

# A preservação de madeira: Estado atual do conhecimento.

**Andreia Soares<sup>1</sup>, Miguel Palminha<sup>2</sup>, Miguel Pestana<sup>1\*</sup>**

**Resumo:** A madeira sofre deterioração, já que é um material natural. Esta deterioração dependerá do tempo e ao tipo de condições a que está exposta e, ainda, da espécie de madeira. Assim, a sua modificação - química, térmica, superficial ou impregnação - pode aumentar a durabilidade natural da madeira e, deste modo, melhorar as suas propriedades durante o seu ciclo de vida. Este novo material deverá, no final do ciclo de vida, não apresentar um perigo ambiental superior ao da madeira não tratada.

A maioria destas modificações baseiam-se na limitação ao acesso dos grupos hidroxilo (existentes sobretudo na celulose e hemiceluloses) e que são os principais responsáveis pela higroscopicidade da madeira, criando uma melhoria nas propriedades da madeira tratada.

Muito embora haja uma grande diversidade de agentes de degradação da madeira, o ataque por origem biológica assume grande importância, uma vez que este não depende apenas da sua presença, pois é necessária a existência de certas condições hidrotérmicas ambientais esta degradação, muito embora a sua conservação esteja também associada à resistência natural da madeira ao ataque por agentes biológicos, e à sua impregnabilidade ou capacidade de receber tratamentos preservadores.

De entre os seres vivos, os fungos - fungos cromogéneos e fungos que originam diversos tipos de podridão - desempenham um papel importante na degradação da madeira, quando as condições temperatura e de oxigénio sejam propícias para o seu desenvolvimento.

Do mesmo modo, as térmitas subterrâneas - insetos xilófagos - são também agentes biológicos que causam estragos, não só pelo volume de material lenhoso deteriorado, mas também por atuarem no interior das peças de madeira

Para além destas questões associadas à degradação da madeira, faz-se ainda uma resenha da evolução da preservação de madeira, ao longo dos tempos, particularizando-se também esta evolução em Portugal.

**Palavras-Chave:** Madeira; Agentes biológicos; Preservação; Química; Evolução histórica.

---

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I.P., Av. da República, 2780-159 Oeiras, Portugal.

<sup>2</sup> Carmo Wood, S. A., Av. Marquês de Tomar 2, 1050-155 Lisboa, Portugal.

\*Email: [miguel.pestana@iniav.pt](mailto:miguel.pestana@iniav.pt)

### **Wood preservation: Current state of knowledge**

**Abstract:** Wood suffers from deterioration, as it is a natural material. This deterioration will depend on the time and type of conditions to which it is exposed, as well as the species of wood. Thus, its modification - chemical, thermal, superficial or impregnation - can increase the natural durability of wood and, therefore, improve its properties during its life cycle. This new material must, at the end of its life cycle, present no greater environmental danger than untreated wood.

Most of these modifications are based on limiting the access of hydroxyl groups (existing mainly in cellulose and hemicelluloses) and which are mainly responsible for the hygroscopicity of wood, creating an improvement in the properties of treated wood.

Even though there is a great diversity of wood degradation agents, attack by biological origin is of great importance, since this does not depend only on their presence, as the existence of certain environmental hydrothermal conditions is necessary, this degradation greatly increases its Conservation is also associated with the natural resistance of wood to attack by biological agents, and its impregnability or ability to receive preservative treatments.

Among living beings, fungi - chromogenic fungi and fungi that cause different types of rot - play an important role in the degradation of wood, when temperature and oxygen conditions are suitable for them to act.

Likewise, subterranean termites - xylophagous insects - are also biological agents that cause damage, not only due to the volume of deteriorated woody material, but also by acting inside wooden pieces.

In addition to these issues associated with wood degradation, a review is also made of the evolution of wood preservation over time, also focusing on this evolution in Portugal.

**Keywords:** Wood; Biological agents; Preservation; Chemical; Historical evolution.

### **Préservation du bois : état actuel des connaissances**

**Résumé:** Le bois souffre de détérioration, car c'est un matériau naturel. Cette détérioration dépendra du temps et du type de conditions auxquelles il est exposé, ainsi que de l'essence de bois. Ainsi, sa modification - chimique, thermique, superficielle ou imprégnation - peut augmenter la durabilité naturelle du bois et donc améliorer ses propriétés au cours de son cycle de vie. Ce nouveau matériau ne doit pas, à la fin de son cycle de vie, présenter un plus grand danger environnemental que le bois non traité.

La plupart de ces modifications reposent sur la limitation de l'accès aux groupes hydroxyles (existant principalement dans la cellulose et les hémicelluloses) et qui sont principalement responsables de l'hygroscopique du bois, créant une amélioration des propriétés du bois traité.

Même s'il existe une grande diversité d'agents de dégradation du bois, l'attaque par origine biologique est d'une grande importance, car elle ne dépend pas seulement de leur présence, car l'existence de certaines conditions hydrothermales environnementales est nécessaire, cette dégradation augmente considérablement sa conservation. associé à la résistance naturelle du bois aux attaques par des agents biologiques et à son imprégnabilité ou sa capacité à recevoir des traitements de préservation.

Chez les êtres vivants, les champignons - champignons chromogènes et champignons responsables de différents types de pourriture - jouent un rôle important dans la dégradation du bois, lorsque les conditions de température et d'oxygène leur permettent d'agir.

De même, les termites souterrains - insectes xylophages - sont également des agents biologiques qui provoquent des dommages, non seulement en raison du volume de matière ligneuse détériorée, mais également en agissant à l'intérieur des pièces de bois. En plus de ces problèmes liés à la dégradation du bois, une revue est également faite de l'évolution de la préservation du bois au fil du temps, en se concentrant également sur cette évolution au Portugal.

**Mots Clés:** Bois; Agents biologiques ; Préservation; Chimique; Evolution historique.

## Introdução

Conhece-se que a madeira, como material natural, não é imune à deterioração. Porém, esta depende da sua exposição a condições ambientais e do período de tempo (longo) sujeito a essas condições. A duração deste período varia consideravelmente de espécie para espécie de madeira e do tipo de agente de degradação a que é exposta. Os agentes de degradação são insetos, fungos e xilófagos marinhos, que utilizam a madeira como fonte de alimentação, abrigo ou local de incubação e a sua sobrevivência depende da existência de requisitos específicos - alimentação, humidade, temperatura e oxigénio. (CONNELL, 1991)

Pode-se assim afirmar, se o processo de degradação for evitado, caso estas condições de exposição forem impróprias para o desenvolvimento destes organismos, como é exemplo, da madeira dos caixões encontrados nas tumbas dos Faraós Egípcios, que se manteve seca durante 4000 anos e após esse período não apresentava sinais de degradação por fungos, ou insetos ou o navio inglês Marie Rose, que afundou em 1545, e que se conservou durante 4 séculos no fundo mar, são exemplo disso. (CONNELL, 1991)

Porém, criar estas condições adversas aos agentes de degradação, não é compatível com a generalidade das situações em que a madeira é utilizada (na construção), sendo, a utilização de tratamentos químicos, tóxicos para insetos, fungos e xilófagos marinhos, de modo a aumentar a durabilidade natural da madeira, são os mais utilizados. (WILKINSON, 1979)

Assim, ao modificar a madeira estaremos a melhorar as suas propriedades durante o seu ciclo de vida, produzindo um material novo que no final do ciclo de vida não apresentará um perigo ambiental superior ao da madeira não tratada. (HILL, 2006)

A modificação da madeira pode dividir-se em quatro tipos: modificação química, modificação térmica, modificação de superfície e modificação por impregnação, sendo que destas a modificação de superfície apenas altera as propriedades da superfície da madeira. A maioria dos métodos baseia-se na redução da acessibilidade dos grupos hidroxilo que se encontram sobretudo na celulose e hemiceluloses e que são os principais responsáveis pela higroscopicidade da madeira. Ao bloquear estes grupos, essencialmente os presentes nas hemiceluloses e que se encontram mais acessíveis, a madeira diminui a sua capacidade de absorver água, o que vai ter impacto em várias propriedades da madeira tratada. (ESTEVES *et al.*, 2009; MONTAGNA, 2001)

Albino de CARVALHO (1996) propõe a esquematização das causas de degradação da madeira, classificando-as em duas categorias: agentes de degradação abiótica e agentes de degradação biótica.

A primeira – degradação abiótica – pode resultar da erosão (por radiação UV e oxidação ou por causas mecânicas) e/ou por causas térmicas (destilação ou aquecimento) e/ou por causas químicas. Realça-se que a fragmentação e degradação superficial, nomeadamente por fenómenos de retração/entumescimento, erosão eólica ocorre sempre conjugada com abrasivos em transporte – poeiras, etc.,

Por outro lado, a segunda categoria de causa de degradação – degradação biótica – tem como causas a infestação animal, que causa a perfuração e abrasão da superfície da madeira e/ou o aparecimento de galerias e escavações feitas por insetos (térmitas, carunchos, entre outros), ou por ataque de bactérias, fungos, que podem resultar em esculpido e escavações, ou no aparecimento de bolores superficiais e/ou descoloração do borne e/ou podridão da madeira.

Apesar desta diversidade de agentes de degradação, a grande parte da responsabilidade da deterioração do material lenhoso é imputada aos agentes de origem biológica (CARVALHO, 1996). O risco de ataque por estes agentes biológicos não depende apenas da sua presença, pois é necessária a existência de certas condições hidrotérmicas ambientais que condicionam o tipo e a velocidade de degradação da madeira (CRUZ & NUNES, 2012). Assim, o teor de água da madeira é um fator base na definição das classes de risco de aplicação estabelecidas pela norma EN 335:2013. Para além deste fator, a conservação da madeira está também ligada à durabilidade natural da espécie, ou seja, a resistência natural da madeira ao ataque por agentes biológicos, e à sua impregnabilidade ou capacidade de receber tratamentos preservadores.

As classes de risco possibilitam a avaliação das espécies de madeira e o tratamento preservador adequados, quando necessário, para a função que aquela irá desempenhar, reduzindo a probabilidade de casos graves de degradação biológica (CRUZ & NUNES, 2012).

O ataque por fungos de podridão da madeira, em geral pode ocorrer facilmente assim que se estabeleçam as condições ecológicas necessárias para o seu desenvolvimento. Estes ataques podem ter como origem o contágio por peças de madeira já infetadas, ou através da germinação de esporos na madeira húmida. As condições de humidade e temperatura do ambiente são fundamentais para o desenvolvimento de fungos, pois o ataque só se processa quando o teor de água da madeira atinge valores superiores a 20% (SANTOS, 2016; SILVA, 2008).

Como seres vivos, os fungos necessitam também de condições ideais de oxigénio e temperatura do ambiente para a realização dos seus processos fisiológicos. A ausência de oxigénio por saturação completa da madeira, temperaturas acima de 40-50 °C e a secagem da madeira para um teor de água abaixo dos 20%, são fatores que limitam o desenvolvimento destes fungos ou a total imersão em água (CRUZ & NUNES, 2012)

Os fungos podem ser separados em fungos cromogéneos - que provocam manchas azuladas no borne da madeira, mas que não alteram significativamente a estrutura da madeira - e em fungos que originam diversos tipos de podridão - nomeadamente, fungos de podridão branca, podridão castanha e microfungos de podridão mole que degradam a parede celular da madeira e como tal alteram as características mecânicas da madeira (HIGHLEY,1999; SANTOS, 2016).

Tal como os fungos de podridão, as térmitas subterrâneas necessitam de um ambiente com elevada humidade, para que se desenvolvam. Estes insetos xilófagos causam estragos, não só pelo volume de material lenhoso deteriorado, mas também por atuarem no interior das peças de madeira, dificultando o diagnóstico da sua presença e permitindo o avanço da degradação. (CRUZ & NUNES, 2012).

No grupo dos agentes biológicos existem também os insetos xilófagos de madeira seca, onde se destacam os insetos de ciclo larvar completo (vulgarmente designados de caruncho) e as térmitas de madeira seca (que têm particular incidência nas ilhas da Madeira e algumas ilhas dos Açores) (CRUZ & NUNES, 2012).

### **Evolução Histórica da Preservação de madeiras**

A utilização da madeira como material de construção acompanha a evolução da mesma (construção) e, conseqüentemente, a preocupação com a sua resistência e durabilidade. Seguramente o exemplo mais famoso que confirma esta longevidade estará no Antigo Testamento. A especificidade do método preservador no discurso de Deus quando avisa Noé que deverá construir uma arca para se salvar do dilúvio

Já na Antiguidade Clássica, há vários registos onde são relatados métodos de preservação da madeira. O geógrafo grego Heródoto, no séc. V a.C., descreve a utilização de alúmen como retardante de chama e o uso de extratos de óleos, betumes e resinas para preservar materiais orgânicos (UNGER *et al.*, 2001). Outros registos desta época revelam que os gregos tratavam a estrutura de madeira com óleos injetados, através de furos previamente feitos, de modo a obter uma maior

penetração do preservador, e assentavam os pilares de madeira sobre bases em pedra, para se manterem secos. (WILKINSON, 1979).

No séc. IV a.C., Alexandre Magno decreta que os pilares e outras peças de madeira utilizadas na construção de pontes devem ser tratadas com azeite, para prevenir a sua deterioração (UNGER *et al.*, 2001; PALANTI *et al.*, 2004).

Em 77 d.C., Plínio Segundo refere que a madeira tratada com óleo de cedro era resistente à podridão e a ataque de insetos. Plínio relata ainda a descoberta que a estátua em madeira de Diana haveria sido impregnada com o óleo de nardo, através de vários orifícios abertos na sua base (UNGER *et al.*, 2001). Escavações mais recentes revelaram a utilização de carbonização superficial dos pilares de madeira utilizados nos pilares do templo de Ephesus, onde a estátua de Diana se encontrava (WILKINSON, 1979).

No séc. IV Palladius, autor do tratado de agricultura *Opus Agriculturae*, descreve a utilização de água salgada como preservador da madeira. (UNGER *et al.*, 2001)

As primeiras tentativas para aumentar a duração natural da madeira envolveram tratamentos com métodos preservadores como a carbonização, conservação em água salgada, pincelagem com óleos, alcatrão e pez (UNGER *et al.*, 2001), em que a metodologia assentava em dois princípios: a introdução de elementos tóxicos ou repelentes aos agentes de degradação; e o controlo do teor de água, através da aplicação de produtos que reduzam a capacidade de absorção da madeira.

Através de Vitruvius, sabemos que o conhecimento sobre a preservação da madeira não se cingia apenas a estes dois princípios, pois o seu tratado *De Architectura*, séc. I a.C., dedica os dois últimos capítulos do Livro II à durabilidade da madeira empregue na construção, onde, apesar de também referir, a aplicação de tratamentos preservadores como a carbonização, o óleo de cedro e os resíduos da produção de azeite, realça a durabilidade natural da madeira. (SANTOS, 2016)

Neste tratado são descritas diferentes espécies de árvores como o carvalho, roble, olmo, cipreste, abeto, pinheiro, larício, cedro, choupo, faia, entre outras, e são referidas as características de cada espécie, relacionando os quatro elementos presentes em cada uma (ar, água, terra e fogo), com a sua correta aplicação na construção.

O mesmo autor, afirma também que a durabilidade natural da madeira não depende só das características próprias de cada espécie, mas é também influenciada pelo clima a que a árvore está exposta durante o seu crescimento, a época do ano em que é feito o abate e o modo como a árvore é cortada, já que este deve ser feito no Outono, época em que a árvore recupera o seu estado natural de

robustez, uma vez que durante a Primavera, os recursos da árvore estarão direcionados para o desabrochar da folhagem e para os frutos. (SANTOS, 2016)

Recomenda também que o corte da árvore seja faseado, um primeiro corte até ao centro da medula permitirá que a seiva seja drenada com a árvore ainda em pé e depois, quando já seca e sem humidade, a árvore estará em ótima condição de uso e pronta para ser deixada abaixo. (SANTOS, 2016)

Em *De Architectura*, Vitruvius regista os conhecimentos e as técnicas construtivas de uma época distante, contudo, a influencia deste tratado até aos dias de hoje é inquestionável e no que se refere à preservação da madeira foi a base dos tratados de arquitetura durante vários séculos, não havendo evoluções significativas nas técnicas de preservação até ao Renascimento. (SANTOS, 2016)

Em 1485, Leon Battista Alberti, no seu tratado *Da Arte da Edificatória*, compila os métodos preservadores de vários autores da antiguidade como Teofrasto, Vitruvius, Catão e Hesíodo. São explanadas as diferentes visões de cada autor sobre a época de abate, bem como a influência da fase da lua em que as árvores devem ser cortadas e descritas as técnicas e receitas para aumentar a durabilidade natural da madeira. (SANTOS, 2016)

Nas descrições deste destaca-se: o uso de excremento de boi para untar a madeira recém-abatida, de modo a protegê-la do calor e dos ventos evitando a tendência para abrir fendas. Teofrasto considerava que a madeira enterrada no solo se torna mais densa. Catão mandava untar a madeira com água ruça, um subproduto da produção de azeite, para a imunizar contra a traça e caruncho, e Plínio relatava que o Labirinto Egípcio havia sido construído com madeira de espinheiro fervida em azeite. (SANTOS, 2016)

Alberti refere ainda a possibilidade de certas madeiras, através de vários processos, se tornarem compactas e fortalecidas contra os danos das intempéries como a “madeira de citro que mesmo seca no mar adquire uma dureza compacta e incorruptível, ou o castanho que é purificado pela água do mar”, e que qualquer madeira que seja enterrada em lugar húmido enquanto ainda está verde durará para sempre. (SANTOS, 2016)

Em 1570 Andrea Palladio aborda a questão da durabilidade da madeira em *I Quattro Libri dell' Architettura*, onde o capítulo II, do primeiro livro, é dedicado à madeira, mas não acrescenta nova informação em relação aos tratados de Vitruvius e de Alberti. (SANTOS, 2016)

Como referido, após a queda do império romano não houve avanços significativos nas técnicas de preservação e prevalecendo os métodos da antiguidade durante a Idade Média, onde foram amplamente utilizados.

No séc. XVI, o desenvolvimento do comércio marítimo favoreceu o crescimento das frotas marítimas, uma vez que estas tinham grande expressão na economia de vários países europeus, o que avançar na procura de novos métodos preservação mais eficazes. Os danos causados, sobretudo, pelos fungos de podridão seca e os xilófagos marinhos tinham consequências económicas desastrosas. É relatado que em 1590 cerca de 100 navios da armada espanhola foram destruídos, não pelo inimigo, mas pelo teredo. (WILKINSON, 1979) Como consequência novas substâncias químicas foram introduzidas na proteção da madeira.

O químico alemão Johann Glauber (1657) conduziu primeiro estudo científico, em que desenvolveu um processo composto por carbonização superficial, pintura com betume e imersão em ácido pirolenhoso (um subproduto da produção da destilação da madeira). (WILKINSON, 1979)

Em 1705, o químico W. Homeberg apresenta na Academia de Ciências de Paris um trabalho sobre a utilização de cloreto de mercúrio (II) na proteção de pavimentos de madeira contra insetos, realizado no Sul de França. Contudo, a utilização deste preservador não era novidade, pois existem registos onde Leonardo da Vinci protegia os painéis das suas pinturas com uma mistura de cloreto de mercúrio (II) e trióxido de arsénico, sendo também relatado que esta mistura foi utilizada pelos Monges Franciscanos de San Domingo, para controlar infestações de térmitas no séc. XVI. (UNGER *et al.*, 2001)

Homeberg foi também responsável pela descoberta do *sal sedativum Hombergi* que não era mais do que ácido bórico, sendo ainda hoje uma das principais substâncias preservadoras da madeira. (UNGER *et al.*, 2001)

Em 1718, foi patenteado na Suécia, o Holtz-Balsalm apresentou um preparado comercial de bálsamo à base de sulfato de cobre ou de ferro, destinado à proteção da madeira. (HUMAR *et al.*, 2006; UNGER *et al.*, 2001)

Muito embora se tenham verificado avanços nas técnicas e métodos de preservação, as novas substâncias introduzidas revelam-se suscetíveis à lixiviação quando aplicadas em ambientes muito húmidos ou em contacto com a água, pois são solúveis em água. Aliado a esta questão está o seu elevado custo, o que torna impraticável a sua aplicação em larga escala.

Em 1817, o Engenheiro William Chapman referiu num relatório que a vida útil média dos barcos da British Royal Navy era apenas de 7 a 10 anos, tornando a manutenção da frota extremamente difícil. (WILKINSON, 1979)

Com o século XIX, as inovações introduzidas pela revolução industrial, criaram as condições para o desenvolvimento de uma indústria de preservação da madeira, já que com a expansão das linhas de caminho-de-ferro e

telecomunicações aumentaram o consumo de madeira tratada, para aplicar em travessas e postes, e ainda com o acesso abundante a carvão mineral, aliada à invenção da máquina a vapor favoreceram as soluções necessárias para a preservação da madeira em larga escala. (SANTOS, 2016)

Em 1836, o Dr. Franz Moll patenteou um subproduto da destilação o carvão como preservador da madeira, o creosote. Este preservador não é solúvel em água, não sendo suscetível de lixiviação quando aplicado em zonas húmidas, tem um bom efeito fungicida e inseticida e a abundância de carvão mineral, à época, tornava-o, por comparação com outros preservadores, um produto barato e acessível. Contudo, é um produto de difícil aplicação, pelo que o seu sucesso iria depender da evolução dos métodos de aplicação alguns anos mais tarde. (WILKINSON, 1979)

Em 1831, o francês Jean Robert Bréant patenteou um método para a aplicação de preservadores sob pressão numa camara metálica fechada. Esta invenção resulta de ser possível construir reservatórios metálicos capazes de suportar alta pressão, como na máquina a vapor, permitindo numa primeira fase aplicar vácuo, para remover o ar do interior das células da madeira, e posteriormente injetar o líquido preservador, sob pressão. Bréant terá resolvido o problema do ponto de vista científico, mas não do ponto de vista prático, já que este equipamento não era adaptável à utilização industrial. (WILKINSON, 1979)

Em 1832, John H. Kyan, após 20 anos de experiências, marca o início dos tratamentos modernos da madeira, com o registo da patente para um processo de tratamento da madeira através da imersão em cloreto de mercúrio (II) (UNGER *et al.*, 2001). Este processo, apelidado de Kyanising, foi utilizado em pequena escala para o tratamento de travessas de caminho-de-ferro no sul da Alemanha. (WILKINSON, 1979) Porém, o preservador utilizado é corrosivo para os metais, pelo que a imersão era feita em tanques de alvenaria. Mais tarde melhorou a eficiência do método, através da aplicação sobre pressão, em tanques fechados de madeira, mas com pouco sucesso.

Anos mais tarde, em 1838, Sir William Burnett desenvolve o processo de preservação, agora chamado Burnettising, através da imersão de madeira em cloreto de zinco e nove anos mais tarde evolui para injeção por pressão em autoclave. Foi largamente aceite pelos caminhos-de-ferro, tanto nos Estados Unidos da América como na Europa, tendo o seu sucesso assente no baixo custo do cloreto de zinco. (WILKINSON, 1979)

Também em 1838 o Dr. Boucherie patenteou um processo de substituição da seiva por uma solução de sulfato de cobre - método de Boucherie -, i.e., os troncos recentemente abatidos e ainda por descascar são injetados, por uma extremidade,

com o tratamento preservador, que vai forçar a saída da seiva existente pela outra extremidade (HEATON & HALE, 1993). Este método foi particularmente utilizado no tratamento de postes de grande dimensão, em que a sua aplicação é lenta e apenas direcionada para o tratamento do borne. Foi, porém, gradualmente abandonado e substituído pelo tratamento em autoclave. (NUNES, 2007)

Ainda nesse ano, 1838, deu-se início à preservação industrial da madeira, marcado com a atribuição da patente por tratamento com creosote em autoclave a John Bethell - processo de Bethell ou de célula-cheia -, que consiste na aplicação de vácuo inicial, seguido de injeção por pressão e posteriormente uma fase de vácuo final, resultando nas células da madeira cheias de preservador. Após esta invenção, a indústria de preservação com creosote cresceu rapidamente, como é demonstrado pelos registos, onde em apenas 15 anos após a publicação da patente estava-se a tratar, no Reino Unido, cerca de 10 000 travessas de caminho-de-ferro por semana. (WILKINSON, 1979, NUNES, 2007)

Apesar do sucesso, o elevado consumo de creosote, considerado excessivo por alguns utilizadores, encarecia o processo e impedia a continuação do crescimento da indústria, o que fomentou o desenvolvimento, no início do século XX, de um processo mais económico. Wasserman (1902) foi o responsável por despoletar esta mudança, já que inventa o primeiro método de célula vazia, que é posto em prática por Max Rueping. No entanto, quatro anos mais tarde, Cuthbert Lowry introduz outro processo semelhante. A semelhança de ambos os processos está na não existência de uma fase de vácuo inicial e a fase final de injeção sob pressão, o creosote é forçado a sair das células ficando apenas produto suficiente para revestir as paredes das mesmas. (WILKINSON, 1979)

O processo de Bethell continua ainda hoje a ser o mais utilizado para a aplicação dos tratamentos preventivos em profundidade, mas a aplicação de creosote é feita através do método de célula vazia, já que está otimizado para este produto. Refere-se ainda que o creosote manteve-se como o único preservador de madeiras reconhecido até à década de 30 do séc. XX, quando foram introduzidos os seus primeiros dois grandes concorrentes: o Pentaclorofenol (PCP) e os produtos à base de sais de cobre, cromo e arsénio (CCA). Alguns anos mais tarde foram introduzidos os tratamentos com boro por imersão-difusão. (AHN *et al.*, 2010; OBANDA *et al.*, 2008; NUNES, 2007; SOUZA, *et al.*, 2017)

Em meados do séc. XX chegaram ao mercado os produtos em solvente orgânico, que apresentam vantagens significativas sobre os preservadores anteriores; o tempo de secagem da madeira após tratamento é substancialmente reduzido; o ingrediente ativo é tendencialmente insolúvel em água e consequentemente menos suscetível à lixiviação; a madeira não sofre alterações

dimensionais com o tratamento, podendo este ser aplicado a peças já aparelhadas; e a madeira tratada poderá ser pintada e colada, e em muitos casos o produto preservador aparece associado a produtos de acabamento. (HEATON & HALE, 1993; NUNES, 2007)

Estes produtos utilizam um conjunto de substâncias hoje quase todas consideradas muito tóxicas, como fungicidas - como o pentaclorofenol ou os compostos orgânicos de estanho (TBTO) - e como inseticidas - a aldrina, a dialdrina, o lindano ou as permetrinas (NUNES, 2007), tendo ainda a desvantagem de ser consideravelmente mais caros que os produtos de base aquosa (HEATON & HALE, 1993). Por este facto, o antigo método de impregnação por vácuo e pressão foi otimizado para estes produtos, surgindo assim o processo de duplo vácuo que garante uma penetração homogénea de alguns milímetros na superfície da madeira. (NUNES, 2007)

No final do séc. XX, o desenvolvimento dos princípios de sustentabilidade e o despertar da consciência ecológica, fizeram levantar questões ambientais que puseram em causa as matérias ativas tradicionalmente utilizadas nos produtos preservadores, i.e., a análise do ciclo de vida dos produtos alterou o modo como é avaliado o impacto dos tratamentos preservadores, pelo que ao longo dos últimos anos têm sido compiladas e legisladas listas de matérias ativas passíveis de serem utilizadas bem como de substâncias proibidas. A União Europeia tem apresentado diretiva relativa à colocação de produtos biocidas no mercado (DIRETIVA 98/8/CE, 1998), assim como o regulamento relativo à disponibilização no mercado e à utilização de produtos biocidas (REGULAMENTO UE 528/2012, 2012).

Estas movimentações obrigaram a indústria a pesquisar e desenvolver alternativas aos preservadores tradicionais e que passam não só pela substituição das matérias ativas por produtos naturais ou que não apresentem perigo para o homem e para o meio ambiente, mas também pelo desenvolvimento de métodos de proteção da madeira não convencionais como (por exemplo: a utilização de barreiras físicas contra insetos xilófagos; o controlo biológico de pragas de insetos através do uso de feromonas; ou a modificação da madeira de modo a torná-la menos desejável para os organismos xilófagos). (NUNES, 2007)

Neste ponto em que nos encontramos, é importante olhar para o passado e perceber a pertinência e validade dos métodos preservadores tradicionais, assim como as contribuições que poderão trazer para a formulação de novas soluções, para que as alternativas tenham êxito.

## A preservação da madeira em Portugal

A preservação da madeira em Portugal desenvolve-se com base nas necessidades e soluções descritas anteriormente, salvo algumas situações específicas, e atendendo ao desfasamento cronológicos com história universal da preservação da madeira.

Dada a importância da época dos descobrimentos, e o consequente desenvolvimento científico e económico, na história de Portugal, não será de estranhar que a mais antiga referência encontrada sobre processos de proteção da madeira seja a Vasco da Gama, que para proteger as naus contra o teredo utiliza madeira superficialmente carbonizada na sua construção. (UNGER *et al.*, 2001)

No século XVI é publicado o *Livro Primeiro de Architectura Naval*, um manual de construção naval escrito por João Baptista Lavanha, onde é vincada a influência de Vitruvius na preservação da madeira, referindo a importância da época de abate, a escolha da espécie, a secagem e a preservação das madeiras entre o abate e a sua utilização por imersão em água salgada ou enterradas em areia húmida, listando no capítulo V desse livro, os materiais a utilizar na construção naval - o piche e o betume (LAVANHA, séc. XVI). As suas orientações estão alinhadas com o conhecimento existente sobre preservação de madeira na época, alicerçados nos ensinamentos da antiguidade clássica.

Passados quatro séculos, este sincronismo cronológico não se verifica. No *Manual da Construção do Navio de Madeira*, publicado em 1991. A referência a métodos preservadores é reduzida sendo maioritariamente direcionada para a conservação da madeira entre o abate e a sua aplicação. Esta ausência de informação contrasta com os 150 anos passados sobre a revolução industrial, e da preservação da madeira. (SANTOS, 2016)

O autor destaca a importância de após o abate descascar os toros para evitar o alojamento de larvas, evitar o contacto da árvore com o calor e a humidade para prevenir o seu apodrecimento, e impedir a fermentação da seiva através da sua dissolução por imersão em água doce ou salgada, ou através da sua solidificação através da secagem da madeira, i.e., alertas para preservar a madeira adequadamente. Em relação à preservação da madeira em serviço, o autor refere apenas que “na construção naval não têm sido empregados os processos de injeção nas madeiras, mas sim a aplicação de substâncias antivegetativas à trincha, a fim de as preservar dos insetos”. (CASTANHEIRA, 1991)

Num registo mais recente, Moutinho faz um levantamento das construções tradicionais de madeira no litoral português, registando a utilização de óleo de linhaça e de óleo queimado de traineira, por parte dos pescadores na pintura das

construções de madeira junto ao mar (MOUTINHO, 2007). Apesar de existirem poucos registos escritos sobre esta prática, são frequentes os relatos populares da utilização de óleo de motor queimado na preservação da madeira.

A escassez de informação sobre a preservação da madeira poderá ser indicadora da falta de importância ou de conhecimentos sobre o assunto. No entanto, analisando a informação disponível, pode-se afirmar que existe uma separação entre a indústria madeireira e os trabalhos de carpintaria e marcenaria, sendo que a preservação das madeiras está quase exclusivamente ligada à primeira.

Na primeira metade do século XX, dois autores destacam-se pela qualidade e detalhe dos seus manuais: João Emílio dos Santos Segurado<sup>3</sup> e F. Pereira da Costa<sup>4</sup>. Deste, há vários capítulos da Enciclopédia Prática da Construção Civil, que dedica a trabalhos de carpintaria, mas apenas no primeiro capítulo, sobre asnas de madeira encontramos uma referência à preservação da madeira<sup>5</sup>.

Em *Trabalhos de Carpintaria Civil*, também única, referencia a preservação é feita também sobre elementos estruturais e com recurso a tinta de óleo, sendo neste caso a prescrição do autor mais específica<sup>6</sup>, destinada à redução do aumento do teor de água na madeira e deste modo evitando a criação das condições necessárias para o desenvolvimento do agente de degradação.

Esta situação é também referida no artigo 39º do Regulamento Geral de Edificações Urbanas<sup>7</sup> e no caderno de encargos, publicado na revista *A Construção Moderna*, pelo Arquitecto Ventura Terra para a casa do Sr. Miguel Henrique dos Santos, na Rua Rosa Araújo, em 1900.<sup>8</sup>

Em *Materiais de Construção*, João Segurado desenvolve com maior pormenor a questão da preservação da madeira abordando vários métodos – os antigos e os modernos.

---

<sup>3</sup> Engenheiro Industrial e autor de várias obras publicadas na Biblioteca de Instrução Profissional dos quais se destaca *Trabalhos de Carpintaria Civil e Materiais de Construção*.

<sup>4</sup> Autor da Enciclopédia Prática da Construção Civil, que é um conjunto de fascículos publicados entre 1930 e 1936, e mais tarde compilados e publicados como edição do autor em 1955.

<sup>5</sup> “A pintura das asnas com tinta de óleo é aconselhável para a conservação das madeiras, tanto mais que os madeiramentos são muito atacados pelo calor solar e pelos insectos. A aplicação de indutos reservativos contra insectos nas madeiras de cobertura não deve ser descurada.” (COSTA, 1955)

<sup>6</sup> “Para proteger a madeira contra o apodrecimento usa se pintar as pontas a encastrar na parede com tinta d’óleo, zarcão por exemplo, ou alcatrão ou ainda acompanhando-as com pedra sêca, com gesso de prêsa, envolvendo-as com uma fôlha de zinco ou com cortiça em placas, etc.” (R.G.E.U., 1951)

<sup>7</sup> “Quando se utilize madeira sem tratamento prévio adequado, os topos das vigas das estruturas dos pavimentos ou coberturas, introduzidas nas paredes de alvenaria, serão sempre protegidos com induto ou revestimento apropriados que impeçam o seu apodrecimento.” (R.G.E.U, 1951)

<sup>8</sup> “A parte da madeira, vigamentos, madeiramentos, etc., que fique em contacto com as alvenarias será convenientemente pintada a tinta de minimu antes do seu assentamento.” (VENTURA TERRA, 1900)

O início do capítulo XVIII, *Conservação da Madeira*, é dedicado à conservação da madeira após abate, sendo dada importância ao descasque das árvores e à neutralização dos efeitos da seiva que, segundo o autor, é um dos principais fatores de degradação da madeira.<sup>9</sup> O mesmo autor refere que a solidificação da seiva é obtida por secagem da madeira, quer através do armazenamento em locais bem ventilados, durante bastante tempo, quer em estufa, por períodos menores. (SEGURADO, 1936)

Para a lixiviação são descritos dois métodos: o primeiro consiste na imersão da madeira em água clara e corrente durante cerca de 4 meses, após este período a madeira é retirada da água e deixada a secar lentamente, ao abrigo de fortes correntes de ar; o segundo método é executado em estufa, onde durante 24 horas a seiva é dissolvida por vapor de água e arrastada pela água condensada até que esta saia limpa, seguindo-se um arrefecimento natural da madeira sendo posteriormente empilhada em armazéns bem ventilados, durante um ou mais meses. Após estas operações, a madeira perdeu 23% do seu peso, tornando-se menos dura e resistente. (SEGURADO, 1936)

O mesmo autor alude à conservação da madeira, referindo-se a imersão em água ou areia húmida, indicando que a madeira imersa em água do mar torna-se numa madeira muito difícil de trabalhar e imprópria de se empregar nas construções. (SEGURADO, 1936) Divide ainda os processos de conservação da madeira em três grupos: a aplicação de indutos; a injeção de substâncias antissépticas; e a carbonização superficial.<sup>10</sup>

Como principais indutos empregues na preservação de madeira são referidos a pintura com alcatrão, tintas e vernizes. Para a injeção das madeiras são descritos os métodos de Boucherie, com recurso ao creosote, pelos processos de Blythe e Bethel, a injeção de cloreto de zinco pelos processos de Burnett, WellHouse e Rutgers, e o emprego do bicloreto de mercúrio pelo processo de Kyan.

O autor indica também uma época preferencial de abate e injeção das madeiras pelo método de Boucherie, cruzando o conhecimento dos métodos de preservação da antiguidade clássica e os métodos de preservação industrial.<sup>11</sup>

---

<sup>9</sup> "A seiva é um dos principais fatores de destruição da madeira, depois da árvore abatida. Pela fermentação favorece o desenvolvimento dos insetos e fornece elementos ao bolor. Há diversos meios de neutralizar os efeitos da seiva: solidificando-a ou lixiviá-la." (SEGURADO, 1936)

<sup>10</sup> "Os indutos e a carbonização superficial preservam a madeira da humidade e do ataque dos insectos; as substâncias antissépticas formam com a seiva um composto insolúvel que enche os portos da madeira, a endurecem, fazem desaparecer a fermentação da seiva e evitam o caruncho." (SEGURADO, 1936)

<sup>11</sup> "A melhor época para fazer a injeção das madeiras é nos meses de Setembro a Dezembro em que a seiva está mais fluida, fazendo-se a injeção mais rapidamente." (SEGURADO, 1936)

São ainda descritos mais dois métodos preservadores, a carbonização e a vulcanização. O primeiro é apresentado com um processo utilizado desde a mais remota antiguidade, que ainda é aplicado em peças de madeira que ficaram enterradas.<sup>12</sup>

São descritos como exemplos de métodos de carbonização, a aplicação por maçarico de gás de Lapparent em 1862 e o método industrial para carbonização de postes e travessas, desenvolvido por Hughon. (SANTOS, 2016) A vulcanização da madeira, segundo este autor, consiste em submeter a madeira ao calor. Para tal, faz descrição do processo de Haskin<sup>13</sup>, mas refere que este processo não terá muito adeptos, pelo seu desempenho inconstante, produzindo por vezes resultados contraditórios. (SANTOS, 1936)

Só na segunda metade do século XX começou-se a dar a necessária importância à proteção de madeiras. (CARVALHO, 1966) É de referir a iniciativa, de certas empresas que entenderam por bem dedicar a sua atividade à preservação industrial em autoclave por pressão. (REIMÃO, 1988)

Na verdade, embora a preservação de madeiras tendo surgido no País no início do século XX, até à Segunda Guerra Mundial estava limitada ao tratamento de travessas para caminho de ferro e de postes para telégrafos e telefones. (REIMÃO, 1988)

Os primeiros tratamentos de que se tem conhecimento foram realizados nos estaleiros da Marinha Grande e da Figueira da Foz, utilizando sulfato de cobre, através dos métodos de Boucherie e Bethel. A utilização deste produto preservador aquoso era feita com soluções à concentração de 5% pelo processo de substituição da seiva e pelo processo da célula cheia. Mais tarde, os Caminhos de Ferro Portugueses alteraram o tratamento das travessas para creosote através do método de Rueping. (REIMÃO & COCKCROFT, 1985; REIMÃO, 1988; SOUZA *et al*, 2017)

Por volta de 1907 os Caminhos de Ferro Portugueses instalaram a sua unidade industrial de preservação de madeiras, onde começaram a fazer o tratamento de

---

<sup>12</sup> “Esta operação (a carbonização) torna a superfície da madeira mais compacta e menos permeável; impregna a madeira de produtos creosotados próprios para sua conservação e faz desaparecer os fermentos organizados que possam existir à sua superfície.” (SEGURADO, 1936)

<sup>13</sup> “Coloca-se a madeira num comprido cilindro envolvido por uma série de tubos em que circula o vapor de água; o calor expulsa a humidade que a madeira contenha. (... Em seguida faz-se penetrar no cilindro o ar quente sob a pressão de 10 a 15 quilos por centímetro quadrado, depois de dissecado para lhe extrair o vapor de água e ter sido aquecido num forno à temperatura de 200° a 260°C. (...)

A teoria em que se funda este processo de conservação é que o calor coagula a albumina contida na madeira e a destilação da seiva transforma-a em vários compostos conservadores da madeira, como a creosota, o ácido fénico, etc., que assim se evita que abandonem a madeira pela pressão a que ela está sujeita.”

travessas com creosote pelo processo de impregnação por pressão designado por célula vazia. (REIMÃO, 1988)

Pode dizer-se que a falta de interesse pela preservação de madeiras durante a primeira metade do século XX tem certamente justificação. Por exemplo, na construção civil aplicaram-se com frequência madeiras folhosas com alguma durabilidade, umas nacionais outras importadas, pelo que a necessidade de encarar o seu tratamento não existia. (REIMÃO, 1988)

Mas não tardou que se comesse a assistir a uma diminuição das reservas nacionais daquelas folhosas, e, conseqüentemente, se tenha verificado a sua substituição por outras madeiras nacionais de menor durabilidade. Por outro lado, a importação de folhosas tropicais começou a decrescer em Portugal, em parte devido ao seu elevado custo, mas também como reflexo da tendência de substituir a madeira por outros materiais julgados mais duradouros. (REIMÃO, 1988)

Com a utilização de madeiras de menor durabilidade natural e com maior percentagem de borne em toda e qualquer classe de aplicação, sem qualquer tratamento, os insucessos não se fizeram esperar, provocando o descredito injusto dessas madeiras. (REIMÃO, 1988)

Foi na sequência destes factos que apareceram em Portugal, os primeiros preservadores de madeiras para aplicação superficial. O primeiro destes produtos foi o carbolíneo. Depois surgiram os produtos de naftenato de cobre, a que se seguiram os naftalenos clorados e os produtos à base de pentaclorofenol. (REIMÃO, 1988)

A preservação de madeiras com misturas de sais, pelo processo de impregnação por pressão de célula cheia, apareceu a primeira vez em 1952, na fábrica da Figueira da Foz que iniciou o tratamento de postes com preservadores de base aquosa, compostos por soluções de diversos tipos de sais. Conseqüentemente, a aplicação de preservadores por vácuo/impregnação foi estendida à preservação de madeiras para uso geral na construção civil. Pouco tempo depois novas unidades industriais se instalaram no País e, pouco a pouco, viu-se aumentar o interesse pela preservação de madeiras em autoclave e, mais tarde, o desenvolvimento do método de duplo vácuo, com preservadores de solvente orgânico, possibilitou a aplicação de tratamento em serrações e fábricas de mobiliário. E aquele desconhecimento quase absoluto da importância irrefutável da preservação, e dos seus problemas, deixou de existir e passou-se adotar uma atitude ativa em que se reconhecia a sua necessidade. (REIMÃO, 1988)

No relatório *Wood Preservation in Portugal*, os autores indicam a existência de 14 empresas de preservação industrial de madeira, distribuídas por 17 unidades de produção e contabilizando um total de 26 cilindros por autoclave instalados. Segundo os autores, a maioria da atividade desta indústria é dedicada ao tratamento de travessas de caminho-de-ferro, postes e madeiras para agricultura. O tratamento de madeira para construção não é comum, sendo a maioria da madeira aplicada não tratada, ou tratada com preservadores superficiais, por pincelagem ou aspersão. (REIMÃO & COCKCROFT, 1985)

Na comunicação *State of the art of industrial wood protection in Portugal* (NUNES *et al.*, 2016), são atualizados os dados do relatório anterior. Os autores afirmam existirem 13 empresas a produzir madeira tratada em autoclave distribuídas por 16 unidades de produção, onde é tratada predominantemente madeira de pinho bravo (*Pinus pinaster*), cerca de 70% da produção total, seguida da casquinha (*Pinus sylvestris*) com 10%. (NUNES *et al.*, 2016)

### **Situação da indústria de preservação após adesão à CEE**

A proteção de madeiras em Portugal, encontrava-se limitada a um pequeno número de empresas. O parque industrial de preservação de madeiras era de 15 empresas. Com unidades fabris dispersas por 19 localidades no País. A capacidade de tratamento, calculada com base em 8 horas de trabalho durante 250 dias por ano, era de aproximadamente de 300 mil metros cúbicos. (REIMÃO, 1988)

O número total de autoclaves instalados era de 28, o que era uma situação satisfatória para esta indústria, muito embora se verificasse um subaproveitamento da sua capacidade efetiva. O tratamento era sobretudo feito por impregnação por pressão pelo processo de célula cheia, utilizando quase exclusivamente por misturas de cobre-crómio-arsénio (CCA), existindo apenas três unidades fabris que dispunham de equipamento para o tratamento de madeiras com creosote, pelo processo de célula vazia. Naquela altura a preservação com creosote estava quase limitada às travessas de caminhos de ferro e era principalmente realizada pelos caminhos de Ferro Portugueses, na sua própria instalação de impregnação de madeiras. (REIMÃO, 1988)

Os tratamentos por vácuo (duplo vácuo) eram efetuados em 4 autoclaves instalados. (REIMÃO, 1988)

A indústria de preservação de madeiras estava sobretudo localizada na faixa litoral de norte e centro do País. Situava-se predominantemente na faixa de Pinheiro-bravo, onde encontra a sua principal matéria-prima (REIMÃO, 1988).

A madeira tratada anualmente por essas instalações industriais cifrava-se em 80 mil metros cúbicos (1985), dos quais 15 mil pertenciam aos Caminhos de Ferro Portugueses e 20 mil eram de postes telefónicos para os Correios e Telecomunicações de Portugal e para os Telefones de Lisboa e Porto. Os restantes 45 mil metros cúbico eram de madeiras para agricultura e, numa pequena quantidade, de madeiras para construção, carpintaria e mobiliário. (REIMÃO e COCKCROFT, 1985)

Contudo, se atendermos, a que no período em apreço, o consumo de travessas para caminhos de ferro sofreu uma redução de 40 mil para 15 mil metros cúbicos, devido à opção feita do uso de travessas de betão nas vias eletrificadas, pode-se afirmar que para as outras utilizações o consumo de madeiras tratadas alcançou um desenvolvimento notável, principalmente no que respeita às madeiras para usos agrícolas. (REIMÃO, 1988)

Não pode, no entanto, esquecer-se, que esse volume de madeiras tratadas, representava apenas uma percentagem diminuta - cerca de 1,5% - do consumo anual de madeiras pelas indústrias florestais portuguesas, com exclusão da celulose. (REIMÃO, 1987)

Com o surgir da impregnação com vácuo, com produtos preservadores em solvente orgânico, foi também possível incluir nas grandes serrações, carpintarias e indústrias de casas prefabricadas, unidades de preservação de madeiras instaladas nas linhas de fabrico, com recurso ao produto preservador mais utilizado, para aplicação em autoclave, o *Tanalith E 8001*, da Arch Timber Protection. Este produto hidrossolúvel, contendo cobre, ácido bórico e triazóis (Tebuconazole), era utilizado por 15 das 23 empresas, seguido dos produtos da Koppers, Celcure C4 e Celcure VS725, preservadores do tipo ACQ (Compostos de amónio quaternário e cobre). (NUNES *et al.*, 2016)

Realça-se que atualmente a preservação de madeiras é direcionada, principalmente, para postes de vedação e telefónicos, e ainda, com uma crescente utilização no mercado da construção, uma vez que há uma procura crescente neste sector.

Para além da preservação industrial, também era praticada a proteção de madeiras por outros processos de tratamento, vulgarmente denominados superficiais ou semi-profundos - a pincelagem; a pulverização; a aspersão; a imersão rápida e a prolongada. (REIMÃO, 1988)

Na verdade, era bastante grande a quantidade de madeira tratada por pincelagem e por pulverização, o que no caso português, nem sempre significa um maior interesse pelos problemas da proteção. A sua utilização indiscriminada

em situações de grande risco, em que não se recomendaria a sua aplicação, mais não é/era do que uma maneira hábil de iludir o consumidor. (REIMÃO, 1988)

De facto, no País, quase sempre inconscientemente, quando se prescreve o tratamento preservador de madeira, aceita-se a utilização de processos superficiais de aplicação que, na maior parte das vezes, não satisfazem as exigências resultantes das situações de exposição. (REIMÃO, 1988)

Quanto aos tratamentos por aspersão em túnel, e por imersão, era ainda pequena a rede de unidades licenciadas. Pode dizer-se que estes processos de tratamento estavam longe de atingirem o desenvolvimento mínimo desejável. Só algumas das mais importantes indústrias, que preparam madeiras para construção, dispõem de equipamento adequado à realização deste tipo de proteção. (REIMÃO, 1988)

### **Nota Final**

Pelo exposto, há a necessidade de utilizar novos agentes de preservação, para que, através de uma modificação por impregnação (esta difere da impregnação química pelo facto de não ser a ligação química dos compostos estruturais da madeira que promovem as melhorias das propriedades, embora essa ligação possa ocorrer) baseada na introdução de um ou vários compostos químicos na parede das células que, ao reagirem, formam um composto que bloqueia o acesso aos grupos hidroxilo, diminuindo desta forma a higroscopicidade e melhorando as propriedades da madeira. (ESTEVES *et al.*, 2009)

### **BIBLIOGRAFIA**

- AHN, S.H., OH, S.C., CHOI, I., HAN, G., JEONG, H., KIM, K., YOON, Y., YANG, I., 2010. Environmentally friendly wood preservatives formulated with enzymatic- hydrolyzed pkara, copper and/or boron salts. *Journal of Hazardous Materials*, 178, pp. 604-611. ([www.elsevier.com/locate/jhazmat](http://www.elsevier.com/locate/jhazmat))
- CARVALHO, A, 1966. Impregnação de madeiras para construções rurais. *Estudos e Informação*, 227. Direcção Geral de Serviços Florestais e Aquícolas, Lisboa.
- CARVALHO, A., 1996. Madeiras Portuguesas - estrutura anatómica propriedades utilizações. *Instituto Florestal*. Lisboa.
- CASTANHEIRA, E., 1991. Manual de Construção do Navio de Madeira. *Dinalivro*, Lisboa.

- CONNELL, M., 1991. Industrial Wood Preservatives - The History, Development, Use, Advantages, and Future Trends. The Chemistry of Wood Preservation. *The Royal Society of Chemistry*. Cambridge, p. pg. 16 a 33.
- CRUZ, H. & NUNES, L., 2012. Madeira. Em: *Ciência e engenharia de materiais de construção*. IST press, Lisboa, pp. 631 - 661.
- DIRETIVA 98/8/CE, 1998. *Diretiva do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de Fevereiro de 1998 relativa à colocação de produtos biocidas no mercado*. Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia. Bruxelas.
- ESTEVES, B., PEREIRA, H., 2009. Novos Métodos de Protecção de Madeira. Comunicação, Tema 4, pp. 421-428. (<https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/1707/1/REP-H.Pereira-2.pdf>)
- HEATON, R. & HALE, M., 1993. Wood - decay, pests and protection. Chapman & Hall, London.
- HILL, C., 2006. *Wood Modification-Chemical, Thermal and Other Processes*. Wiley Series in Renewable Resources, John Wiley & Sons, Ltd. (cit. ESTEVES, 2009)
- LAVANHA, J. B., séc. XVII. *Livro Primeiro de Architectura Naval*. Academia de Marinha, Lisboa. (Citad. SANTOS, 2016)???????
- HIGHLEY, T.R., 1999. Biodeterioration of wood, *Wood handbook – Wood as an engineering material*. Chapter 13, pp1-16. (<https://www.logbuilding.org/FPLch13.pdf>)
- HUMAR, M., BUCAR, B., POHLEVEN, F., 2006. Brown-rot decay of cooper-impregnated wood. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 58, pp. 9-14.
- MONTAGNA, R.G., 2001. Preservação de Madeiras (Tópicos), *Série Informativa*, Instituto Florestal, São Paulo.
- MOUTINHO, D., 2007. *Edifícios de construção tradicional em madeira - o exemplo dos palheiros do litoral central português*. Prova final de Licenciatura em Arquitectura, FAUP, Porto.
- NUNES, L., 2007. Preservação de madeiras para construção - situação actual e perspectivas futuras. *LNEC.*, Lisboa.
- NUNES, L., CARMO, J., VICENTE, J. & ESTEVES, B., 2016. *State of the art of industrial wood protection in Portugal*. The International Research Group on Wood Protection. Estocolmo.
- OBANDA D.N., SHUPE T.F., BARNES H.M., 2008. Reducing leaching of boron-based wood preservatives - A review of research. *Bioresource Technology* 99: 7312-7322.

- PALANTI, S., SUSCO, D., 2004. A new wood preservative based on heated oil treatment coined with triazole developed for above-ground conditions, *International Biodeterioration & Biodegradation*, 54, pp 337-342.
- REIMÃO, D., COCKCROFT, R., 1985. Wood preservation in Portugal. *Information* 487, Styrelsen, För Teknisk Utveckling, Stockholm.
- REIMÃO, D., 1987. A protecção de madeiras em Portugal. Situação actual e bases para o seu desenvolvimento. *Boletim do Instituto dos Produtos Florestais – Madeira e Derivados*, 56, Lisboa, pp. 11-14.
- REIMÃO, D., 1988. *Absorção, Distribuição e Fixação de Produtos Preservadores Aquosos na Madeira. Estudo comparativo dos processos de impregnação por imersão a quente-frio e por vácuo-pressão*. Dissertação das provas de acesso a Investigador Auxiliar, INIA, Alcobaca.
- REGULAMENTO UE 528/2012, 2012. *Regulamento relativo à disponibilização no mercado e à utilização de produtos biocidas*. O Parlamento Europeu e o Conselho da União Europeia. Bruxelas.
- SANTOS, M. F. L., 2016. *Processos antigos de protecção da madeira*. Dissertação de Mestrado em Construção e Reabilitação, IST, Universidade Técnica de Lisboa.
- SEGURADO, J. E. d. S., 1936. *Materiais de Construção*. Livraria Bertrand ed., Biblioteca de Instrução Profissional, Lisboa.
- SILVA, J.P.A.G., 2008. Especificações de tratamentos de preservação para elementos de madeira. *Tese de Mestrado em Engenharia Civil, FEUP/OP*
- SOUZA, R.V., DEMENIGHI, A.L., 2017. Tratamentos preservantes naturais e madeiras de floresta plantada para a construção civil. *Mix Sustentável* 3(1)pp.84-92.
- UNGER, A., UNGER, W. & SCHMIEWIND, A., 2001. *Conservation of Wood Artifacts*. Springer. Berlin.
- WILKINSON, J. G., 1979. *Industrial Timber Preservation*. Associated Business Press, London.