

# PATOLOGIA, AVALIAÇÃO E CONSERVAÇÃO DE ESTRUTURAS DE MADEIRA\*

Helena Cruz

Núcleo de Estruturas de Madeira, Laboratório Nacional de Engenharia Civil  
Avenida do Brasil, 101. 1700-066 Lisboa  
helenacruz@lnec.pt

## 1. FACTORES DE DEGRADAÇÃO DA MADEIRA

O tempo por si só (idade), não produz depreciação das características da madeira. Embora seja comum encontrar peças de madeira em serviço com maior ou menor grau de deterioração, são igualmente conhecidos numerosos exemplos de estruturas ou artefactos de madeira em bom estado, apesar de contarem várias centenas ou mesmo milhares de anos, em consequência de uma exposição a condições ambientais particulares que não favoreceram a sua deterioração.

Com efeito, a degradação de elementos de madeira surge como resultado da acção de agentes físicos, químicos, mecânicos ou biológicos aos quais este material é sujeito ao longo da sua vida.

Os agentes atmosféricos (sobretudo a conjugação da luz solar e da chuva) provocam alterações de cor e textura, que se traduzem na tonalidade acinzentada da madeira “velha”. Estas alterações, que consistem numa decomposição química dos compostos da madeira por acção da radiação ultra-violeta, eventualmente alternada por deslavagem da camada degradada por efeito da chuva, correspondem no entanto a uma deterioração meramente superficial, sem outras consequências além das estéticas.

Uma habitual fonte de problemas para a madeira reside no contacto com a água ou humidade ambiente elevada. Importa no entanto reter que a humidade, por si só, não degrada a madeira mas potencia o risco de degradação deste material por determinados agentes biológicos, no sentido em que estes só atacam a madeira quando o seu teor em água atinge determinados valores. Especificamente, quando a madeira permanece em condições de humidade elevada por períodos longos, pode ser atacada por fungos ou por térmitas subterrâneas que dela se alimentam.

---

\* comunicação previamente apresentada em:

II CURSO LIVRE INTERNACIONAL DE PATRIMÓNIO.  
Associação Portuguesa dos Municípios com centro histórico; Forum UNESCO Portugal.  
Santarem, Fevereiro/Março de 2001

Refira-se ainda que, apesar das variações de humidade ambiente, e a consequente alteração do teor em água da madeira, provocarem variações dimensionais e de resistência mecânica das peças (as dimensões aumentam e a resistência diminui para um acréscimo de teor em água), trata-se de um efeito reversível. Ou seja, embora os ciclos de secagem e humedecimento poderem conduzir ao desenvolvimento de fendas e empenos, geralmente sem implicações para a resistência mecânica, a madeira recupera as dimensões e a resistência inicial quando o seu teor em água volta ao valor inicial.

Também as condições de carga afectam a estrutura. É sabido que elementos estruturais que tenham estado sujeitos a esforços muito elevados (próximos da respectiva tensão de rotura), poderão ter sofrido danos internos capazes de reduzir a sua capacidade de carga. A introdução de esforços inadequados devidos a modificações intencionais (adaptações, alteração de áreas) ou acidentais (cedência de apoios, etc) do funcionamento estrutural tem sido uma frequente causa de danos.

Sem pôr em causa o que foi anteriormente dito relativamente aos efeitos da humidade sobre a resistência e a estabilidade dimensional, é sabido que a humidade elevada também amplia os fenómenos de fluência da madeira, provocando grandes deformações sob a acção de cargas, pelo que uma história de carga severa associada a níveis elevados de humidade pode ser particularmente gravosa.

Importa, no entanto, salientar que são os agentes biológicos a causa mais frequente de deterioração das estruturas de madeira, sendo mesmo os responsáveis pela maioria das situações de rotura parcial ou total das estruturas. Destacam-se, pela sua importância (em meio terrestre), os seguintes: fungos de podridão, térmitas e carunchos – sobretudo o caruncho grande.

Devido às diferentes condições de desenvolvimento e características da deterioração causada, os problemas causados pelos referidos agentes revestem-se de aspectos também distintos. Enquanto uma infestação por caruncho, independentemente da sua intensidade, afecta frequentemente zonas extensas da construção, podendo constituir um problema generalizado de toda a madeira susceptível aplicada no edifício, uma infestação por térmitas ou o desenvolvimento de podridão afectam normalmente zonas circunscritas da construção (junto de fontes de humidificação), mas por causarem uma destruição intensa da madeira nesses pontos, podem ocasionar sérios danos estruturais.

## **2. DEGRADAÇÃO DA MADEIRA POR AGENTES BIOLÓGICOS**

### **2.1 Risco de ataque e susceptibilidade**

A eventual susceptibilidade de uma madeira ao ataque por agentes biológicos é uma característica intrínseca da espécie de madeira em causa (durabilidade natural). Informação relativa às características de durabilidade natural e de tratabilidade de algumas espécies com interesse comercial na Europa pode ser encontrada na norma NP EN 350-2 [6].

Por outro lado, ainda que uma espécie seja susceptível de ataque por determinado agente, esse ataque só se verifica se existirem condições favoráveis ao seu desenvolvimento, como sejam

temperatura ambiente, ar e humidade em quantidades adequadas a cada um deles. Por essa razão, foram definidas as seguintes Classes de risco biológico, em função das condições de aplicação da madeira:

- 1 – sem contacto com o solo, sob coberto e seco (com teor em água  $h \leq 20\%$ );
- 2 – sem contacto com o solo, sob coberto mas com risco de humedificação (ocasionalmente  $h > 20\%$ );
- 3 – sem contacto com o solo, não coberto (frequentemente  $h > 20\%$ );
- 4 – em contacto com o solo ou a água doce (permanentemente  $h > 20\%$ );
- 5 – na água salgada (permanentemente  $h > 20\%$ ).

As diferentes classes de risco determinam exigências específicas quanto à durabilidade natural das madeiras a utilizar ou quanto ao eventual tratamento preservador a aplicar. Informação sobre este assunto pode ser encontrada nas normas europeias EN335-2 [1] e EN460 [3].

## 2.2 Carunchos

Os carunchos são insectos de ciclo larvar, que atacam a madeira geralmente seca, embora possam ter razoável tolerância em relação a valores elevados de humidade. A eclosão dos ovos postos pela fêmea adulta em fendas ou nos poros da madeira dá origem a larvas que penetram na madeira abrindo galerias. Quando o período larvar se aproxima do termo, a larva imobiliza-se próximo da superfície da madeira, transforma-se em pupa e finalmente em insecto adulto, que sai para o exterior dando origem ao orifício de saída com dimensões e forma (circular ou elíptica) características.

É frequente em Portugal o *Hylotrupes bajulus* (caruncho grande) que ataca apenas madeira de Resinosas, normalmente só o borne. O insecto adulto mede geralmente 10-30mm e a duração do ciclo de vida é em média de 5 anos, podendo atingir muito maior longevidade dependendo das disponibilidades alimentares e condições ambientes. De entre os carunchos pequenos destaca-se o Anobium, que ataca indiferentemente o borne de Folhosas e de Resinosas. O insecto adulto mede geralmente 2-4mm e a duração do ciclo de vida é de cerca de 2 anos, dependendo das disponibilidades alimentares, da humidade e temperatura ambientes.

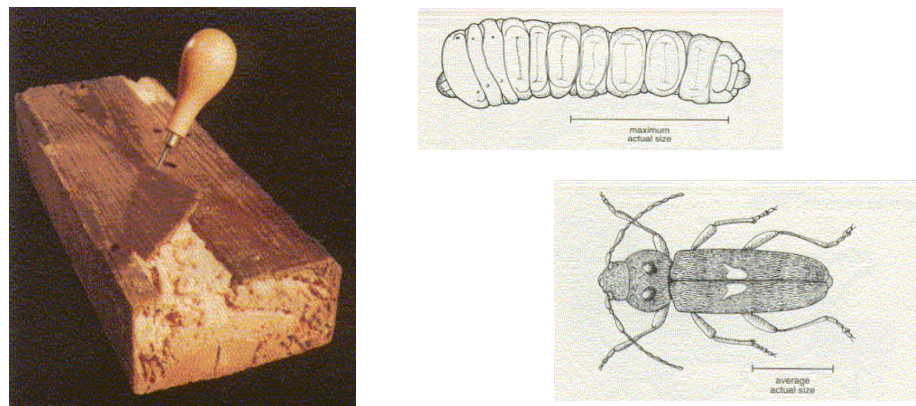


Figura 1- Madeira atacada por caruncho grande (extraído de [16]), larva e insecto adulto (extraído de [17]).

A identificação de um ataque por carunchos é feita normalmente pela existência de orifícios de saída dos insectos adultos e pela presença de “serrim” sobre a superfície da madeira atacada ou por baixo dos elementos infestados; no caso do caruncho grande é ainda corrente o empolamento da superfície das peças pelo efeito da pressão do serrim compactado no interior das galerias ou ainda pelo ruído (roer) característico da actividade da larva no interior da madeira.

Na medida em que a perda de resistência de um elemento atacado por carunchos é função da perda de secção correspondente à abertura de galerias, geralmente localizadas na camada exterior de borne, mantendo-se o restante material inalterado, a gravidade do ataque depende em primeiro lugar do tipo de caruncho em causa, já que a quantidade de alimento ingerido (dimensão das galerias) varia consoante o insecto específico.

Além disso, a disponibilidade de alimento (borne de madeira susceptível de ataque) acessível determina igualmente as possibilidades de progressão do ataque, sendo que em alguns casos a infestação poderá auto extinguir-se quando toda a madeira susceptível de ataque foi consumida.

Consequentemente, a gravidade de um ataque por carunchos prende-se, em certa medida, com as possibilidades de erradicação do problema, o que implica sustentar a progressão do ataque no interior dos elementos de madeira infestados e inibir reinfestações (postura de ovos pelos insectos adultos) nesse e noutros elementos de madeira aplicados nas imediações.

Face à dificuldade inerente à realização de tratamentos curativos à madeira aplicada em edifícios (que consistem geralmente no tratamento superficial dos elementos, eventualmente complementados com a injeção de produto preservador no seu interior, esta de resultados mais falíveis), uma vez mais o tipo de caruncho presente é determinante para a eficácia da intervenção. Com efeito, no caso de carunchos pequenos, com ciclos de vida relativamente curtos, é de esperar que a deterioração cesse após a emergência de todos os insectos, que não poderão reinfestar a madeira devido ao tratamento preservador aplicado.

### **2.3. Fungos de podridão**

Os fungos de podridão desenvolvem-se em madeira com teor em água superior a 20%, estando o limite máximo tolerado de teor em água relacionado com as necessidades de oxigénio livre de cada um dos fungos em causa (sempre madeira não saturada).

O borne de todas as espécies é não durável, variando a durabilidade do cerne da madeira consoante a espécie florestal [6].

Estes fungos alimentam-se directamente da parede celular da madeira, destruindo-a, sendo a podridão facilmente identificada pela perda de peso e de resistência da madeira, acompanhada por alterações típicas de coloração e de aspecto.

Uma vez que o desenvolvimento de fungos está fortemente dependente da humidade, normalmente o apodrecimento da madeira ocorre somente em zonas críticas da construção, nomeadamente nas entregas de vigamentos nas paredes exteriores, junto de canalizações ou sob pontos singulares das coberturas.

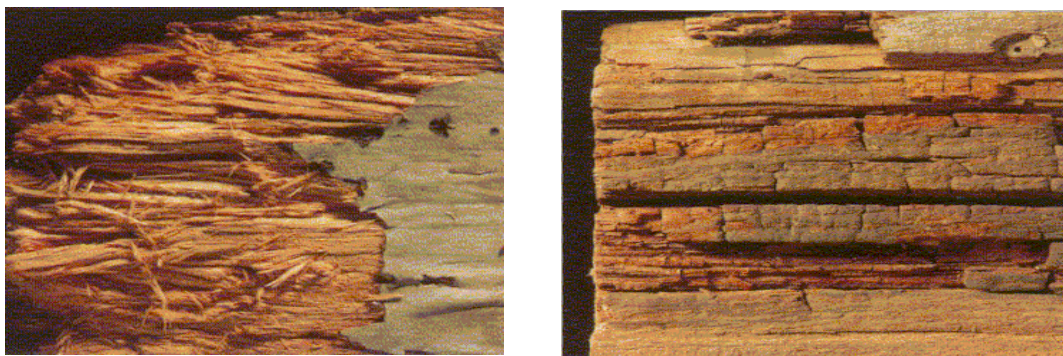


Figura 2 – Aspecto de madeira atacada por fungos de podridão (extraído de [16])

Embora seja prudente desprezar completamente a contribuição da madeira afectada, em termos de resistência mecânica, o que implica a necessidade da sua substituição ou reforço dos elementos afectados, os problemas são frequentemente circunscritos no edifício e a eliminação definitiva das fontes de humedificação (quando tal é possível) poderá ser suficiente para promover a secagem da madeira e a certa altura suster a progressão do ataque pelos fungos.

Deve no entanto ter-se em conta que a secagem de grandes secções de madeira, tal como das alvenarias envolventes, poderá ser lenta, permitindo a progressão do apodrecimento durante mais algum tempo após a resolução das deficiências da construção que estiveram na sua origem. Além disso, há situações particulares em que não é possível garantir com segurança a eliminação completa e definitiva das fontes de humedificação. Nestes casos é essencial adoptar medidas correctivas específicas, que passam pela limpeza e pelo tratamento preservador curativo e preventivo da madeira.

## 2.4. Térmitas

As térmitas subterrâneas (*Reticulitermes lucifugos*) são insectos sociais que vivem em geral no solo, em colónias numerosas compostas por reprodutores, soldados e obreiras. Atacam madeira húmida (teor em água geralmente acima de 20%) e preferencialmente em contacto com o solo ou na sua proximidade (pisos térreos), utilizando-a como alimento e como abrigo.

A identificação de um ataque por térmitas subterrâneas é frequentemente feita apenas numa fase adiantada da infestação, pela detecção de galerias ou “tubos” característicos no exterior dos elementos atacados, que fazem com terra e no interior dos quais se deslocam ao abrigo da luz e num ambiente húmido que lhes é essencial. Um outro sinal frequente da presença de térmitas é a ocorrência de enxameações, durante as quais centenas de insectos adultos alados saem por frinchas ou juntas da madeira e voam para a luz, perdendo as asas e acasalando, podendo assim infestar outras madeiras que apresentem condições propícias.

Pelo facto da infestação por térmitas ser normalmente detectada apenas em fases avançadas e pelo volume de madeira depredada, constituem um problema geralmente grave e frequentemente de difícil resolução. A perda de resistência dos elementos de madeira afectados será função do volume de material consumido.

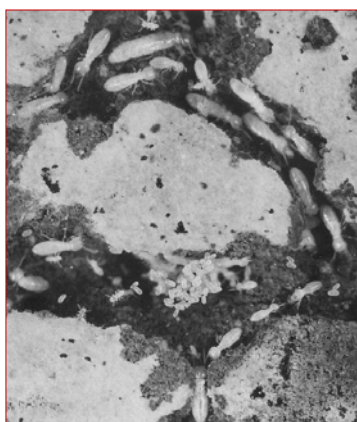


Figura 3 – Térmitas e galerias ou “tubos” por elas produzidos

Na consideração da secção residual para efeitos de verificação da resistência, deve ser contabilizada uma eventual progressão do ataque, dependente da viabilidade de erradicação rápida do problema. As medidas a adoptar nesse sentido devem ser cuidadosamente ponderadas caso a caso, podendo envolver o tratamento das madeiras aplicadas no local, ou a sua substituição por madeiras duráveis, a introdução de barreiras físicas ou químicas, ou procedimentos alternativos, como sejam por exemplo técnicas de armadilhagem [15].

### 3. INSPECÇÕES PERIÓDICAS

É fundamental prever a realização de campanhas de inspecção periódicas para avaliar o estado de conservação da madeira aplicada, com função estrutural ou não estrutural, e levar a cabo prontamente as acções de manutenção necessárias [8, 14].

Devem ser procurados indícios de má conservação dos elementos de madeira, frequentemente traduzidos por deformações acentuadas ou sintomas diversos associados a humedificação frequente ou continuada dos materiais da construção.

O aspecto exterior do edifício é muitas vezes eloquente, permitindo um primeiro levantamento das anomalias evidentes e das zonas potencialmente problemáticas:

1. Deformações (telhado,...)
2. Madeira exposta em mau estado
3. Telhas partidas / em falta
4. Algerozes e caleiras danificados / entupidos
5. Telhado pouco saliente
6. Remates ineficazes
7. Crescimento de vegetação
8. Manchas de humidade
9. Fendas em paredes
10. Rebocos desagregados ou fissurados
11. Caixilharia deteriorada
12. Falta de faixa impermeabilizante
13. Canteiros adjacentes
14. Aberturas de ventilação obstruídas



Figura 4 – Apreciação pelo exterior – pontos críticos (adaptado de [16])

Estas situações, bem como outras potencialmente “perigosas”, como por exemplo a proximidade de redes de água ou esgotos, devem seguidamente ser analisadas a partir do interior do edifício, mediante a realização de prospecções e o acesso directo sistemático aos elementos de madeira, sempre que possível.

Só após a identificação dos agentes de degradação, a avaliação da degradação ocorrida e a identificação da espécie e qualidade da madeira empregue em cada caso, será possível estimar a resistência das estruturas e estabelecer medidas correctivas adequadas de tratamento e eventual reforço [14].

## **4. DELINEAMENTO DAS INTERVENÇÕES – Tratamento e Consolidação**

### **4.1. Aspectos gerais**

Além da avaliação global e sistemática do edifício, deve reunir-se a informação disponível sobre a idade e a história do edifício (construção, ocupação, alterações, manutenção, reparações, tratamentos) que ajudará a esclarecer eventuais incoerências e alertar para possíveis situações transitórias que possam ter introduzido danos de qualquer tipo na estrutura.

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 apropriada.

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.

### **4.2. Avaliação da resistência dos elementos de madeira**

A verificação da segurança dos elementos estruturais deve ser feita mediante a contabilização da secção residual (útil) dos elementos com ataque por insectos, e a adopção de valores para as tensões resistentes da madeira adequados à espécie florestal em causa, à qualidade da madeira empregue (atribuída por classificação visual dos elementos individuais para avaliação de defeitos, especialmente nós e inclinação do fio) [2, 4, 10] e ao teor em água da madeira.



Poderá ser relevante considerar, não só o teor em água previsto para as condições de funcionamento futuras, mas também o teor em água da madeira durante a fase de construção ou o período subsequente de secagem até à estabilização da estrutura, em casos em que a madeira apresenta teor em água elevado à data do início da intervenção. O teor em água de equilíbrio a prever será função das condições ambientais [5, 11]. O teor em água actual poderá ser avaliado no local de forma expedita mediante a utilização de humidímetros.

No que se refere à quantificação da secção útil, além dos critérios gerais anteriormente referidos a propósito dos agentes de degradação biológica, pode ainda recorrer-se a um conjunto de meios auxiliares de diagnóstico, para esclarecer dúvidas específicas suscitadas pela observação atenta dos elementos aplicados, com base no conhecimento da espécie de madeira em causa e das suas particularidades.

Referem-se as seguintes técnicas consideradas não destrutivas: “Perfurador” (perfil de densidade, detecção de “ocos” ou fendas anelares), Pylodin (dureza na direcção transversal), Raios Gama (perfil de densidade), Ultra-sons - Sylvatest/Pundit (estimação do módulo de elasticidade a partir da velocidade de propagação da onda sonora), Vibrações (estimação do módulo de elasticidade a partir da frequência própria de vibração) [12, 13].

### **4.3. Tratamento curativo e preventivo da madeira**

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:

- secagem da madeira (baixando o teor em água pelo menos para valores abaixo de 20%);
- limpeza (da madeira podre ou seriamente atacada por insectos - pulverulenta ou facilmente desagregável);
- tratamento preservador insecticida e/ou fungicida da madeira que permanece no local;
- tratamento preservador da madeira susceptível de ataque que venha a ser introduzida na obra.

Além disso, a escolha e a especificação de características das madeiras a introduzir no edifício (resistência, durabilidade/tratabilidade, tratamento preservador, teor em água e estabilidade dimensional) devem ter em conta as normas relevantes [9] e as condições de aplicação específicas.

Resta referir que só após a identificação e a resolução dos problemas, incluindo a secagem dos materiais e o eventual tratamento preservador das madeiras, é que as reparações e substituições deverão ser realizadas.

## **5. BIBLIOGRAFIA**

1. EN335-2: Durability of wood and wood-based products. Definition of hazard classes of biological attack. Part 2: Application to solid wood



2. EN 338 : Structural timber – Strength classes
3. EN 460: Durability of wood and wood based products – Natural durability of solid wood – Guide to the durability requirements for wood to be used in hazard classes
4. EN 1912: Structural timber – The assignement of timber grades and species to strength classes
5. NP ENV 1995-1-1: Eurocódigo 5 – Projecto de estruturas de madeira – Parte 1-1: Regras gerais e regras para edifícios
6. NP EN 350-2: Durabilidade de madeira e derivados de madeira
7. NP 2080: Preservação de madeiras. Tratamento de madeiras para construção
8. Cruz, H; Machado, J S; Nunes, L - *Problemas de conservação de madeira em edifícios*. 2ª ENCORE, LNEC, Junho 1994.
9. Cruz, H; Machado, JS; Rodrigues, M; Monteiro, Gilda - *Madeira para construção – M1: Especificação de madeiras para estruturas*. LNEC, 1997.
10. Machado, JS; Cruz, H; Monteiro, G - *Madeira para construção – M2: Pinho bravo para estruturas*. LNEC, 1997.
11. Cruz, H; Rodrigues, M - *Madeira para construção – M9: Humidade da madeira*. LNEC, 1997.
12. Machado, J. Saporiti; Cruz, H – *Avaliação não destrutiva de elementos estruturais de madeira in-situ*. Revista Florestal, Vol.XI, nº2, Julho/Dezembro 1998, p32-36
13. Machado, J S; Cruz, H; Nunes, L – *Inspecção de elementos estruturais de madeira. Selecção de técnicas não destrutivas a aplicar in-situ*. Encontro Nacional sobre Conservação e Reabilitação de Estruturas - REPAR. LNEC, Lisboa, 2000.
14. Cruz, H; Machado, J. Saporiti; Nunes, L – *Inspecção e avaliação de estruturas de madeira*. Seminário sobre Estruturas de Madeira, Reabilitação e Inovação. Organizado por GECORPA. LNEC. Setembro 2000. pp14-28.
15. Nunes, L; Nobre, T– *Strategies of subterranean termite control in buildings*. 3rd International Seminar on Historical Constructions. Guimarães. Nov. 2001. pp867-874175
16. Berry, R. W. (1994). *Remedial tratment of wood rot and insect attack in buildings*. Building Research Establishment. GarstonWatford. 122 pp.
17. Bravery A.F.; Berry, R.W.; Carey, J.K.; Cooper, D.E. (1992). *Recognising wood rot and insect damage in buildings*. Building Research Establishment. GarstonWatford. 114 pp.