

# CONSERVAÇÃO DAS ESTRUTURAS EM MADEIRA DE UM NAVIO DO SÉCULO XV ESCAVADO NA RIA DE AVEIRO

## RESULTADOS PRELIMINARES

JOÃO COELHO, PEDRO GONÇALVES e FRANCISCO ALVES Divisão de Arqueologia Náutica e Subaquática, Instituto de Gestão do Património Arquitectónico e Arqueológico, I.P.<sup>1</sup>

**RESUMO** Os objectos arqueológicos provenientes de meios aquáticos estão inevitavelmente sujeitos a fenómenos de degradação, sendo particularmente susceptíveis às alterações de meio ambiente, transitando de um ambiente “molhado”, muitas vezes anaeróbio, para um ambiente seco e oxigenado. Quando se recolhe e traz para a superfície um artefacto, após um longo período de imersão, sem quaisquer medidas de conservação, ocorrem alterações irreversíveis ao nível da sua estrutura física e composição química, que se traduzem na maioria dos casos na perda de informação e, muitas vezes, na perda do próprio artefacto. Perante tais evidências, torna-se imprescindível, durante qualquer tipo de trabalho arqueológico, garantir os meios necessários ao posterior tratamento<sup>2</sup> dos artefactos recolhidos.

No que se refere às madeiras arqueológicas provenientes de meios aquáticos, durante o período de imersão, os seus componentes estruturais são destruídos pela acção de microrganismos e, simultaneamente, por reacções químicas com o meio, resultando no seu interior espaços vazios que são ocupados pela água. É por esta razão que as madeiras degradadas mantêm o volume e a forma original, desde que se conservem encharcadas. Se forem expostas ao ar, sem qualquer tipo de tratamento, ocorre uma secagem directa, que resulta na alteração dimensional da sua estrutura e, consecutivamente, na sua deformação e fendilhamento superficial.

De modo a que os artefactos arqueológicos em madeira se conservem com as suas características originais, no que diz respeito à forma e volume, é necessário garantir um processo de tratamento que permita retirar a água do seu interior, sem afectar a sua estrutura. Tais são os pressupostos dos trabalhos de conservação do navio do século XV proveniente da Ria de Aveiro, dito “*Ria de Aveiro A*”, imediatamente subsequentes à escavação da respectiva parte estrutural, iniciada a partir de 1996 e concluída em 1999 com a recuperação integral das suas estruturas de madeira. Estas, têm vindo a ser alvo, desde 2003, de um atribulado<sup>3</sup> processo de impregnação com polietilenoglicol (PEG), através de um tratamento em duas etapas, que correspondem numa primeira fase à aplicação deste produto com dois dos seus pesos moleculares, PEG 400 e PEG 4000, e à posterior secagem controlada.

**PALAVRAS-CHAVE** Madeira encharcada, conservação, polietilenoglicol, arqueologia subaquática

### 1. INTRODUÇÃO

Os destroços do navio da Ria de Aveiro, dito *Ria de Aveiro A* (fig. 1), foram descobertos fortuitamente em 1992, junto à margem, no Canal da Mira, perto da

1. MARL – Pavilhão CC1, Lugar do Quintanilho, 2660-421 S. Julião do Tojal.

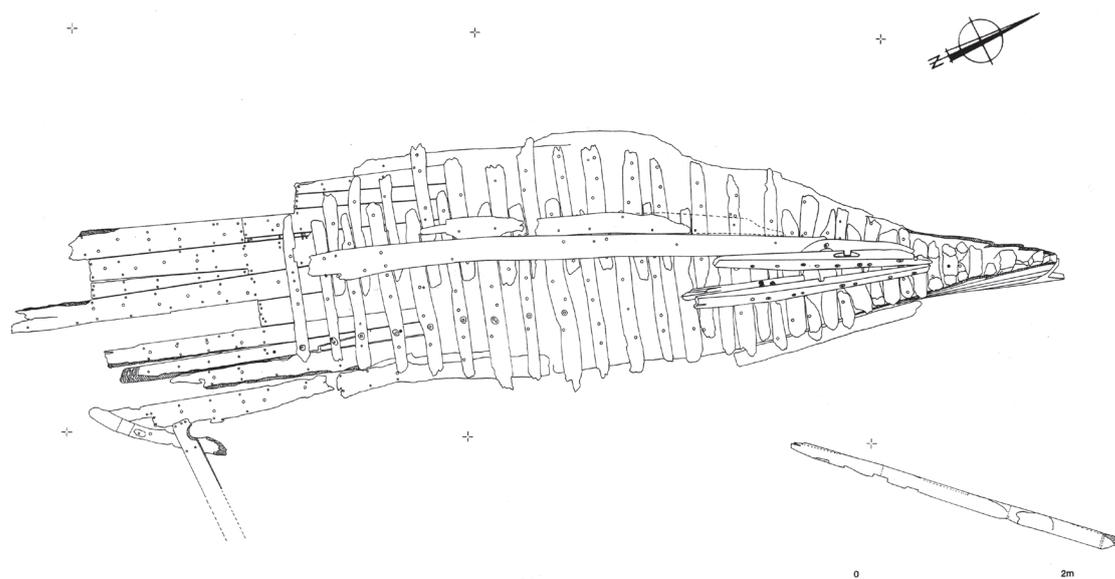
2. Entenda-se o termo tratamento, como a intervenção ou conjunto de intervenções, independentemente da sua natureza, incorridas em determinado artefacto arqueológico, com vista à sua estabilização e conservação.

3. Devido a alguns períodos de contaminação biológica e de respectiva descontaminação, agravados por frequentes limitações orçamentais condicionando o aprovisionamento de produtos químicos de base.

G. Garcia/CNANS



1. Os vestígios do casco do navio *Ria de Aveiro A* *in situ*.



2. As estruturas do casco do navio.

ponte da Barra (Alves, 1998, 2000, 2001). Através da sua datação por radiocarbono verificou tratar-se de um navio de meados do século XV.

Os trabalhos arqueológicos no terreno dividiram-se em duas fases:

- 1996 a 1999 – escavação, desmontagem e recolha das estruturas do casco do navio (Alves, 1998, 2000, 2001) (fig. 2);
- 2000 a 2005 – escavação de parte da área da carga de cerâmica derramada (Bettencourt, *et al*, 2007-2008), composta quase exclusivamente por louças de um fabrico local, típico da região de Aveiro (fig. 3). A

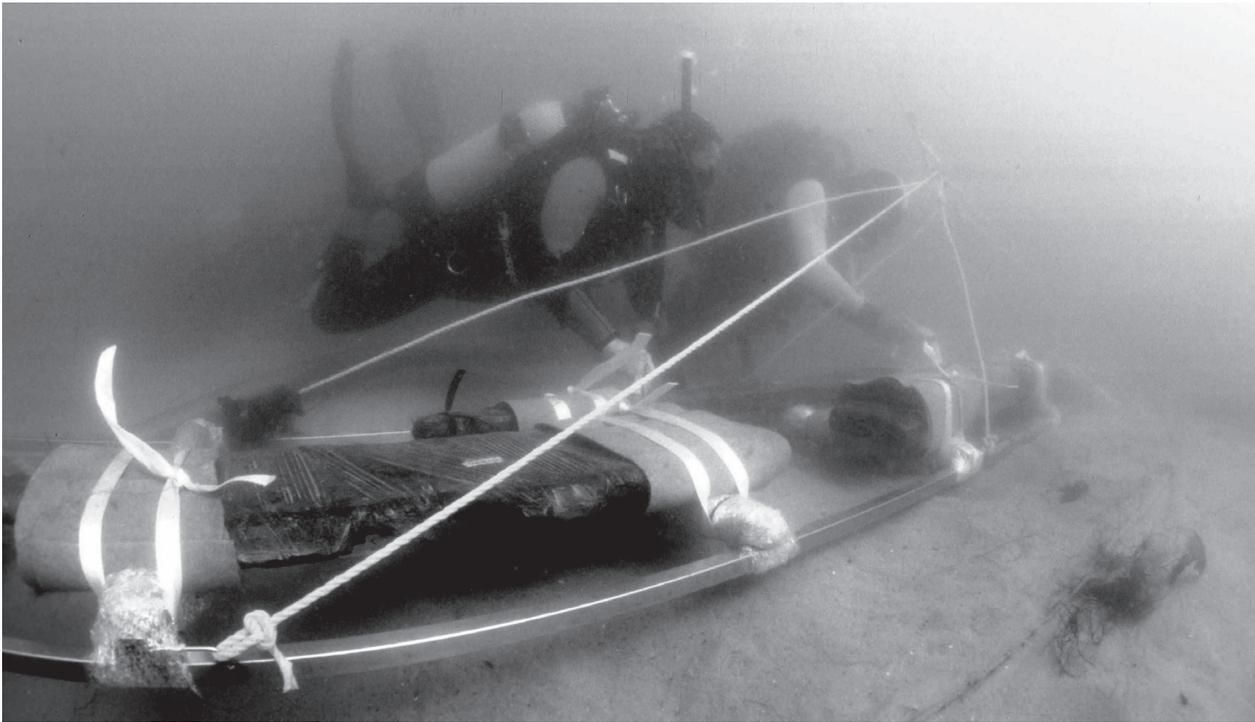
restante carga preserva-se, actualmente, *in situ*.

O naufrágio deste navio deveu-se muito provavelmente a um incêndio a bordo, como o atestam as tábuas do forro do casco carbonizadas e as diversas peças de cerâmica, da carga, deformadas e/ou parcialmente vidradas por reaquecimento.

Este achado constitui o mais antigo e bem preservado vestígio da tradição de arquitectura naval ibero-atlântica, conhecido à escala internacional e o exemplo coevo e mais próximo de uma caravela dos descobrimentos. Seria um pequeno navio de carga e de cabotagem, de manifesta feitura local; o que o torna ainda mais im-



3. A cerâmica da carga do navio.



4. Desmontagem e recuperação das estruturas do navio.

portante, pelo facto de as suas características estruturais documentarem, com um século e meio de antecipação, algumas das normas que viriam a ser consignadas nas fontes escritas da arquitectura naval portuguesa de tradição erudita, dos finais do século XVI e inícios do XVII (Alves, 1998, 2000, 2001).

Com vista ao estudo e conservação laboratorial, a estrutura remanescente do navio foi completamente desmontada em 1999 (fig. 4). Todas as peças foram devidamente acondicionadas e seladas com filme de polietileno de modo a evitar a sua secagem pelo contacto com a atmosfera após a recuperação (Gonçalves, 2003). Esta medida é essencial, pois os problemas de conservação da madeira arqueológica encharcada devem-se fundamentalmente ao risco de secagem directa sem a aplicação de qualquer tipo de tratamento. Após limpeza em laboratório e remoção dos sais solúveis incorporados durante o período de imersão na Ria, as diversas estruturas de madeira foram colocadas em tanques apropriados à sua impregnação com polietilenoglicol (PEG).

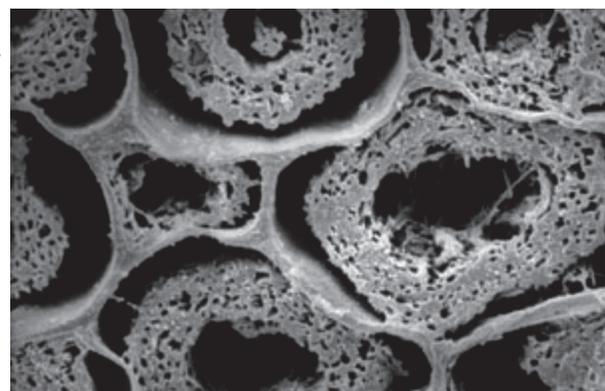
## 2. DEGRADAÇÃO DA MADEIRA ARQUEOLÓGICA

A madeira, material orgânico por excelência, é muito susceptível a ataques biológicos e microbiológicos que contribuem significativamente para a sua deterioração (fig. 5). Em função do género, estes organismos destroem a madeira, escavando cavidades que enfraquecem a sua macroestrutura, ou destruindo as paredes celula-

res através do consumo dos seus polímeros constituintes, sendo a lenhina<sup>4</sup> um dos únicos elementos que oferece alguma resistência ao ataque biológico. Contudo, ao contrário do que acontece em terra, em ambientes aquáticos as peças tendem a ser cobertas por uma camada de sedimentos que as selam, criando-se assim um ambiente anaeróbio, o que provoca um decaimento da acção microbiológica<sup>5</sup> permitindo a sua conservação a longo prazo. É por esta razão que chegam aos nossos dias estruturas em madeira, com alguns séculos, em relativo bom estado de conservação.

4. Polímero tridimensional amorfo composto por grupos fenólicos. Funciona como aglutinante da celulose e da hemicelulose, conferindo resistência e rigidez à parede celular.

5. Esta é uma situação generalista, contudo existem algumas bactérias que vivem em ambientes anaeróbios, e que por consequência continuam a promover a degradação da madeira nestas condições.



5. Estrutura celular de uma madeira onde é possível observar degradação microbiológica.

No entanto, como as peças se encontram imersas em água, ocorrem fenómenos químicos que resultam na perda de elementos essenciais à sua estrutura, o que provoca a alteração das suas propriedades mecânicas e coloca em risco a sua integridade física. São exemplos, do exposto, a hidrólise da celulose<sup>6</sup>, e a dissolução dos componentes hidrosolúveis e minerais que, em conjunto com a degradação biológica, tornam a madeira altamente porosa e permeável.

Todos os espaços vazios (nomeadamente ao nível celular), pela perda dos componentes poliméricos, são substituídos por água, razão pela qual as madeiras degradadas mantêm o volume e a forma original, desde que conservadas molhadas.

Em função do grau de degradação, ou seja na quantidade de material sólido constituinte que resta, a madeira arqueológica pode ser classificada em três classes (quadro 1), com base na percentagem de água que contém (De Jong, 1977).

**QUADRO 1. Classificação das madeiras em função do seu estado de degradação (adaptado de De Jong, 1977).**

| Classe | Teor de humidade (U <sub>max</sub> )* | Descrição   | Esquema |
|--------|---------------------------------------|---|---------|
| I      | > 400 %                               | Camada superficial muito degradada e extensa em profundidade, com um núcleo de madeira relativamente bem conservada, muito pequeno. |         |
| II     | 185-400 %                             | Camada superficial degradada fina, com um sólido núcleo de madeira bem conservada.  |         |
| III    | <185 %                                | Camada superficial degradada muito fina, com um sólido núcleo de madeira bem conservada.  |         |

6. Polímero de cadeia longa de glucose (polissacárido) cujas moléculas formam estruturas inquebráveis e insolúveis em água. Componente estrutural primário, constitui o principal hidrato de carbono e encontra-se ao nível das paredes celulares.

\* Teor de humidade (U<sub>max</sub>) =  $\frac{\text{Peso húmido} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}}$

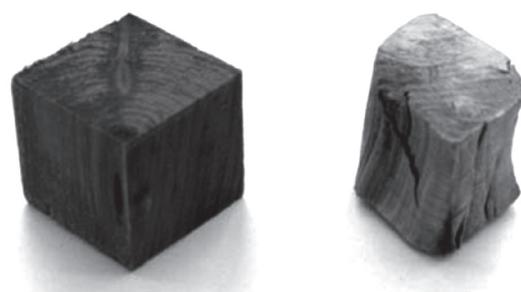
As madeiras mais degradadas são as da classe I, que apresentam um índice de retenção de água superior a 400%, sendo relativamente frequente algumas madeiras apresentarem índices superiores a 800%. Quanto maior for este valor menor é a resistência mecânica da madeira.

### 3. CONSERVAÇÃO DA MADEIRA ARQUEOLÓGICA

Quando a madeira arqueológica degradada, proveniente de meios aquáticos, é exposta ao ar, sem qualquer tipo de tratamento, ocorre uma secagem directa, durante a qual sucedem alterações dimensionais na sua estrutura, como consequência de dois tipos de fenómenos: o colapso<sup>7</sup> das cavidades celulares e o encolhimento/retracção das paredes celulares. O primeiro ocorre fundamentalmente acima do ponto de saturação das fibras (FSP)<sup>8</sup> e o segundo abaixo deste patamar (Grattan, 1987). Na base destes fenómenos está a tensão capilar a que são sujeitas as células, como resultado da acção da tensão superficial<sup>9</sup> da água ao evaporar. Outros fenómenos associados aos primeiros, são a deformação estrutural e o aparecimento de fendas à superfície (fig. 6), como resultado das tensões que se fazem sentir, uma vez que esses ocorrem de forma anisotrópica (fig. 8).

Se não forem tomadas medidas de minimização destes impactes negativos, durante a secagem ao ar, a água migra do interior para as superfícies externas,

Hoffmann, 2006



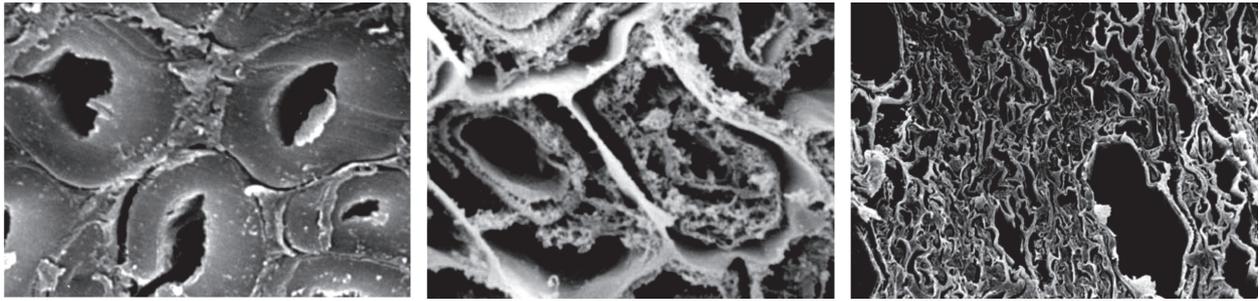
6. Comparação entre duas amostras de madeira secas, originalmente de dimensões iguais. A primeira foi alvo de tratamento e a segunda foi seca directamente ao ar.

7. Entenda-se o colapso como a retracção drástica da madeira. A diferença entre os termos colapso e retracção, aplicados respectivamente aos efeitos de secagem das cavidades e das paredes celulares, resulta dos danos mais evidenciados provocados pelas tensões resultantes da evaporação rápida da água contida nas primeiras, pelo facto de aí se encontrar em concentrações superiores e de ser esta água a primeira a sair.

8. Ponto no qual a parede celular está saturada com a água de constituição, ou química (U<sub>max</sub> de cerca de 20%), mas não existe água livre na cavidade celular. É abaixo deste ponto, com a secagem da água de constituição, que a retracção ocorre.

9. A tensão superficial é uma propriedade que resulta da interacção das moléculas numa zona de interface. É definida por Smith, *et al* (2005) como sendo "a força por unidade de comprimento actuando perpendicularmente a qualquer linha da superfície ou da sua fronteira".

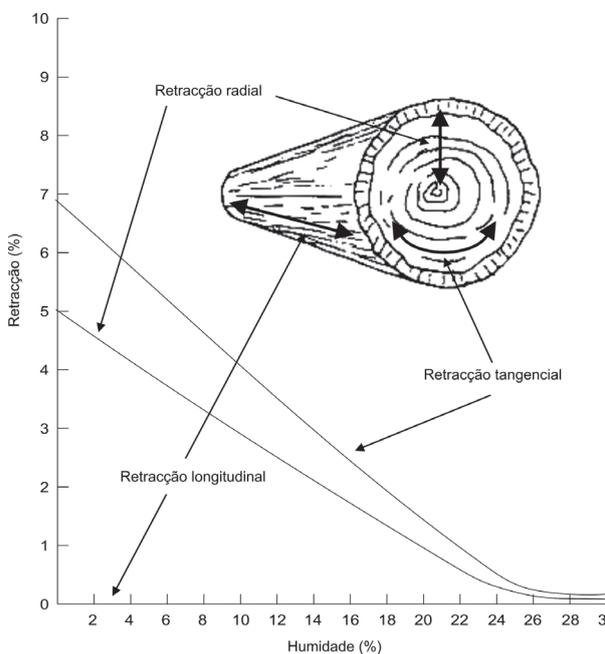
Hoffmann, 2006



7. Imagens, respectivamente, da estrutura celular de uma madeira não degradada, de uma madeira degradada onde é possível verificar que ao nível das paredes celulares a forma se mantém devido à água que contém. A última imagem mostra uma madeira cujas células sofreram colapso durante a secagem.

exercendo a sua tensão superficial que provoca o arastamento das paredes celulares fragilizadas, e consequentemente a retracção da estrutura do artefacto que pode ir até uma perda de 70% do seu volume original (Hon, 2001) (fig. 7).

Esta retracção está directamente relacionada com a classe de degradação a que a madeira pertence e, desencadeia-se em três sentidos: o longitudinal, o radial e o tangencial. Como é possível verificar através do diagrama representado na fig. 8, a retracção no sentido tangencial é a que se encontra na causa das maiores alterações que podem ocorrer na madeira durante a secagem.

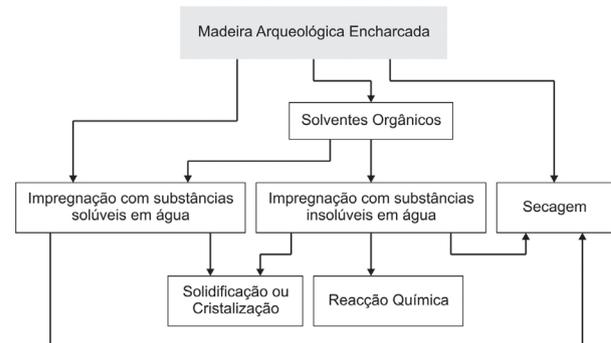


8. Relação humidade-retracção na madeira verde<sup>10</sup> em função da orientação (adaptado de Grattan, 1987).

De forma a conservar os artefactos arqueológicos em madeira com as suas características originais, no que diz respeito à forma e volume, é necessário garantir

10. Entenda-se por madeira verde, a madeira recente acabada de cortar.

um processo de tratamento que permita simultaneamente retirar a água do seu interior, sem afectar a sua estrutura, possibilitando assim a sua exposição ao ar. Neste sentido, nas últimas décadas têm vindo a ser desenvolvidas várias metodologias de conservação (fig. 9), que, independentemente dos materiais e processos técnicos ou tecnológicos, seguem fundamentalmente três linhas de orientação: a impregnação da madeira com uma substância em substituição da água, que lhe confira resistência mecânica, a secagem controlada da madeira, ou a combinação das duas, sendo esta a mais usual.



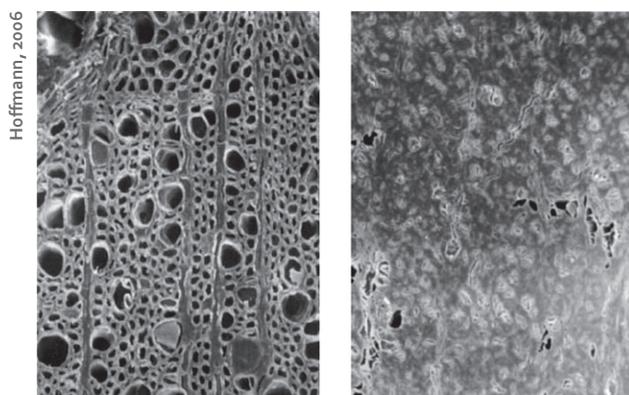
9. Esquema representativo das várias etapas inerentes aos possíveis tratamentos de conservação de madeiras arqueológicas provenientes de meios aquáticos (adaptado de Kozuma, 2004).

No que se refere aos métodos de impregnação, destacam-se a impregnação com polietilenoglicol – PEG<sup>11</sup> (normalmente com dois pesos moleculares) (Grattan, 1987) (fig. 10); a impregnação com sacarose (Parrent, 1985); o método da Acetona-Rosin<sup>12</sup> (Bryce & McKerrrell, 1975); e, mais recentemente, a impregnação com

11. O polietilenoglicol (PEG) é um polímero de óxido de etileno, disponível numa variedade de pesos moleculares, solúvel na maioria dos solventes orgânicos e também na água.

12. Método de estabilização de madeiras arqueológicas provenientes de meios aquáticos, que consiste na sua desidratação com acetona, seguida pela impregnação com uma resina natural – colofónia. Este método é normalmente usado na conservação de madeiras resinosas bem conservadas, nas quais o PEG não consegue penetrar, podendo ser também estendido a materiais compósitos (madeira-metal) (Bryce e McKerrrell, 1975).

óleos de silicone (Smith, 2003) e a impregnação com resinas de poliéster, seguida da polimerização com raios gama (Munnikendam, 1967; Ramiere & Tran, 1989; Tran, *et al*, 1990).



10. Aspecto da estrutura da madeira após a impregnação com PEG. A imagem da esquerda mostra o resultado da primeira parte da impregnação, com PEG de peso molecular mais baixo. A imagem da direita mostra o resultado final após a impregnação com PEG de peso molecular mais elevado.

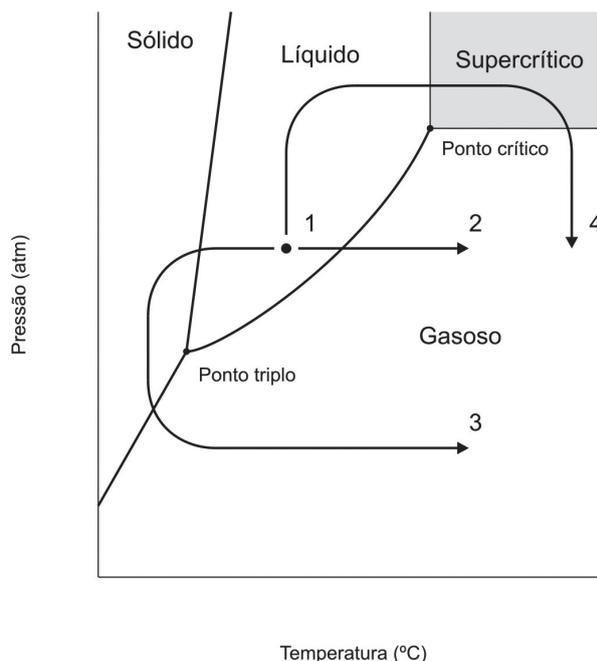
Dos métodos de secagem destacam-se a secagem controlada ao ar, a secagem controlada ao ar precedida pela desidratação com solventes orgânicos, a liofilização<sup>13</sup> (Grattan, 1987) e a secagem supercrítica<sup>14</sup> (Kaye *et al*, 2000).

Relativamente às combinações entre impregnação e secagem, existem várias possibilidades, sendo as mais vulgares a impregnação com PEG seguida por uma secagem controlada ao ar (normalmente, aplicada a artefactos de grande dimensão), ou por liofilização (o método mais comum).

No que se refere à secagem, ou extracção de água, o problema maioritário, como foi já evidenciado, prende-se com a transição da água através da interface líquido-gasoso, que está na origem do desenvolvimento das forças de tensão superficial, características da fase líquida, tendo os métodos de secagem como objectivo "contornar" esta interface, ou transitá-la de forma lenta, minimizando os seus efeitos (fig. 11).

13. Método de desidratação, puramente físico, através da sublimação da água (fig. 11 – 1-3), normalmente a pressões reduzidas (vácuo moderado). Desta forma, a interface líquido-gasoso é eliminada e, as forças de tensão superficial da água são inibidas. No âmbito da conservação de madeiras arqueológicas, como a sublimação é antecedida pela congelação da água, esta transição de fase provoca a sua expansão e, como consequência, os cristais de gelo que se formam no interior da madeira poderão causar a sua destruição estrutural. Assim, para se anular esta adversidade, recorre-se à aplicação de um crioprotector, na madeira, antes do processo. Normalmente, o crioprotector usado é o PEG, que para além desta função, coadjuva como consolidante da madeira conferindo-lhe coesão estrutural. Porém, a concentração de PEG aplicada neste processo é muito inferior à concentração aplicada quando a secagem é controlada ao ar (Kaye *et al*, 2000).

14. A secagem supercrítica, tal como a liofilização, constitui um método físico através do qual se suprime a interface líquido-gasoso, afastando a possibilidade de ocorrência de forças de tensão superficial. A eliminação desta interface é conseguida através da passagem da fase líquida para o estado supercrítico (fig. 11 – 1-4), no qual a densidade do líquido e do gás se tornam idênticas (Kaye *et al*, 2000).



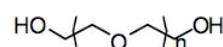
11. Diagrama de fases simplificado que traduz o comportamento da água durante os vários processos de secagem. 1-2 – Secagem ao ar; 1-3 – Secagem por sublimação (liofilização); 1-4 – Secagem supercrítica (adaptado de Kaye, *et al*, 2000).

#### 4. TRATAMENTO

A madeira das estruturas do navio *Ria de Aveiro A*, identificada como *Quercus robur*, encontra-se num estado de degradação relativamente avançado. A maioria das peças apresenta uma estrutura heterogénea, a que corresponde um interior coeso e bem conservado, mas com uma superfície exterior num estado de degradação avançado ( $U_{max} \approx 300\%$  - classe II); contudo, uma parte mais reduzida do conjunto, apresenta uma estrutura homogénea muito degradada ( $U_{max} \approx 500\%$  - classe I) (Gonçalves, 2003). Estas madeiras apresentam ainda vestígios da acção de organismos xilófagos aquáticos, nomeadamente de *Teredo navalis*<sup>15</sup>, que se traduzem em galerias escavadas aleatoriamente no seu interior, razão pela qual algumas destas peças apresentam uma estrutura muito enfraquecida.

O tratamento projectado para as estruturas em madeira do navio *Ria de Aveiro A*, consiste na sua impregnação com polietilenoglicol, seguindo-se uma secagem controlada ao ar.

O polietilenoglicol (PEG) é um polímero de óxido de etileno, de estrutura química:



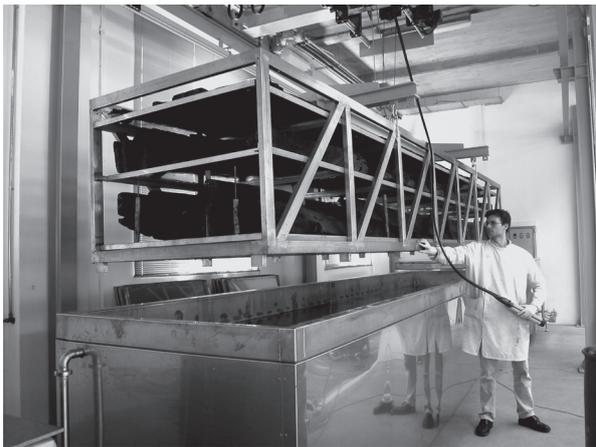
disponível numa variedade de pesos moleculares, solúvel na maioria dos solventes orgânicos e também na

15. Molusco xilófago, pertencente à família Teredinidae, que ataca estruturas em madeira submersas, em ambiente marítimo.

água, amplamente utilizado nas indústrias farmacêutica e cosmética. Nos pesos moleculares mais elevados a sua aparência é semelhante à de uma cera sólida, razão pela qual, em conjugação com o facto de ser solúvel em água e de ser um material relativamente estável em condições controladas, tem sido utilizado na impregnação e consolidação de madeiras arqueológicas provenientes de meios aquáticos.

A impregnação das estruturas de madeira, está a ser efectuada em duas etapas, as quais correspondem à aplicação de PEG com dois pesos moleculares distintos, 400 e 4000, em tanques concebidos para o efeito (fig. 12), equipados com sistemas de recirculação, aquecimento e filtração (fig. 13). Numa primeira fase foi aplicado PEG 400 até uma concentração máxima de 20 % (fig. 14); este produto tem por finalidade substituir a água de constituição (ou química), através da sua ligação às paredes celulares da madeira, prevenindo assim o encolhimento destas durante a secagem.

J. Coelho/CNANS



12. Tanque de tratamento onde estão a ser impregnadas com PEG as estruturas mais longas do navio.

O PEG 4000 está a ser aplicado gradualmente, com uma taxa de incrementação não superior a 2 % por mês (fig. 14), para que se garanta a sua difusão no interior da madeira, com o objectivo de se atingir uma concentração final de 70 %. A aplicação deste produto tem por finalidade o preenchimento de todas as cavidades no interior da madeira (cavidades celulares, capilares e microcapilares das paredes celulares), substituindo assim a água e proporcionando simultaneamente o reforço da macroestrutura da madeira. Deste modo, será possível minimizar a acção de tensões capilares durante a posterior secagem, com o objectivo de se inibir o colapso das cavidades celulares, e todos os fenómenos daí resultantes.

Após a impregnação, proceder-se-á a uma secagem controlada das estruturas, numa câmara climatizada, concebida para o efeito, no interior da qual será possível

J. Coelho/CNANS

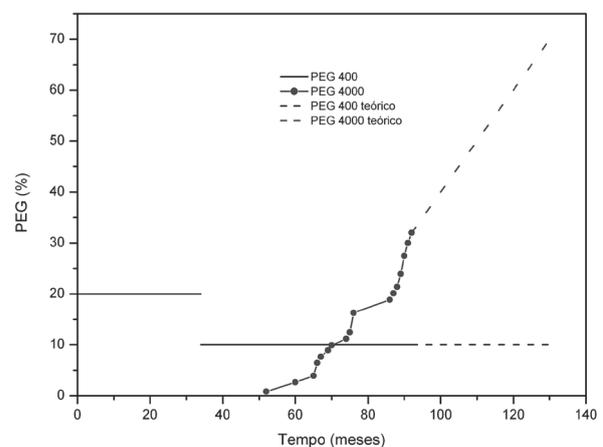


13. Pormenor dos sistemas de recirculação, aquecimento e filtração, acoplados aos tanques de impregnação com PEG.

o controlo da temperatura e da humidade relativa do ar (HR). Esta secagem, será efectuada lenta e progressivamente, iniciando-se com uma HR o mais próximo possível dos 100 %, a uma temperatura constante de 20 °C, até se atingirem valores de HR na ordem dos 55-60 %, intervalo dentro do qual as estruturas serão posteriormente conservadas. A descida percentual da HR do ar será gradual, controlada através da monitorização da resistividade eléctrica da madeira; este indicador permitirá avaliar o teor de humidade na madeira e consecutivamente estabelecer os patamares de HR do ambiente durante o processo de secagem.

## 5. RESULTADOS PRELIMINARES

Desde 2003 que as madeiras da estrutura do navio se encontram em processo de impregnação (fig. 14). Devido ao facto de se estar a reutilizar PEG 4000 doado pelo Yigal Allon Center (Kibbutz Ginosar, Israel), utilizado no tratamento do *Kinneret Boat* (Wachsmann, *et al*, 1987), produto que se encontra em blocos de aproximadamente 70 kg, os quais necessitam de ser derretidos, numa câmara que foi concebida para o efeito, de modo a poderem ser colocados em solução



14. Curva de impregnação, com PEG, das estruturas do navio *Ria de Aveiro A*.

(processo que demora aproximadamente 72 horas), o tratamento tem estado a demorar mais tempo do que o previsto inicialmente; contudo, estima-se que dentro de sensivelmente 20 meses se dê por concluído o processo de impregnação.

A inibição da proliferação de microrganismos nas soluções de tratamento, tem sido efectuada através da adição periódica de biocidas, uma vez que durante este tipo de tratamentos existe uma forte propensão para o seu aparecimento.

Presentemente, as estruturas do navio *Ria de Aveiro A* encontram-se imersas numa solução de PEG 400 a 10 %<sup>16</sup> e de PEG 4000 a ≈30 % (fig. 14).

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio científico do Dr. Quoc Khôi Tran (ARC-Nucléart, Grenoble).

16. Esta adição de 10 % de PEG 400 à solução de PEG 4000 tem por objectivo evitar que o PEG 400, previamente aplicado, saia do interior das madeiras para a solução atingir um equilíbrio.

## BIBLIOGRAFIA

- ALVES, F. et al. (1998) – The hull remains of *Ria de Aveiro A*, a mid-15<sup>th</sup> century shipwreck from Portugal: a preliminary analysis. In Alves, F., ed. lit. – *Proceedings. International Symposium on Archaeology of Medieval and Modern Ships of Iberian-Atlantic Tradition. Hull remains, manuscripts and ethnographic sources: a comparative approach*. Instituto Português de Arqueologia, p. 317-345.
- ALVES, F. et al. (2001) – *Ria de Aveiro A: a shipwreck from Portugal dating to the mid-15th century; a preliminary report*. *The International Journal of Nautical Archaeology*. London. 30:1, p. 12-36.
- ALVES, F. e RIETH, E. (2000) – *Ria de Aveiro A'99 – balanço da fase final de um projecto de arqueologia náutica e subaquática*. In *Terrenos da Arqueologia da Península Ibérica*, vol. VIII, Actas do 3º Congresso de Arqueologia Peninsular. Porto: ADECAP, p. 623-628.
- BETTENCOURT, J. et al. (2007-2008) – A carga do navio *Ria de Aveiro A* (Ílhavo, Portugal): uma aproximação preliminar ao seu significado histórico-cultural. In *Actas de la 13ª Reunión Internacional de Historia de la Nautica y de la Hidrografia*. Borja: Centro de Estudios Borjanos e Institución Fernando el Católico, p. 257-287.
- BLANCHETTE, R. (2006) – *Deterioration in Historic and Archaeological Wood* [Em linha]. Forest Pathology and Wood Microbiology Research Laboratory. University of Minnesota. [Consult. 19 Nov. 2011]. Disponível em WWW: <URL: <http://forestpathology.cfans.umn.edu/archaeologicalwood.htm>>.
- BRYCE, T. e MCKERRELL, H. (1975) – The Acetone-Rosin Method for the Conservation of Waterlogged Wood and Some Thoughts on the Penetration of PEG into Oak. *National Maritime Museum Monograph*. 16, p. 35-43.
- CHAUMAT, G. et al. (1998) – Trials of Shape Recovering from Collapsed Waterlogged Wood by Treatment with CO<sub>2</sub> Supercritical Fluid. In Bonnot-Diconne, C.; Hiron, X.; Tran, Q.; Hoffmann, P., eds. lits.- *Proceedings of the 7<sup>th</sup> ICOM-CC Working Group on Wet Organic Archaeological Materials Conference*. Grenoble: ARC-Nucléart, p. 137-142.
- DE JONG, J. (1977) – Conservation techniques for old waterlogged wood from shipwrecks found in the Netherlands. In WALTERS, A. H., ed. lit.- *Biodeterioration Investigation Techniques*. Elsevier Science & Technology, p. 295-338.
- GONÇALVES, P. (2003) – La conservation au Centre National d'Archéologie Nautique et Subaquatique. Le cas d'Aveiro A – Du site à la cuve de traitement. *Le navi di Pisa e l'Europa. Dalla conservazione alla valorizzazione* [CD-ROM]. Pisa.
- GRATTAN, D. W. (1987) – Waterlogged wood. In PEARSON, C. ed. lit.- *Conservation of Marine Archaeological Objects*. Butterworths, p. 55-67.
- GRATTAN, D. W. e CLARKE, R. W. (1987) – Conservation of waterlogged wood. In PEARSON, C. ed. lit.- *Conservation of Marine Archaeological Objects*. Butterworths, p. 164-206.
- HOFFMANN, P. (2006) – *The Waterlogged Wood Laboratory* [Em linha]. Deutsches Schiffahrtsmuseum [Consult. 15 Nov. 2007]. Disponível em WWW: <URL: <http://www.dsm.de/Ma/woodlab.pdf>>.
- HON, D. N.-S. (2001) – Preservation of Waterlogged Wood. In Hon, D. N.-S.; Shiraishi, N., eds. lits.- *Wood and Cellulosic Chemistry, Second Edition Revised and Expanded*. MARCEL DEKKER, INC, p. 807-825.
- KAYE, B.; COLE-HMILTON, D. J. e MORPHET, K. (2000) – Supercritical drying: A new method for conserving waterlogged archaeological materials. *Studies in Conservation*. London: International Institute for Conservation. 45:4, p. 233-252.
- KOZUMA, Y. (2004) – *Characteristics of Waterlogged Woods* [Em linha]. Center for Archaeological Operations. National Research Institute for Cultural Properties, Nara, [Consult. 19 Nov. 2011]. Disponível em WWW: <URL: <http://www.nara.acu.or.jp/elearning/2004/waterlogged-woods.pdf>>.
- MUNNIKENDAM, R. A. (1967) – Conservation of Waterlogged Wood Using Radiation Polymerization. *Studies in Conservation*. London: International Institute for Conservation. 12:2, p. 70-75.
- PARRENT, J. (1985) – The Conservation of Waterlogged Wood Using Sucrose. *Studies in Conservation*. London: International Institute for Conservation. 30:2, p. 63-72.
- RAMIERE R. e TRAN K. Q. (1989) – *Nucléart: Nuclear Techniques Applied to Art*. Nuclear Europe, 7:50.
- ROWELL, R. M. (2005) – *Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites*. CRC Press.
- SMITH, C. (2003) – *Archaeological Conservation Using Polymers. Practical Applications for Organic Artifact Stabilization*. (Texas A&M University Anthropology Series; 6).
- SMITH, J. M.; VAN NESS, H. C. e ABBOTT, M. M. (2005) – *Introduction to chemical engineering thermodynamics* (7<sup>th</sup> ed. Rev.). Boston: McGraw-Hill.
- TRAN, K.; RAMIÈRE, R. e GINIER-GILLET, A. (1990) – Impregnation with Radiation-Curing Monomers and Resins In Rowel, R.; Barbou, R., ed. lit. – *Archaeological Wood Properties, Chemistry, and Preservation*. Washington: American Chemical Society, p. 217-233 (Advances in Chemistry Series 225).
- UNGER, A.; SCHNIEWIND, A.P. e UNGER, W. (2001) – *Conservation of Wood Artifacts*. Springer.
- WACHSMANN, S.; RAVEH, K. e COHEN, O. (1987) – The Kinneret boat project Part I. The excavation and conservation of the Kinneret boat. *The International Journal of Nautical Archaeology*. London. 16:3, p. 233-245.