

Inspeção e monitorização de estruturas de madeira

Helena Cruz

Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa

helenacruz@lnec.pt

SUMÁRIO

Neste artigo são referidos os objetivos e os princípios gerais da inspeção e da monitorização de estruturas de madeira. São apresentados e discutidos alguns aspetos críticos a ter em conta nestas ações, quer em estruturas de cobertura tradicionais de madeira maciça, quer em estruturas de madeira lamelada colada.

PALAVRAS-CHAVE: INSPEÇÃO, MONITORIZAÇÃO, ESTRUTURAS, MADEIRA

1. INTRODUÇÃO

A inspeção de estruturas é geralmente motivada pela deteção de anomalias – degradação dos materiais ou ligações, ou deficiente desempenho estrutural. São frequentemente motivos de preocupação a deteção de ataque por fungos ou insetos, de fendas ou fraturas da madeira, de delaminação de elementos lamelados colados, bem como a perceção de deformações ou vibrações exageradas ou a rotura de ligações estruturais, para referir apenas alguns exemplos. São também preconizadas inspeções quando estão previstas alterações ao funcionamento estrutural ou das cargas aplicadas, o que implica a necessidade de proceder à avaliação da estrutura e à quantificação da sua segurança.

A monitorização é essencial em qualquer tipo de estrutura – quaisquer que sejam os materiais, o tipo de utilização e o ambiente de exposição – como forma de detetar atempadamente eventuais processos de degradação e mitigar os seus efeitos mediante procedimentos de manutenção apropriados, desta forma prolongando a vida útil das estruturas e garantindo adequada segurança para estas e consequentemente para os seus ocupantes.

No caso de estruturas de madeira, a manutenção reveste-se de particular importância, devido à suscetibilidade deste material relativamente à degradação biológica, especialmente quando em contacto prolongado com a água ou materiais húmidos.

Embora naturalmente não sejam aceitáveis níveis de humidade elevados no interior de edifícios (até por questões de salubridade e de durabilidade de revestimentos e recheio), não é incomum estes serem negligenciados, atribuindo depois à madeira a responsabilidade pela sua própria deterioração.

Em Portugal, as estruturas de cobertura correspondem provavelmente à maioria das utilizações estruturais da madeira, merecendo aqui referência tanto as asnas de madeira maciça em coberturas de edifícios tradicionais como as estruturas de madeira lamelada colada cada vez mais comuns em edifícios públicos de grandes vãos.

2. APRENDENDO COM A EXPERIÊNCIA

2.1. Situação em Portugal

Os procedimentos de inspeção e monitorização têm de ser estabelecidos caso a caso, ajustados à situação em causa. O tipo de estrutura e de utilização, os materiais empregues e as características das ligações, a idade, o ambiente de exposição e condições particulares de exploração são fatores a ter em conta.

Em todo o caso, a experiência colhida, quer em Portugal quer em outros países, com a inspeção e a monitorização de estruturas de madeira, pode alertar para alguns aspetos críticos e estabelecer prioridades.

Em Portugal, no que se refere às estruturas de cobertura de madeira tradicionais, que na sua larga maioria já ultrapassaram em muito a vida útil normalmente esperada para as estruturas de edifícios, a degradação biológica da madeira constitui o principal problema, geralmente em virtude da falta de manutenção dos telhados e algerozes. Mas são também frequentes as deficiências estruturais, originais ou resultantes de alterações posteriores, erros de execução e deterioração das ligações.

No que respeita às estruturas de madeira lamelada colada, a informação sobre a qualidade e o estado de conservação das estruturas portuguesas é menos abundante, em grande parte pelo facto de estas só terem entrado no nosso país há cerca de 15 anos.

Um estudo recente [1] refere contudo a existência de um número de estruturas lameladas coladas já significativo, correspondendo a uma grande diversidade de obras, donos de obra, fabricantes e construtores, o que deixa antever igualmente uma multiplicidade de situações.

Por um lado, as grandes estruturas modernas correspondem em geral a obras em que a qualidade estética da madeira foi um fator decisivo na sua escolha, mantendo-se por isso visível em grande extensão (o que em princípio facilita a deteção atempada de eventuais anomalias que possam surgir).

Em contrapartida, correspondem a soluções estruturais com as quais o meio técnico está menos familiarizado, tendo, muitas vezes, a responsabilidade do dimensionamento, fabrico e montagem sido entregues a entidades que, regra geral, não asseguram o seu acompanhamento, manutenção ou assessoria técnica durante a exploração ou eventuais alterações.

Importa ter presente que nada indica que o risco associado às estruturas de madeira seja maior do que o das estruturas de betão ou de aço. No entanto, os fatores conducentes ao seu deficiente funcionamento ou rotura são diferentes dos que são comuns naqueles materiais, e devem por isso ser conhecidos (e, tanto quanto possível, antecipados).

2.2. Informação sobre danos e acidentes

Investigação conduzida noutros países sobre danos e acidentes verificados em estruturas de betão, de aço e de madeira (não necessariamente envolvendo perdas humanas), apontam para um conjunto de dados sobre os quais importa refletir.

Relativamente às estruturas de madeira, os diferentes tipos de erro encontrados podem ser classificados nas seguintes categorias [2]:

- Desempenho da madeira
 - por exemplo, qualidade da madeira inferior ao exigido;
- Erros de fabrico
 - por exemplo, má colagem das lamelas ou dos finger-joints;
- Princípios de fabrico errados
 - por exemplo, utilização de colas pouco duráveis;
- Alterações feitas em obra
 - por exemplo, furos ou cortes para obviar a dificuldades práticas de montagem;
- Erros de projeto – ações mecânicas
 - modelo de cálculo inadequado, ações ignoradas ou incorretamente estimadas, por exemplo no referente aos coeficientes de pressão em coberturas com formas complexas;

- Erros de projeto – condições ambientais
 - ações mecânicas conjugadas com ações ambientais causadoras de fendas de secagem, retração impedida ou degradação por agentes biológicos;
- Deficiente montagem
 - resultantes do mau manuseamento dos elementos (pancadas/falhas);
- Ações regulamentares excedidas;
- Outros/desconhecidos.

No entanto, os resultados conhecidos de investigação pericial de danos e acidentes mostram que o julgamento da causa primária nem sempre é fácil de estabelecer. Em primeiro lugar, muitos danos têm origem em associações de erros. Em segundo lugar, o julgamento pode ser afetado pela subjetividade e experiência do perito, que pode estar mais familiarizado com os erros de projeto, o fabrico ou a montagem das estruturas, e por isso identificar mais prontamente ou valorizar mais esses aspetos.

Também se verifica que certos erros parecem ser mais comuns em determinados tipos de estrutura ou em determinadas sociedades – aspeto que pode ser atribuído a diferentes níveis de formação dos projetistas e construtores, práticas instituídas de revisão de projeto obrigatória (ou falta delas), certificação dos produtos, fiscalização e controlo de qualidade do processo de construção.

Um outro dado interessante deste estudo [2] é a idade das estruturas à data da rotura, concluindo que, em 87 casos investigados, em cerca de 19% a rotura ocorreu ainda durante a construção e em cerca de 34% durante os primeiros 3 anos de vida da estrutura. Estes casos estão maioritariamente associados a erros de projeto e montagem.

O mesmo levantamento indica ainda que os aspetos mais vezes negligenciados ou considerados de forma inadequada incluem:

- contraventamento para evitar instabilização da estrutura nas várias fases da construção;
- esforços de tração perpendicular às fibras da madeira;
- efeitos da humidade/retração;
- dimensionamento e pormenorização das ligações.

A falta de contraventamento pode ser um erro de projeto ou de planeamento da obra.

Os três últimos problemas aparecem muitas vezes conjugados. São aspetos importantíssimos mas específicos das estruturas de madeira, requerendo dos diversos intervenientes (no projeto, construção e acompanhamento) formação adequada.

Há que ter em conta que, em todo o mundo, os dados divulgados são apenas uma parte das situações ocorridas, o que poderá causar algum enviesamento das conclusões. No entanto, para as estruturas de madeira, tal como para as de betão e de aço, os erros humanos parecem predominar como causas primárias das anomalias (Fig. 1)

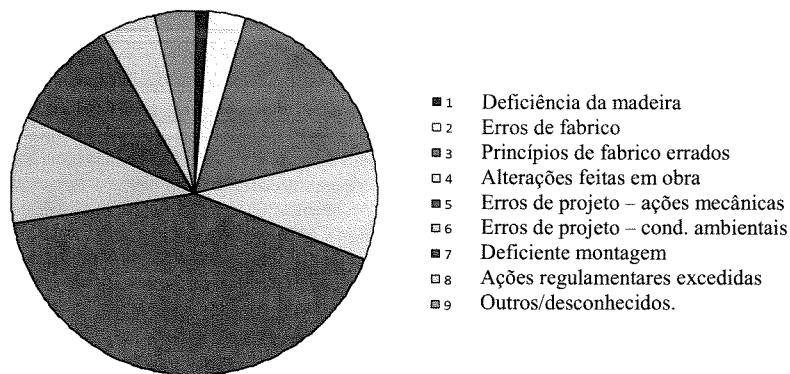


Figura 1 – Distribuição de erros tipo nos 179 casos de dano e/ou acidente inventariados [2].

É interessante reter que são problemas frequentes em estruturas de madeira:

- comportamento inadequado das ligações;
- efeitos das condições ambientais (humidade) – retrações;
- baixa durabilidade;
- falta de contraventamento;
- desempenho inadequado dos materiais e produtos;
- má quantificação das ações.

3. INSPEÇÃO DE ESTRUTURAS

3.1. Considerações gerais

Além da possível deteção de anomalias e/ou avaliação da origem, extensão e gravidade de anomalias anteriormente reportadas, a inspeção deve fornecer informação suficiente para avaliar a segurança da estrutura e estabelecer protocolos de monitorização e manutenção adequados. Deve também permitir identificar situações que requeiram medidas imediatas de estabilização e suporte, evacuação ou restrições de acesso.

Naturalmente que o detalhe de inspeção e os procedimentos usados são função do tipo, complexidade e caráter da estrutura. Por exemplo, no caso de uma estrutura antiga com interesse histórico, a necessidade de identificar e preservar tanto quanto possível o material original e/ou as técnicas construtivas tradicionais pode impor o levantamento exaustivo, a recolha de informação adicional (de caráter histórico, por exemplo) detalhada e limitar ao máximo a utilização de técnicas invasivas [3].

A inspeção e a avaliação da segurança de estruturas consiste geralmente num processo iterativo. Uma inspeção preliminar pode determinar a necessidade de alargar o âmbito da observação, ou de utilizar técnicas de inspeção mais refinadas. Do mesmo modo, os resultados de uma primeira análise estrutural simplificada e conservativa e a identificação dos pontos críticos da estrutura (devido à degradação ou a tensões elevadas) podem justificar uma reavaliação pontual mais fina da qualidade da madeira e da degradação biológica, bem como a consideração de modelos estruturais alternativos e uma nova análise estrutural. Aspectos históricos e metodológicos não serão aqui tratados. Focam-se apenas os aspetos da inspeção a ter em conta para obtenção de dados com o fim último de quantificar a segurança estrutural em casos correntes.

Salienta-se que o conhecimento da estrutura é essencial para o estabelecimento dos protocolos de monitorização e/ou manutenção, na medida em estes deverão incidir sobre os aspetos críticos do comportamento e da durabilidade dos materiais que forem identificados, bem como do comportamento estrutural previsto.

Também é importante não esquecer que os resultados de uma inspeção respeitam à data em que esta é efetuada. Eventuais fenómenos de degradação em curso são processos dinâmicos que podem progredir mesmo após a adoção de ações curativas, que demoram algum tempo a surtir efeitos.

Por exemplo, no caso de ataques por fungos ou por térmitas, que estão associados a teores de água da madeira elevados (geralmente acima de 20%), é previsível que a resolução das anomalias construtivas que estiveram na origem da humificação não consigam garantir por si só a secagem imediata da madeira e a suspensão do ataque. Mesmo promovendo o arejamento para secagem da construção, pode justificar-se o tratamento adicional da madeira aplicada com produtos fungicidas ou termiticidas, tendo em conta o risco de reincidência dos problemas e a progressão da degradação durante algum tempo após a intervenção corretiva.

Analogamente, os tratamentos curativos da madeira contra carunchos têm em vista sobretudo a não reinfestação, pelo que têm uma ação a curto/médio prazo mas não conseguem sustentar o imediato a degradação.

Por maioria de razão, é provável o agravamento da situação caso o ataque biológico (ou o processo físico) esteja ativo e não sejam adotadas as medidas corretivas e curativas adequadas.

3.2 Estruturas tradicionais de madeira maciça

3.2.1 Aspetos a considerar

No caso de estruturas ditas tradicionais, a informação existente é frequentemente escassa. Na generalidade dos casos não existem registos sobre o tipo de madeira empregue, o processo de construção (sequência das operações), utilizações e condições ambientes a que esteve sujeita, eventuais alterações, tratamentos e/ou percalços sofridos e respetivas datas.

É comum não existirem elementos de projeto, o que normalmente traduz o empirismo do processo construtivo. Muitas estruturas revelam ainda um certo grau de improvisação, reutilização de materiais, emendas e outras soluções de recurso.

A tradição oral – ou a memória pessoal – pode ser um precioso complemento nesta tarefa, mas deve ser encarada com alguma reserva.

A inspeção começa geralmente com uma apreciação geral da estrutura que permita identificar os meios necessários para acesso aos elementos e às ligações, meios de iluminação e segurança, e planear o trabalho subsequente. Esta primeira apreciação deve também permitir identificar situações que requeiram medidas imediatas de estabilização e suporte, bem como a evacuação do edifício ou restrições de acesso.

Segue-se o levantamento geométrico da estrutura, o que pode revelar-se um trabalho árduo (até de interpretação) no caso de estruturas tridimensionais complexas. Este levantamento geométrico permite igualmente registar a presença e a localização de eventuais sinais óbvios de danos, bem como realizar uma análise estrutural para perceber o nível de esforços instalados nos vários pontos da estrutura.

Deve mencionar-se que há diversos exemplos de estruturas antigas com deficiente conceção e execução (Fig. 2). Noutros casos, sucessivas alterações conduziram a deficiências (Fig. 3).

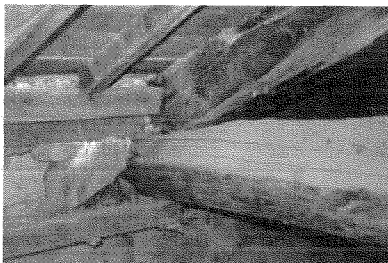


Figura 2 – Má conceção da ligação no apoio.



Figura 3 – Alteração da estrutura.

Em estruturas de cobertura são frequentes os seguinte problemas ao nível da forma:

- geometria incorreta;
- excentricidade de aplicação de carga nos apoios;
- aplicação das madres fora dos nós estruturais e outras situações conduzindo a flexão excessiva;
- falta de contraventamento entre asnas, especialmente ao nível das linhas;
- elementos em falta devido a intervenções anteriores.

Em relação às ligações, é importante ter ideia do seu funcionamento para avaliar as consequências de eventuais anomalias (defeitos originais ou degradação). Deve atender-se em especial aos seguintes aspetos:

- materiais e geometria das ligações (e eventuais variações ao longo da estrutura);
- falta, rotura ou instabilização de chapas metálicas;
- parafusos em falta ou desapertados;
- fendas ou esmagamento da madeira (eventualmente associado a degradação biológica);

- distâncias ou espaçamentos insuficientes dos ligadores;
- folgas entre os elementos que deviam estar em contacto nos entalhes ou, pelo contrário, apoio indevido.

Como se disse, a avaliação da segurança estrutural pode constituir um processo iterativo, com reavaliação do funcionamento estrutural, bem como da geometria efetiva (residual) e da resistência mecânica dos elementos. Dependendo da complexidade da situação, é razoável começar com uma abordagem conservativa, assumindo modelos de comportamento simplificados e uma resistência semelhante para todos os elementos de madeira. Os pontos críticos da estrutura – porque apresentam importantes danos (biológicos ou outros), ou porque têm níveis de tensão muito elevados – devem sempre merecer especial atenção. A reapreciação pontual da qualidade da madeira e da gravidade da degradação, em particular nesses pontos, permitirão uma avaliação mais fina e realista e intervenções “cirúrgicas” adequadas a cada caso.

3.2.2 Apreciação detalhada dos elementos de madeira

Os aspetos mais críticos das inspeções de estruturas de madeira prendem-se com a quantificação da resistência da madeira, a identificação das causas da degradação e a avaliação das suas consequências.

Esta avaliação é primeiramente realizada por observação visual dos elementos, para identificação da espécie e da qualidade da madeira aplicada (tipo e gravidade de defeitos), eventualmente complementada com ensaios ou outros meios de diagnóstico auxiliares, recorrendo tanto quanto possível a técnicas não destrutivas (ou pouco destrutivas).

É importante ter em conta que a importância dos defeitos da madeira depende em grande medida dos esforços instalados nos vários elementos.

A título de exemplo, refira-se que os elementos sujeitos à compressão estão muitas vezes sobredimensionados e a presença de defeitos não é normalmente relevante; grandes nós ou grupos de nós afetam sobretudo os elementos em flexão ou tração, enquanto que a presença de fendas de secagem ou fio inclinado podem ser importantes sobretudo junto aos apoios onde as tensões de corte são máximas.

A presença de defeitos nas zonas de ligação pode também comprometer o seu desempenho, especialmente no caso do fio inclinado ou fendas de secagem que afetam sobretudo as extremidades dos elementos e tendem a progredir no tempo.

É muito importante saber distinguir entre as fendas de secagem (Fig. 4), que são normais na madeira e resultam de sucessivos ciclos de retração e inchamento do material em resposta às variações ambientais, e as fraturas resultantes de ter sido excedida a capacidade resistente do elemento (Fig. 5).

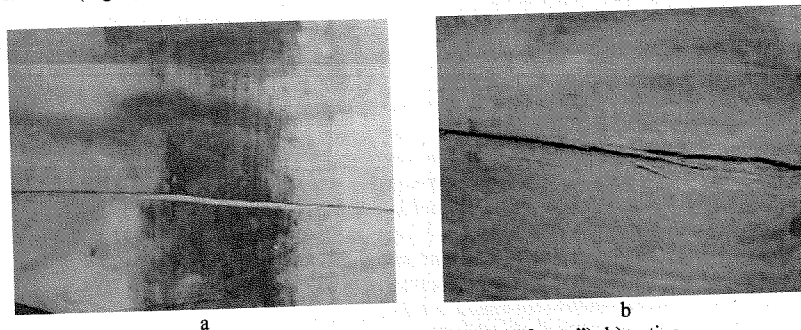


Figura 4 – Fendas de secagem: a) recente (“fresca”); b) antiga.

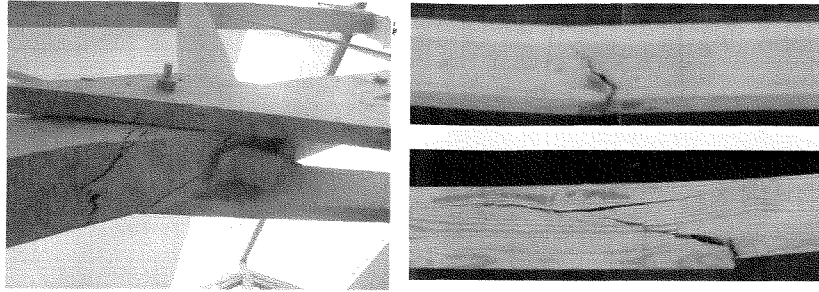


Figura 5 – Fraturas da madeira (rotura mecânica).

A importância das fendas de secagem e os seus efeitos devem ser ponderados caso a caso. No entanto, além dos casos referidos, deve ter-se especial atenção às fendas de secagem que apresentam um aspeto recente, expondo madeira fresca (limpa), que podem indiciar a resposta da madeira a uma alteração das condições de carga ou ambientais e eventualmente um processo em evolução (Fig. 4a). Fendas frescas em estruturas antigas são relativamente comuns na sequência de intervenções de fundo que alteraram as características de permeabilidade ao ar da envolvente dos edifícios ou o seu aquecimento, promovendo a secagem da madeira. No que se prende com a degradação biológica da madeira, é fundamental distinguir entre os diversos tipos de degradação (fungos, térmitas ou caraunchos), quer porque têm diferentes impactos na resistência das estruturas, quer porque requerem medidas curativas específicas (Fig. 6). São conhecidos, infelizmente, muitos casos em que a ignorância ou negligência em relação a este aspeto conduziu a tratamentos curativos inexistentes ou ineficazes, medidas construtivas inadequadas e, em resumo, à reincidência dos problemas a curto prazo ou mesmo à criação de problemas ainda maiores.



(a) (b)
Figura 6 – Degradação da madeira por térmitas e fungos (a) e colapso parcial de edifício relacionado com degradação biológica da madeira (b).

Ressalta do que se disse que a inspeção e avaliação de estruturas de madeira requer uma abordagem holística, com a avaliação da estrutura como um todo, e não apenas dos diversos elementos e ligações individualmente. Requer também experiência e conhecimentos especializados sobre o material e o funcionamento destas estruturas.

3.3 Estruturas de grande vão de madeira lamelada colada

3.3.1 Obtenção de documentação técnica

O dono da obra deve dispor da seguinte informação, a disponibilizar no âmbito da inspeção e subsequente acompanhamento técnico da estrutura:

- funcionamento estrutural considerado;
- condições de serviço (temperatura e humidade) assumidas para a estrutura;
- ações consideradas no projeto, incluindo eventuais pontos de suspensão de cargas no interior da estrutura e respetiva capacidade individual;
- cálculo das ligações, desenhos de projeto e montagem;
- características dos materiais, designadamente a(s) classe(s) de resistência da madeira lamelada colada empregue, espécie florestal e tipo de cola usada na colagem entre lamelas e nos finger-joints;
- teor de água da madeira à saída de fábrica;
- eventual proteção inseticida/fungicida e/ou acabamento dados à madeira;
- tipo de ligadores, respetiva resistência contra a corrosão e eventual proteção ao fogo.

Além do fornecimento de Documentos de Aprovação Técnica ou de Homologação dos diversos materiais e produtos, e dos Registos da Qualidade feitos pela Fiscalização que comprovem as soluções efetivamente implementadas e deem conta do teor e justificação de eventuais alterações feitas em obra, devem ser obtidas as telas finais. Aspetos construtivos condicionantes da durabilidade da estrutura, como sejam as soluções de isolamento térmico, impermeabilização e drenagem, bem como o regime e as condições de climatização podem ser também relevantes.

3.2.2 Verificação da conformidade com o projeto

A primeira etapa da inspeção deve ter como objetivo verificar a conformidade entre o projeto e a estrutura efetivamente construída, confirmando na medida do possível o tipo e a qualidade dos materiais empregues, a presença de elementos secundários de travamento, a geometria dos elementos e a pormenorização das ligações, entre outros aspetos.

Embora em geral este trabalho possa ser feito primeiramente por amostragem e de modo genérico, eventuais sinais de corrosão de elementos metálicos, escorregamento das ligações, vibrações ou deformações acentuadas, fendas, delaminação ou outros sinais de alarme, justificam por si só uma análise mais detalhada e sistemática, com possível recurso a prospeções e técnicas experimentais específicas para confirmação dos aspetos em dúvida. Devem igualmente ser confirmadas as condições de carga e as condições ambientais, as quais poderão diferir das previstas, especialmente se o regime de exploração do edifício ditar oscilações significativas entre fases de utilização/vazio ou verão/inverno que não tenham sido tidas em conta.

Deve prestar-se atenção a situações decorrentes da montagem da estrutura, da instalação de equipamentos e redes diversas, ou da exploração do edifício, que possam afetar o bom desempenho ou a durabilidade da estrutura de madeira (Fig. 7 e 8).

Em especial devem ser analisados eventuais furos ou cortes dos elementos de madeira e a remoção de elementos secundários ou de ligadores (feitos em obra com o propósito de facilitar trabalhos diversos), bem como a presença de elementos adicionais não previstos para suspensão de cargas da estrutura. São particularmente graves as situações suscetíveis de introduzir esforços de tração perpendicular às fibras da madeira.

Deve também analisar-se a possibilidade de ocorrência de infiltrações ou condensações suscetíveis de causar humedificação pontual da estrutura de madeira ou outras situações que determinem pontualmente o aquecimento ou a secagem da madeira ou constituam risco de incêndio.

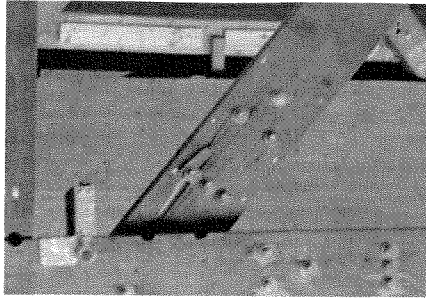


Figura 7 – Defeito de montagem

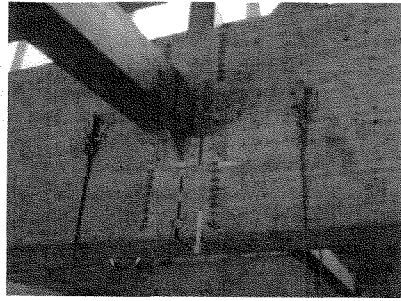


Figura 8 – Alteração (novos pontos de suspensão de cargas) suscetível de introduzir tensões transversais

3.3.3 Observação próxima

A inspeção detalhada da estrutura requer em geral meios de aproximação que permitam a observação direta de aspetos críticos da geometria, medições e a identificação e avaliação de eventuais anomalias (Fig. 9).

São cruciais os seguintes aspetos (Fig. 10, 11 e 12):

- Ligações
 - geometria; falta, rotura ou desaperto dos parafusos; corrosão dos elementos metálicos, fendas da madeira;
- Manchas de humidade ou degradação biológica
 - origem da humidade; teor de água e eventual degradação da madeira;
- Fendas de secagem da madeira ou fraturas
 - sobretudo em elementos curvos, em pontos críticos da estrutura e no caso de fendas profundas; fundamental distinguir entre fraturas mecânicas e fendas de secagem e entre fendas antigas ou recentes/em evolução;
- Deficiências de colagem
 - distinguindo delaminação (descolamento) ou deficiência de fabrico da junta colada (por exemplo, falta de aperto); qualidade dos finger-joints.



Figura 9 – Observação próxima de estruturas.

A observação visual pode ser complementada com métodos de ensaio diversos, por exemplo para confirmação da presença e geometria de peças ocultas em ligações e avaliação da qualidade da colagem (Fig. 10). Todos os aspetos relevantes devem ser identificados (com marcação de limites e respetiva data, inscritos no local, se possível) e registados, para reavaliações subsequentes. Saliente-se que os aspetos listados podem encerrar riscos efetivos para a segurança e a durabilidade da estrutura e dos seus ocupantes, devendo merecer a devida atenção de especialistas familiarizados com as especificidades das estruturas de madeira, que estabelecerão a sua gravidade e definirão as intervenções adequadas.

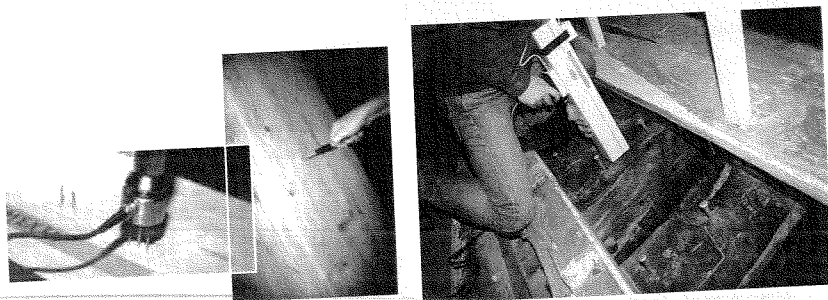


Figura 10 – Ensaio e medições complementares (teor de água, delaminação, geometria e degradação).

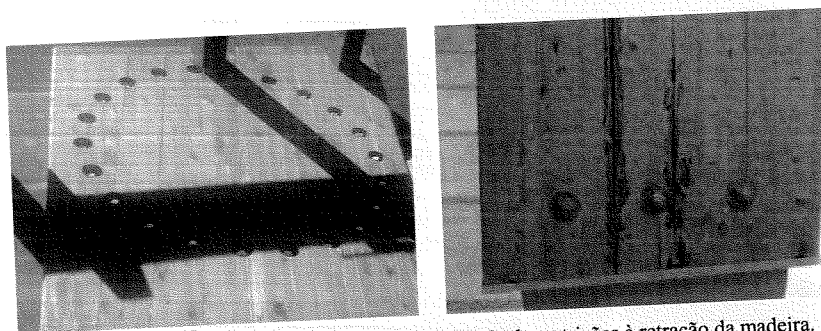


Figura 11 – Tração transversal às fibras em resultado de restrições à retração da madeira.

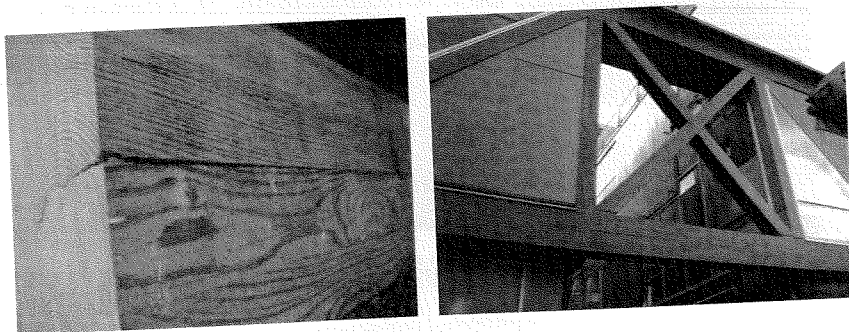


Figura 12 – Delaminação da junta colada.

4. MONITORIZAÇÃO

A monitorização permite perceber a evolução da estrutura ao longo do tempo, detetando atempadamente eventuais deficiências da estrutura de madeira (ou outras, que condicionem o seu desempenho ou durabilidade), ou um comportamento estrutural anómalo.

As ações a implementar podem compreender, entre outros:

- inspeções visuais periódicas (para observação próxima dos aspetos anteriormente referidos, em especial o surgimento ou progressão de fendas e delaminação das juntas coladas, entradas de água (Fig. 13) e deterioração das ligações);
- o registo das condições ambientais interiores e do teor em água da madeira (Fig. 14);
- avaliação do comportamento estrutural (com medição de deslocamentos, vibrações, etc).

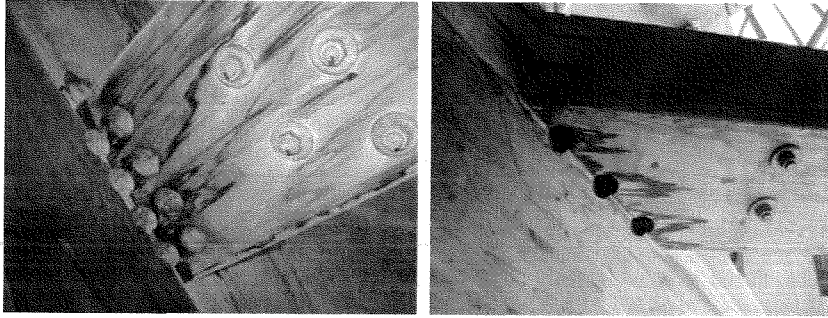


Figura 13 – Marcas de entrada de água.

Refira-se, uma vez mais, que a pormenorização das ligações, as variações dimensionais da madeira e os esforços de tração perpendicular às fibras da madeira se conjugam muitas vezes no desenvolvimento de anomalias. Em especial, detalhes que restrinjam a retração livre da madeira, criando tração perpendicular às fibras, são sempre problemáticas e devem ser evitadas, se possível corrigidas, ou pelo menos vigiadas.

Por outro lado, importa ter em conta que as infiltrações de água passam muitas vezes despercebidas em fases iniciais, podendo afetar pontos da estrutura relativamente longínquos dos pontos de entrada de água. Cortes e entalhes podem reter água, por exemplo em ligações, com efeitos particularmente nocivos.

O registo das condições ambientais é também um dado importante para a interpretação do comportamento estrutural, dado que a resposta da estrutura encerra uma componente significativa de resposta cíclica à temperatura e humidade relativa do ar (inchamento – retração) (Fig. 15).

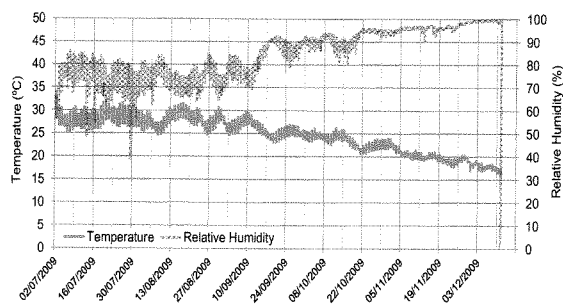
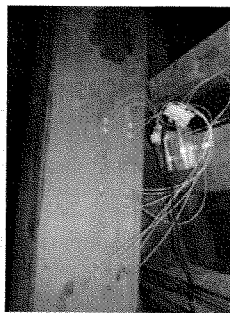


Figura 14 – Monitorização do teor de água e das condições ambientais.

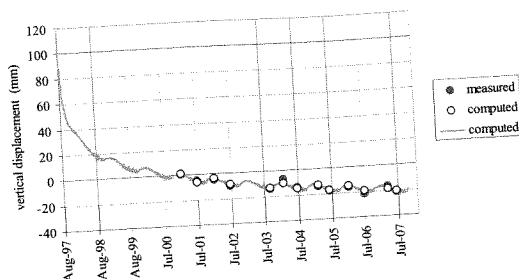


Figura 15 – Medição de deslocamentos verticais de uma grande estrutura após a construção onde é notória a componente cíclica de resposta às condições ambientais.

5. CONCLUSÕES

A disseminação das estruturas de madeira em Portugal depende em grande medida da sua aceitação por parte dos utilizadores, confiança por parte das entidades financiadoras e licenciadoras e conhecimentos científicos e técnicos sólidos por parte dos profissionais envolvidos no seu projeto, construção e exploração.

O paradigma da construção de estruturas de madeira mudou drasticamente nos últimos anos, com o aparecimento de grandes estruturas modernas sobretudo de madeira lamelada colada, com formas arrojadas e grande impacto visual. Mas essa novidade e visibilidade acarretam igualmente a responsabilidade acrescida de todos os intervenientes, no sentido de garantir uma boa imagem destas realizações.

A garantia da qualidade – bom funcionamento, segurança e durabilidade das estruturas de madeira depende de muitos fatores, designadamente opções corretas ao nível do projeto e das soluções construtivas, fabrico, montagem e manutenção.

A experiência ganha com a inspeção e monitorização de estruturas de madeira em Portugal e no resto do mundo, incluindo tudo o que se pode aprender com os erros e acidentes do passado, são auxiliares preciosos para minimizar possíveis fontes de erro futuras, aumentar a segurança e prolongar a vida útil das estruturas.

Dado que os erros humanos têm estado na origem da maioria das situações problemáticas, parece ser fundamental investir na formação dos projetistas, fabricantes, construtores e fiscalização, sobre aspetos específicos e problemas típicos das estruturas de madeira. São específicos e particularmente importantes a pormenorização das ligações, as variações dimensionais da madeira e os esforços de tração perpendicular às fibras da madeira, que se conjugam muitas vezes no desenvolvimento de anomalias.

A inspeção e a monitorização das estruturas de madeira assumem um papel fundamental na deteção (e correção) atempada de situações problemáticas ou anomalias, devendo ser levadas a cabo por técnicos com conhecimentos e experiência neste domínio.

6. REFERÊNCIAS

- [1] Negrão, J. H. - Estruturas de madeira em Portugal - Presente e passado recente. CIMAD'11. 2011.
- [2] COST Action E55 – Assessment of failures and malfunctions. Publication on failures and guidelines for quality control. Ed. Kohler, J; Fink, G.; Torati, T. Shaker Verlag, 2011.
- [3] Cruz, H. et al – Guidelines for the on-site assessment of historic timber structures. Elaborado no âmbito do Task Group “Assessment of Timber Structures” do COST IE0601 – Wood Science for Conservation of Cultural Heritage (WoodCultHer). 2011.