/ Monumenta

- MIOTTO, José; DIAS, António, *Reforço e recuperação de estruturas de madeira*, 2006

- OLIVEIRA, Bernardino, Vieira, *Breve Monografia do concelho de Mesão Frio*, Edição Câmara Municipal de Mesão Frio, (2002)

- DIAS, António Gonçalves, *Fastos de Mesão Frio*, Edição Santa Casa da Misericórdia de Mesão Frio, (1999)

- In <http://www.ine.pt>

- DIAS, António Gonçalves, *Fastos de Mesão Frio – Crónicas escritas à guisa de Monografia, umas publicadas outras inéditas, redigidas entre 1994 e 1997 – História local das Origens à Actualidade*, ed. Santa Casa da Misericórdia, Governo Civil de Vila Real, BTA e CGD, Mesão Frio, 1998.

- ALMEIDA, Fortunato de, *História da Igreja em Portugal*, Imprensa da Universidade, Coimbra, 1922-1929; Vol. II.

- DIAS, António Gonçalves, Opus cit. nº 1, pp. 159; TEIXEIRA, Ricardo, *Antigo Convento de São Francisco – Igreja de Santa Cristina*, pp. 6, www.monumentos.pt, 2001.
- REMA, Henrique, “A Ordem Franciscana em Trás-os-Montes”, in *Estudos Transmontanos e Durienses*, Vol. 7, Vila Real, 1985.
- VIEIRA DE OLIVEIRA, Bernardino, *Breve Monografia do Concelho de Mesão Frio (1152-2002)*, ed. C.M. Mesão Frio, 2002.
- TEIXEIRA, Ricardo, *Antigo Convento de São Francisco – Igreja de Santa Cristina*, pp. 7, www.monumentos.pt, D.G.E.M.N., 2001.
- VIEIRA DE OLIVEIRA, Bernardino, Opus cit. nº 5.
- TEIXEIRA, Ricardo, Opus cit. nº 6.
- DIAS, António Gonçalves, Opus cit. nº 1.
- ROMANA, Rodrigues, *Construções antigas de madeira: Experiencia e obra e reforço estrutural*, 2004.
- LOBO, Susana, *Sistemas de drenagem de águas pluviais de coberturas inclinadas*, 2002
- PEREIRA, Vasco; MARTINS, João; *Materiais e técnicas de construção*, 2005.
- www.lnec.pt
- [Http://engenhariacivil.wordpress.com](http://engenhariacivil.wordpress.com)
- Ramalhete, F. e Silva, F. - *O que fazer para preservar a arquitectura tradicional; Casas de Portugal* n.º 36, Outubro-Novembro de 2002.
- Parisi M.A.; Piazza M. – “Mechanics of plain and retrofitted traditional timber connections”. *J Struct Engrg.*. ASCE, 2000.
- Costa F.P. - *Enciclopédia Prática da Construção Civil*. Edição do Autor. Depositária Portugália Editora. 1955, Lisboa.

- Branco, J. et al. - *Portuguese traditional timber trusses: static and dynamic behaviour*. Report E-19/05. DECivil, University of Minho, 2005.
- Xavier J, Garrido N, Oliveira M, Morais J, Camanho P , Pierron F (2004). A comparison of shear characterization of pinus pinaster Ait. with the Iosipescu and off-axis shear test methods. *Compos. Part A*; 35:7-8, pp. 827-840.
- Dourado N (2008), *R-Curve behaviour and size effect of a quasibrittle material: Wood*. PhD Thesis. Co-tutorship Univ. Bordeaux 1 and UTAD.