

DEGRADAÇÃO E PROTEÇÃO SUPERFICIAL DA MADEIRA EM EXTERIOR

Artigo submetido em Novembro de 2012 e aceite em Março de 2013

J. A. Santos^{(1)(*)} e C. Duarte⁽¹⁾

Resumo

Neste artigo são descritas as técnicas antigas que permitiram conservar e preservar madeiras durante séculos e dá-se um panorama global sobre os novos conceitos de proteção e acabamento de madeiras. Mostram-se, com exemplos práticos, o comportamento a longo prazo de diferentes tipos de acabamentos, destacando as grandes diferenças do conceito entre vernizes com formação de película rígida, em comparação com os resultados de óleos secativos com pigmentos naturais.

Dá-se, no final, uma perspetiva dos desenvolvimentos altamente promissores para o futuro próximo, como são as proteções com pigmentos baseados na nano tecnologia e nos produtos à base de silanos e siloxanos, impregnados nas camadas superficiais, que potenciam uma propriedade altamente benéfica que é a repelência à água.

Palavras-chave: Madeira, Acabamentos, Proteção, Durabilidade, Degradação

DEGRADATION AND SURFACE PROTECTION OF WOOD EXPOSED OUTDOOR

Abstract

In this article are described the ancient techniques that allowed conservation and preservation of wood for centuries, and an overall view of the new concepts of protection and finishing of wood is presented. The long-term behavior of different types of finishes is shown with practical examples, emphasizing the great differences between the concept of varnish rigid forming film in comparison with the results of drying oils with natural pigments.

Finally, it is given a perspective of highly promising developments for the next future, such as protections of pigment-based on nano technology, or products based on siloxanes and silanes impregnated in the surface layers, which enhance water repellency, a property highly beneficial to long term behavior of the finishing.

Keywords: Wood, Finishing, Protection, Durability, Degradation

[VOLTAR AO INÍCIO](#)

1. INTRODUÇÃO

A madeira é um material de elevada eficácia do ponto de vista estrutural, mas também o seu valor estético é de uma importância fundamental para as suas aplicações mais nobres. No entanto, pela sua própria natureza, o valor decorativo da madeira é o que mais depressa se altera ao longo de tempo, muito antes de outras formas de degradação comprometerem o comportamento estrutural. Surge assim a imperiosa necessidade de fazer proteção das superfícies, tanto contra a simples sujidade, mas sobretudo contra as alterações devidas a reações químicas dos seus elementos constituintes, em particular por efeito da radiação ultravioleta (UV) e de oxidações, além da degradação biológica, que é em grande parte também controlada com as mesmas soluções de proteção contra os agentes químicos e físicos.

Desde tempos antigos que se desenvolveram conceitos e soluções relativamente eficazes de tratamento superficial e proteção da madeira, mas as novas tecnologias químicas de meados do século XX permitiram a disponibilidade de um vasto leque de opções, com resultados muito diferenciados a nível de eficácia a médio e longo prazo. Estas dúvidas têm colocado os utilizadores e mesmo os técnicos, em grande indecisão quanto à eficácia de cada um dos muitos produtos e tratamentos disponíveis.

É bem conhecido o efeito da degradação da madeira quando exposta ao meio exterior – perda da coloração natural e fissuração, o que mesmo as tecnologias mais avançadas ainda não conseguem evitar por longos períodos de tempo. A proteção das superfícies de madeira continua portanto nas prioridades de estudo e investigação aplicada, tendo em conta o incalculável impacte económico a que está associado [1-3].

2. ACABAMENTO SUPERFICIAL

Os acabamentos em madeira, nomeadamente o envernizamento, a pintura, a lacagem e a proteção com velaturas são operações indispensáveis para conferir a uma obra de madeira o seu bom aspeto final, proteção contra a degradação pelos agentes atmosféricos, contra a humidade, degradação biológica por insetos ou fungos, ou muito simplesmente contra a sujidade.

3. MODELO DE DEGRADAÇÃO

Embora não se tenha chegado ainda a soluções completamente satisfatórias começam a perceber-se cada vez melhor as causas que contribuem para a degradação superficial da madeira natural exposta à radiação solar e à chuva.

Do ponto de vista químico, a madeira é um complexo polimérico composto por estruturas de polissacáridos, essencialmente celulose, hemicelulose e lenhina. A celulose é um polímero longo e linear constituído por monómeros de D-glucose ligados entre si por ligações glicosídicas na forma β entre os carbonos 1 e 4 [4]. A hemicelulose são polissacáridos constituídos por D-glucose, D-manose, D-galactose, D-xilose, D-arabinose e ácido D-glucosónico [4]. As hemiceluloses não têm todas a mesma constituição química, dependendo da sua origem [5].

A lenhina é uma estrutura polimérica entrecruzada que se considera constituída por unidades de fenilpropano [6]. A lenhina contém grupos cromóforos com anéis aromáticos conjugados e grupos carbonilo [7]. A interação destes grupos com a radiação UV e visível na presença de oxigénio é a principal causa da foto oxidação da madeira, enquanto que a contribuição da celulose e da hemicelulose é mínima [7].

A foto oxidação da lenhina é um processo de sucessivas modificações químicas com quebra de ligações e perda de hidrogénio, do que resulta a formação de radicais, formação de peróxidos com oxigénio e finalmente a sua decomposição com produção de sub-produtos coloridos [7]. Estas modificações originadas à superfície provocam alterações de propriedades físicas e mecânicas da estrutura da madeira, aumentando a sua sensibilidade à água seguida de hidrólise, deslavagem e fissuração da camada superficial [7].

Da radiação UV emitida pelo Sol, os de maior penetração são os de comprimento de onda mais elevado a que se dá o nome de UV-A. É esta radiação que provoca a alteração das propriedades químicas da lenhina, destruindo pouco a pouco a cadeia polimérica, e permitindo o seu arrastamento (ou solubilidade) pela água. A radiação UV-A é a mais penetrante, passando pela atmosfera, pelas nuvens e ainda pelo vidro, Figura 1.

⁽¹⁾LNEG, I. P., Laboratório de Materiais e Revestimentos (LMR), Estrada do Paço do Lumiar, 22, Edifício E, R/C, 1649-038 Lisboa

^(*) A quem a correspondência deve ser dirigida, e-mail: josé.santos@lneg.pt

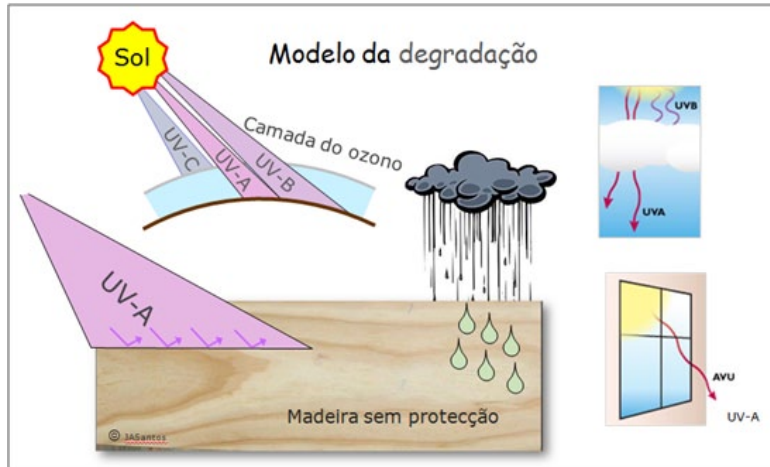


Fig. 1 - Modelo das causas de degradação da madeira.

Após o tempo suficiente para alteração da estrutura da lenhina, o efeito direto da água, através da chuva ou outra forma de esta atingir a madeira, dá-se pouco a pouco a remoção da lenhina. Com o arrastamento da lenhina ficam as fibras de celulose mais ou menos descoladas umas das outras, perdendo propriedades de resistência. Um efeito bem visível desde as primeiras fases é a alteração de cor natural da madeira para os tons de cinzento, Figura 2. No clima com elevada radiação solar, como acontece em Portugal, climas mediterrânicos e tropicais, o efeito da descoloração para o cinzento é muito rápido, começando ao fim de seis meses se estiverem reunidas as contribuições de radiação e água na sequência ideal (primeiro radiação e depois água).



Fig. 2 - Perda de cor natural da madeira ao fim de um ano no exterior descoberto.

No caso de madeiras pintadas com produtos que fazem uma película impermeável sobre a superfície, a cor da madeira fica razoavelmente preservada mesmo que a radiação ultravioleta UV-A consiga penetrar através do filme transparente, porque não se dá a foto-oxidação da lenhina e o consequente arrastamento, por efeito da água, dos compostos produzidos durante as reações de oxidação da lenhina [8]. No entanto, o próprio material da película protetora acaba por se degradar por efeito também da radiação solar, perdendo elasticidade e tornando-se quebradiço. A entrada de água por fissuras no filme de revestimento superficial tem de imediato dois efeitos destruidores, um é o arrastamento da lenhina e outro é o desenvolvimento de fungos por baixo do revestimento. Na Figura 3 mostra-se o efeito de degradação do aspeto de um acabamento com película ao fim de pouco mais de um ano de exposição ao exterior descoberto.



Fig. 3 - Degradação da superfície com um revestimento de película transparente.

3.1 O efeito da água

O efeito da água já foi abordado na seção anterior, nomeadamente na sua contribuição para a perda de cor natural da madeira quando exposta ao exterior. Os modelos de degradação são muito difíceis de definir devido à dependência de variáveis não controláveis, como sejam a regularidade e intensidade da radiação incidente, a quantidade e o momento de contato com a água, e ainda propriedades próprias de cada espécie de madeira e da própria madeira (densidade, cerne e borne, orientação do corte, etc.). Quando se analisa o conjunto com a aplicação de um produto de acabamento temos ainda as propriedades deste, e a forma como foi aplicado, a espessura da película, etc.

No caso representado na Figura 4 pode fazer-se uma observação em que um grande número de variáveis não controladas teve um

efeito perfeitamente coincidente. Toda a porta é feita da mesma espécie de madeira, a composição do produto de acabamento e a técnica de aplicação, espessura da película, são perfeitamente iguais em toda a superfície. Também as condições de exposição à radiação são muito semelhantes em toda a altura (uma ligeira proteção por ensombramento só se terá feito sentir no extremo superior).



Fig. 4 - Efeito da degradação de uma porta de madeira pintada, em função da agressividade da exposição.

Então, a grande diferença de comportamento final fica dependente de uma única variável que é a exposição à água. Supondo que a maior intensidade e frequência de contacto com água provém da chuva caída na direção vertical, a parte inferior da porta foi muito mais vezes molhada do que o meio e a parte superior. Como resultado final a parte superior da porta encontra-se em muito melhor estado de conservação, Figura 5, do que a parte inferior da mesma porta, Figura 6.



Fig. 5 - Detalhe da menor degradação da parte superior da porta pintada.

A Figura 6 mostra que o contacto mais frequente com a água, tanto por efeito direto da chuva caída com uma ligeira inclinação relativamente à vertical, como dos pingos de salpico com arrastamento de sujidade, conduz a uma grande destruição do acabamento e em consequência um estado muito acentuado de degradação da própria madeira (podridão).



Fig. 6 - Detalhe da maior degradação da parte inferior de uma porta pintada.

Em muitos casos de aplicações da madeira em construção civil, nomeadamente em janelas e guarnições de janelas, Figura 7, embora não estando sujeitas a exposição direta ao exterior sofrem a influência da radiação solar. Quanto ao contacto com água, este pode ocorrer da forma mais insuspeita como as condensações das superfícies frias, como do pingar de água residual nos momentos de abertura, como é mostrado na Figura 7. O resultado final é o mesmo da madeira exposta ao exterior, como seja, a fissuração superficial, a perda da película protetora e alteração de coloração para o cinzento.

Fig. 7 - Efeitos da água num parapeito interior da janela de uma habitação.



O efeito da água na madeira é bastante desfavorável a nível da sua durabilidade natural. A madeira seca pode durar séculos, mesmo sem qualquer proteção superficial ou impregnação com outros produtos. Também a madeira em contacto permanente com água sem a presença de oxigénio tem uma durabilidade natural muito elevada, por motivo da maior ameaça à durabilidade da madeira ser o desenvolvimento de fungos aeróbios. Estes micro-organismos alimentam-se da madeira através de transformações biológicas e da produção de enzimas que ajudam a digerir a celulose e a lenhina. O ambiente mais favorável ao desenvolvimento dos fungos destruidores da madeira é a humidade elevada com alguma disponibilidade de oxigénio. É exatamente a condição que acontece numa peça de madeira em contacto com o solo, na zona de transição entre a parte



Fig. 8 - Efeito da degradação biológica (podridão) num pilar de madeira enterrado no chão.

profundamente enterrada e a zona aérea. Veja-se como exemplo a representação da Figura 8, em que um pilar de uma construção em madeira se encontra em elevado grau de ataque de podridão na zona próxima do nível do solo.

Em situações como a descrita anteriormente, mais importante do que a aplicação de soluções de acabamento, por mais eficazes que sejam, será a impregnação profunda e o afastamento da fonte de humidade por meio de soluções técnicas como as exemplificadas na Figura 9. Outras soluções passam por barreiras arquitetónicas, tais como telheiros e ensombreadores.



Fig. 9 - Soluções técnicas para afastar a madeira de fontes de humidade.

3.2 O efeito da radiação solar

A radiação solar, em particular as radiações dos comprimentos de onda correspondentes à radiação UV-A, provocam a foto-oxidação da lenhina da madeira [8] à superfície das peças onde a radiação incide. Por este motivo a alteração acaba por ter o seu principal efeito visível limitado a uma camada fina superficial que acaba por vir a proteger as camadas inferiores dos efeitos dessa mesma radiação. Por este motivo, se a madeira não for atacada por fungos, o simples efeito da alteração de cor não diminui grandemente o tempo de duração em boas condições de desempenho estrutural. Para provar o que foi dito veja-se a Figura 10, onde é visível a superfície de uma peça de carvalho sem qualquer acabamento superficial exposta ao exterior durante três anos. Após um aplainamento inclinado permite a observação da qualidade da madeira desde a superfície (canto direito) até uma profundidade de cerca de 3 mm (canto inferior esquerdo).



Fig. 10 - Aparência visual e estado de conservação de uma peça de carvalho a diferentes níveis de afastamento da superfície exposta ao exterior.

3.3 Os efeitos biológicos dependentes da própria estrutura da madeira Como foi dito anteriormente as variáveis que contribuem para a maior ou menor degradação da madeira são a própria estrutura e composição da madeira e a humidade.

Quanto aos fungos, necessitam de humidade e algum arejamento, sendo uma das condições mais desfavoráveis, o contacto com água parada alternado com um ligeiro arejamento. É o que acontece em caves, no fundo de embarcações, em peças semienterradas, etc.

No exemplo da Figura 11 temos o que resta de uma travessa de madeira de pinheiro que serviu de suporte durante alguns anos na base de uma construção, numa localização relativamente superficial em contacto com o solo. A madeira do borne está completamente degradada, mas a camada interior correspondente ao cerne está em perfeitas condições. Neste caso a variável que contribuiu para o bom estado da madeira foi a composição química da madeira da zona interior (cerne), onde substâncias acumuladas ricas em extrativos voláteis tóxicos para os micro-organismos impediram a sua sobrevivência.



Fig. 11 - Ataque de podridão na zona mais suscetível da madeira - o borne.

Para finalizar esta abordagem da degradação da madeira por efeito biológico, falta referir os ataques por insetos e por larvas de insetos. Muitas espécies de madeira são suscetíveis ao ataque de insetos que nalguma fase do seu ciclo de vida podem alimentar-se ou permanecer no interior da madeira. As térmitas são insetos sociais (vivem em grandes colónias), alimentam-se da celulose da madeira abrindo galerias de circulação no interior da mesma, afastados das superfícies como forma de evitar a luz. A proteção superficial dificilmente pode impedir a entrada na madeira destes animais se as outras condições favoráveis estiverem presentes (espécie suscetível, acesso a alguma fonte de humidade, abrigo da luz).

Quanto aos insetos larvares, o seu ciclo de vida passa pela deposição de ovos numa abertura da madeira, seguindo-se o desenvolvimento de larvas que se alimentam da madeira, circulando no seu interior por meio de galerias, Figura 12 (a). A passagem de larva a adulto faz-se perto da superfície da madeira e o furo que se observa habitualmente corresponde ao local de saída de um novo inseto, Figura 12 (b).

Os insetos na fase adulta acasalam fora da madeira e as fêmeas voltam a depositar ovos na superfície da madeira, normalmente em pequenas fendas ou cavidades naturais. Assim sendo, se a superfície

da madeira estiver protegida com uma película contínua resistente, ou se na camada superficial tiver havido uma impregnação de um produto repelente ou tóxico para o inseto ou larva, o ciclo de vida é interrompido.

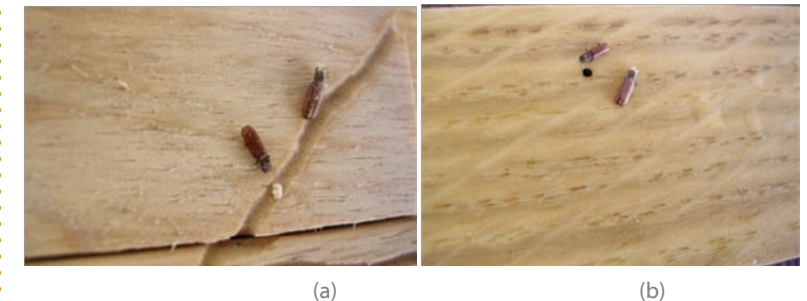


Fig. 12 - Exemplo de insetos que atacam a madeira na sua fase larvar; (a) Galerias abertas pelas larvas; (b) Insetos adultos junto da sua perfuração de saída da madeira.

4. PROTEÇÃO SUPERFICIAL

A proteção superficial da madeira tem muitas vantagens por melhorar o desempenho em condições adversas à sua conservação natural, para além das razões de ordem estética. Tal como abordado anteriormente a proteção com acabamentos permite à madeira impedir a entrada de água ou humidade, impede ainda a deposição de agentes destruidores tais como fungos e insetos, facilita a limpeza das superfícies, e ainda pode modificar as propriedades da superfície no sentido de aumentar a dureza superficial ou a resistência ao desgaste.

O grande problema a resolver está na escolha das soluções e produtos a aplicar como acabamento superficial. Não há uma solução ótima única, mas pelo contrário, cada situação ambiental particular, cada espécie de madeira, cada produto de utilização final, exigem diferentes abordagens. Um exemplo simples, o casco exterior de uma pequena embarcação em madeira, Figura 13, tem uma exigência de proteção contra a entrada de água, resistência ao desgaste para o seu arrastamento no fundo e capacidade de impedir o ataque ou aderência de organismos marinhos.



Fig. 13 - Necessidade de proteção do fundo e costado inferior de uma pequena embarcação.

O interior da mesma embarcação tem exigências diferentes, como sejam a resistência à degradação pela radiação solar e uma superfície polida para facilidade de limpeza, Figura 14.

Neste exemplo, assim como em muitos outros casos as escolhas das soluções podem ter aspetos contraditórios.



Fig. 14 - Necessidade de proteção das superfícies expostas de uma pequena embarcação.

Para obras e objetos que tenham contacto simultâneo com diferentes classes de risco não é de excluir aplicar soluções de acabamento diferentes em diferentes partes do mesmo objeto. De certo modo isto já acontece em postes, pilares de estruturas, embarcações, etc., devendo ser tomadas como opção otimizada e não como solução de recurso.

4.1 Soluções tradicionais

A utilização da madeira em exterior sem qualquer proteção de acabamento foi ao longo de muito tempo solução aceite no que diz respeito à conservação natural da madeira. O aspeto inicial das superfícies era rapidamente alterado (descoloração para o cinzento), mas desde que a espécie tivesse uma boa durabilidade natural aos fungos e insetos a obra poderia manter-se durante muitas dezenas de anos sem necessidade de qualquer manutenção. Assim acontece ainda com coberturas de telha em cedro do Canadá, em mobiliário de jardim, feitos em madeira de cerne de espécies duráveis de carvalhos e espécies tropicais. Como exemplo, existem na Ilha Terceira, nos Açores, paredes exteriores e coberturas de abrigos militares construídos em meados do século passado em madeira de *Criptomeria japonica*, que se mantiveram com boa capacidade de serviço durante mais de cinquenta anos, com uma coloração estabilizada de cinzento prateado.

Há diferentes óleos com boas propriedades para a preparação de tintas. São óleos com propriedades de secagem lenta, os chamados óleos secativos [9 -10]. Destes óleos o mais conhecido e mais usado na pintura industrial é o óleo de linhaça, outros são usados em tintas artísticas especiais.

Para contribuir para um melhor aspeto estético e também melhorar o desempenho de espécies de madeira menos duráveis utilizaram-se no passado óleos secativos com pigmentos. Por motivo de incapacidade de boa resposta por parte de produtos mais modernos, continuam a usar-se, com satisfatório desempenho, soluções de acabamento tradicional como mostrado na Figura 15, para obras de carácter rústico.

Após três anos de exposição às condições mais adversas em exterior a madeira do portão mostrado na Figura 15 ainda se encontra em boas condições de conservação no que diz respeito à durabilidade, apenas se começa a notar o início de fissuração e desenvolvimento de fungos de alteração de cor, Figura 16.



Fig. 15 - Portão de quintal em madeira de pinheiro bravo e com acabamento à base de óleo pigmentado.



Fig. 16 - Estado do acabamento com óleo pigmentado ao fim de três anos de exposição ao sol e à chuva.

Neste tipo de acabamento, após três anos de exposição ao exterior com uma madeira suscetível, a integridade estrutural desta peça de madeira está perfeitamente conservada, por motivo da madeira conseguir manter-se a maior parte do tempo num valor de teor de água suficientemente baixo (inferior ao limite em que se dá o desenvolvimento dos fungos do apodrecimento).

Sendo necessário uma manutenção esta far-se-ia de forma muito simples e económica. Bastava escovar a superfície de toda a sujidade. Depois passar uma lixa fina para alisar as fibras superficiais e logo de seguida podia fazer-se uma aplicação de óleo pigmentado, não sendo necessário uma raspagem nem lixagem até atingir madeira completamente limpa.

4.2 Soluções com impermeabilização da camada superficial

A experiência tem demonstrado que, nos acabamentos da madeira para exterior com recurso a produtos que formam uma película espessa impermeável à água e à humidade, os resultados são muito bons nos primeiros tempos, dependendo muito da espessura da camada protetora. Na Figura 17 mostra-se o resultado da exposição de um verniz poliuretano de dois componentes para utilização interior em soalhos, aplicado por pincelagem em diferente número de demãos sobre madeira de carvalho. Após três anos de exposição ao exterior a diferença de aderência entre a zona com apenas uma demão (lado esquerdo da amostra) é muito diferente da zona com aplicação de duas demãos (lado direito da amostra).

Este mesmo resultado foi obtido em muitos outros ensaios e constatações de aplicações reais em obra. Os acabamentos impermeáveis com espessura de película suficiente duram bastante tempo com um aspeto decorativo muito bom, até ao momento em que se começa a deteriorar a película de acabamento (perda de elasticidade e maior fragilidade). Deve ter-se em conta que a madeira, embora não tenha significativo movimento por dilatação térmica é muito sensível às variações de humidade ambiente e mesmo com proteção superficial é inevitável um razoável movimento de inchamento e retração ao longo da variação anual de condições exteriores.

O não acompanhamento dos movimentos internos da madeira pela camada protetora superficial é o fator decisivo para a destruição rápida da eficácia do acabamento com película. Após a primeira quebra de continuidade a água começa a entrar para a madeira e em poucos meses toda a superfície está quase totalmente degradada. Portanto, a proteção com acabamentos formando película superficial rígida e impermeável à água não é a melhor solução para a exposição ao exterior por longos períodos de tempo.



Fig. 17 - Amostra de madeira de carvalho com aplicação de verniz poliuretano em uma demão (lado esquerdo) e duas demãos (lado direito), após três anos de exposição ao exterior.

Adicionalmente, tem ainda de se considerar a extrema dificuldade em recuperar um acabamento deste tipo para uma solução igual. Em qualquer altura em que se pretenda fazer a manutenção / recuperação do acabamento, terá de se remover todo o verniz aplicado até a madeira ficar completamente limpa (remover até 0,5 mm da própria madeira), para só depois se poderem aplicar novas camadas do verniz de acabamento.

O que foi dito para os vernizes é igualmente válido para pinturas opacas. Na Figura 18 mostra-se o resultado de longa exposição ao exterior (5 anos), de superfícies de topo de perfis colados, com aplicações de verniz poliuretano para utilização em exterior, em diferentes demãos aplicadas por pincelagem, e pintura castanha de base aquosa também para exterior. De realçar que as superfícies de topo, em que a madeira tem a orientação das fibras perpendicular ao plano da superfície, ficam muito mais susceptíveis à degradação do que as superfícies longitudinais. No lado esquerdo da figura encontram-se as aplicações de verniz poliuretano transparente com uma demão e com três demãos. As de maior número de demãos

demoraram muito mais tempo a degradar-se, mas ao final de 5 anos o resultado revelou-se igual. Do lado direito da Figura 18 encontram-se as amostras pintadas com duas demãos de verniz acrílico de base aquosa com pigmento castanho aplicado por pincelagem. O resultado final foi ligeiramente melhor, demonstrando maior poder de cobertura, filtragem de radiação e elasticidade, mas a madeira no interior revela, tal como para as outras amostras, um grau de destruição irreversível (fendas grandes e podridão).

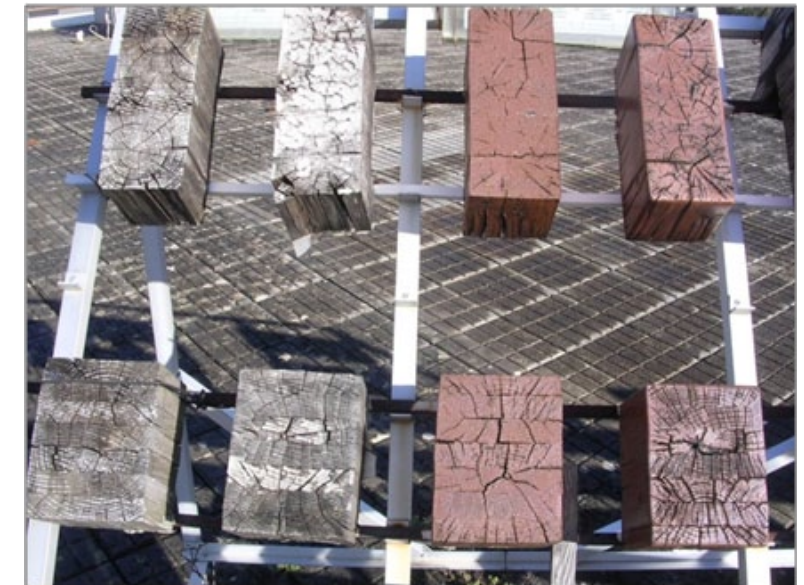


Fig. 18 - Degradação de topos de perfis estruturais com acabamentos industriais, ao final de 5 anos de exposição em exterior.

4.3 Novas soluções de compromisso entre a qualidade e o custo da solução de acabamento

Estão em curso pelos autores estudos de novas soluções de acabamento com base em compostos de silicone com adição de pigmentos coloridos, Figura 19 (resultados não publicados). A aplicação com espátula destas formulações de pasta de silicone (à base de dimetilsiloxano e sílica), formando uma fina camada superficial, revelou-se um pouco difícil, mas o acabamento revelou uma excelente

repelência inicial à água. No entanto, após um ano de exposição havia aberturas na continuidade do acabamento, o que constitui também uma condenação quanto à eficácia a longo tempo.



Fig. 19 - Estudo de cores com óleos pigmentados.

Nas amostras de ensaio, Figura 20, foram ensaiadas novas formulações de acabamentos com pigmentos minerais e com óxidos metálicos de ferro como filtros UV-A adicionais, e com catalisadores da secagem/polimerização rápida do acabamento (secante tri-metálico).

As nano partículas de alguns óxidos metálicos são conhecidas por ter efeito absorvedor da radiação UV [11]. Neste estudo, ensaios feitos numa madeira de cor clara com um acabamento contendo nano partículas de óxido de zinco (ZnO), revelaram uma diminuição do amarelecimento após exposição à luz UV.

Em estudos realizados pelos autores com um acabamento aplicado em pasta feito com óleo de linhaça e pigmentos de óxidos de ferro revelaram também um bom efeito filtrante da radiação UV, o que foi verificado não pela alteração da cor natural da madeira, pois o pigmento é fortemente colorido, mas pela boa aparência da superfície.



Fig. 20 - Solução cores com diferentes níveis de filtragem de radiação UV-A e aditivos para melhorar os tempos de secagem.

Um dos inconvenientes das soluções de acabamento com óleos é o seu elevado tempo de secagem e o cheiro desagradável, pelo que se encontram em ensaio amostras com vista à resolução destes problemas nomeadamente através da adição de secantes e óleos essenciais e extratos de plantas aromáticas.

4.4 O futuro das soluções e acabamento

No futuro, as soluções de acabamento terão de potenciar as formulações com penetração na camada superficial da madeira e alteração das suas propriedades superficiais, adicionando filtros de radiação eficazes e algum componente que adicione propriedades hidrorrepelentes de longa duração. Desta forma conseguir-se-ia evitar a alteração de propriedades da madeira, manter a madeira sempre seca, diminuindo os movimentos da superfície. Com a repelência à água conseguir-se-ia não só evitar aderência de sujidade e contaminantes químicos, como evitaria o desenvolvimento de microrganismos que necessitam de pequenas bolsas de humidade para se desenvolverem. Este efeito consegue-se durante alguns meses com uma adequada preparação das superfícies e aplicações

de pigmentos de granulometria muito fina. O efeito de repelência à água pode ser conseguido por via química ou por via física. Certos valores de rugosidade das superfícies entram em conflito com a tensão superficial da água, não permitindo a formação e aderência de microgotas, Figura 21.



Fig. 21 - Solução de proteção com repelentes à água.

A repelência à água pode ser obtida por efeito físico [12 - 13]. Alterações da rugosidade das superfícies à escala nano alteram também muitas propriedades de superfície, nomeadamente a repelência à água, o que é conhecido em terminologia inglesa pelo termo "lotus effect" [14]. Esta designação prende-se com o efeito natural da folha de uma planta aquática "lotus" que tem uma completa repelência às gotas de água.

As propriedades de repelência à água são observadas nos fenómenos da natureza [15], mas só muito recentemente estudadas e explicadas, sendo ainda muito fraca a oferta de produtos comerciais que desenvolvam esta propriedade das superfícies para objetivos práticos na proteção de materiais.

5. MODELOS DE MANUTENÇÃO DE ACABAMENTOS

Quando um acabamento perde a sua função protetora da madeira, ou deixa de desempenhar a função decorativa desejada, há necessidade de proceder a repinturas, reparações ou manutenções.

Os autores estão a desenvolver um modelo que permita avaliar a relação entre a duração de vida de um acabamento e a intensidade e custos das operações de manutenção e renovação, de modo a permitir tomar as opções de melhor equilíbrio entre diferentes interesses contraditórios.

No modelo proposto na Figura 22, relativo a um acabamento com película, a degradação em fim de ciclo é quase total, ou seja, não é possível reaproveitar nada do produto inicial. A solução é a completa remoção dos restos degradados do acabamento inicial e proceder tal como tinha sido feito na aplicação nova. Os custos são ainda mais elevados do que na primeira aplicação, tendo em conta a dificuldade de remoção dos restos do produto inicial até algumas décimas de milímetro do material de base.

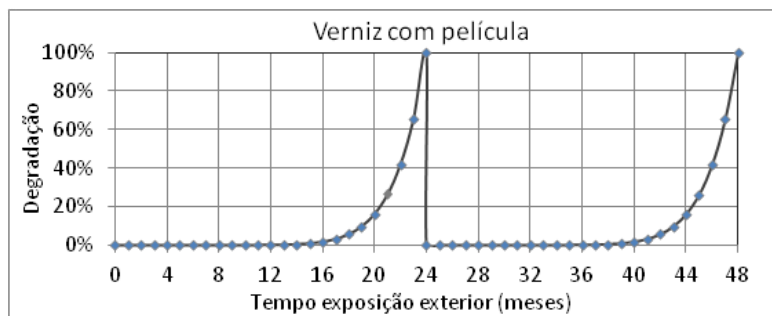


Fig. 22 - Modelo de degradação e recuperação do acabamento.

Na Figura 23 mostra-se a degradação do acabamento até à sua fase de reparação/manutenção, relativamente a um produto que se destaque fácil e naturalmente (farinação do acabamento), mas não formando uma película contínua, ou como acontece também com os óleos pigmentados impregnados na camada superficial. Uma vez que se espera que exista ainda alguma cor e restos do óleo de acabamento que ficaram impregnados na madeira, basta fazer uma limpeza da sujidade superficial e aplicar uma nova demão, à semelhança da aplicação inicial. Os custos desta reparação/manutenção são

relativamente reduzidos e não necessitam de equipamentos, nem técnicas, nem de conhecimentos muito especializados.

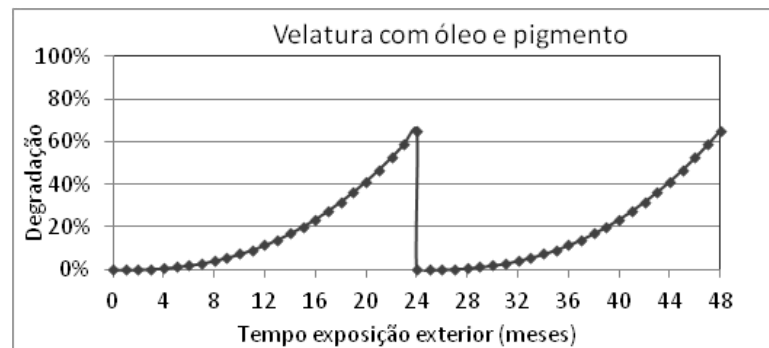


Fig. 23 - Modelo de degradação e recuperação do acabamento.

A melhoria da eficiência desta família de acabamentos consiste no aumento do intervalo de manutenções ou na menor degradação relativa se compararmos no mesmo prazo de manutenção, Figura 24.

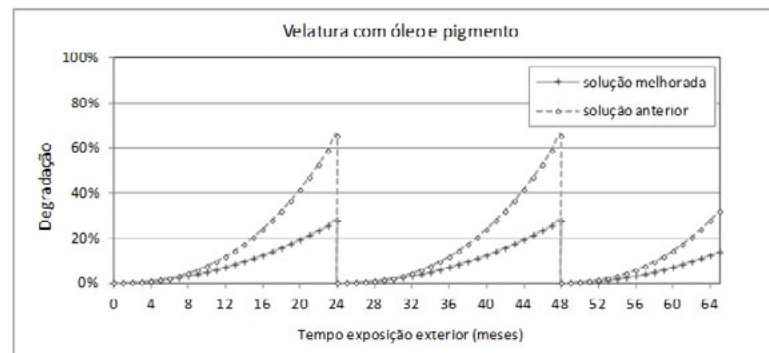


Fig. 24 - Modelo de melhoria de eficiência do acabamento.

A abordagem baseada em soluções de alta tecnologia, vernizes de solventes e polímeros cada vez mais duráveis e resistentes, tem também mostrado melhorias, mas com custos desproporcionados, e em todo o caso, nunca conseguindo evitar a fase final de degradação catastrófica e com elevadíssimos custos de reparação. Este

comportamento corresponde ao que se encontra representado na Figura 25. A busca de aumento de eficiência tem-se feito tentando aumentar o tempo de intervalo entre operações (linha quebrada aos 36 meses). Mas acontece que os produtos mais resistentes e de elevada aderência tornam-se extremamente difíceis de remover no fim de ciclo. Os custos desta renovação são elevados.

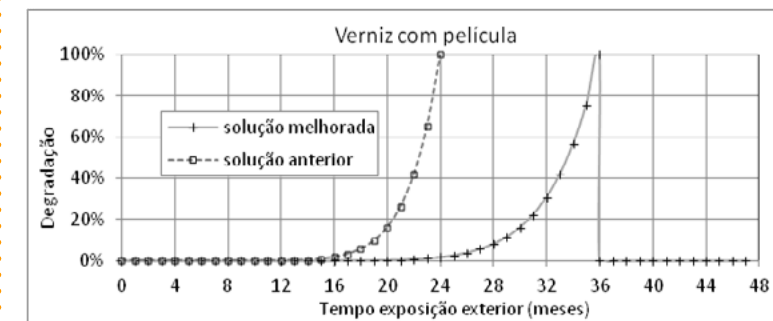


Fig. 25 - Modelo de degradação e recuperação do acabamento de elevada eficiência inicial.

6. CONCLUSÕES

Tendo em conta que uma solução com aspeto final brilhante ou mate, película impermeável e de duração ilimitada ainda não existe (nem sequer é uma opção de preço), então têm de ser ponderadas comparativamente as soluções tecnologicamente possíveis.

A avaliação de um produto de acabamento tem de ter em conta não só a perfeição e o aspeto estético do produto quando aplicado recentemente, mas também ter conhecimento do comportamento a longo prazo. Por outras palavras, na aquisição de uma nova solução de acabamento e proteção de madeira não se devia apenas mostrar o aspeto após a aplicação inicial. Seria essencial e absolutamente esclarecedor ser mostrado, juntamente com a amostra do produto quando aplicado, também uma amostra com o aspeto após vários anos de exposição às condições expetáveis de utilização. Este mesmo princípio devia ser seguido para outras soluções de acabamento e proteção.

Sabe-se que nenhum acabamento tem um tempo de vida ilimitado, portanto, se o substrato a proteger tiver um tempo de vida maior do que a duração do acabamento, então é necessário fazer renovações

periódicas do acabamento. Neste caso, têm de ser ponderadas a duas possibilidades de intervenção, ou seja, se vale mais a pena ter um produto de longa duração entre manutenções/renovações, mas cuja renovação implica intervenção profunda e de elevado custo, ou se é mais económico usar acabamentos, que, embora de menor duração, tenham uma maior facilidade e menor custo de renovação.

Para madeiras e produtos derivados, as soluções do segundo tipo, ou seja, com impregnação superficial de óleos secativos com pigmentos e repelência à água, estão a revelar-se mais vantajosas. Embora o aspeto inicial não seja tão perfeito ao nível de “lisura” e as superfícies não fiquem com brilho nem facilidade de lavagem, as vantagens de elevada durabilidade, associada a uma manutenção/renovação mais económica, fazem com que seja melhor solução para grandes superfícies, revestimentos de paredes, vedações, mobiliário de exterior, estruturas decorativas (pérgulas, etc.), relativamente aos acabamentos com películas lisas, duras e impermeáveis.

REFERÊNCIAS

- [1] F. Graziola, F. Girardi, R. Di Maggio *et al.*, *Prog. Org. Coat.*, 74, 479 (2012).
- [2] D. Kocaeve and S. Saha, *Appl. Surf. Sci.*, 258, 5283 (2012).
- [3] D. Panov and N. Terziev, *Int. Biodeter. Biodegr.*, 63, 456 (2009).
- [4] H. Pereira (Celulose e Hemicelulose da Madeira), Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa (1982).
- [5] A. Carvalho (Madeiras Portuguesas - Estrutura Anatómica, Propriedades, Utilizações), Vol. I, Instituto Florestal, Lisboa (1996).
- [6] D. Fengel and G. Wegener (Wood Chemistry, Ultrastructure, Reactions), (Walter de Gruyter ed.), Berlin (1984).
- [7] C. Schaller and D. Rogez, *J. Coat. Technol. Res.*, 4(4), 401 (2007).
- [8] B. George, E. Suttie, A. Merlin *et al.*, *Polym. Degrad. Stabil.*, 88, 268 (2005).
- [9] R. J. Gettens and G. L. Stout (Art Instruction. Drying Oils), Dover Publications, Inc., New York (1996).
- [10] N. Matsukawa (Drying Oils and Mediums), (Norihiko Matsukawa ed.), (1999-2002).
- [11] J. Salla, K. Pandey and K. Srinivas, *Polym. Degrad. Stabil.*, 97, 592 (2012).
- [12] C. T. Hsieh, B. S. Chang and J. J. Lin, *Appl. Surf. Sci.*, 257, 7997 (2011).
- [13] A. V. Eckewed, W. Homann and H. Miltz (Water Repellency of Some Natural Oils in Wood Preservation), Cost Action E 22, Germany (2001).
- [14] J. Nye, Lotus Leaf Effect: Part 1: In Nature; Part 2: In Technology. Lake Mills Area Schools, Institute for Chemical Education and Nanoscale Science and Engineering Center, University of Wisconsin-Madison in <http://www.nisenet.org/catalog/programs/lotus-leaf-effect> (2012) (acesso em 15/03/2013).
- [15] B. Poole, Biomimetics: Borrowing from Biology. University of Bristol in <http://www.thenakedscientists.com/HTML/articles/article/biomimeticsborrowingfrombiology/> (2012) (acesso em 15/03/2013).