

Alterações na estrutura anatômica de madeira de *Tabebuia* sp. (Ipê) de torre de resfriamento de água, por fungos de podridão mole

Changes in the anatomic structure of *Tabebuia* sp. wood (Ipê) from cooling tower, by soft-rot fungi

Sérgio Brazolin
Mário Tomazello Filho

RESUMO: *Tabebuia* sp. (ipê), uma madeira nativa brasileira, é considerada de alta durabilidade natural aos fungos apodrecedores, sendo frequentemente utilizada em ambientes agressivos, como torres de resfriamento de água de indústrias químicas e petroquímicas brasileiras. As análises macro e microscópicas de amostras de madeira de *Tabebuia* sp. do eliminador de respingos e do enchimento de uma torre de resfriamento, com cerca de 23 anos em operação, revelaram a colonização por fungos de podridão mole. O ataque ocorreu de forma generalizada no madeiramento da torre, embora mais intenso e evidente, sob macroscopia, nos seus níveis inferiores. Sob microscopia, o ataque na madeira foi identificado como podridão mole tipo 1, confirmado pela presença de cavidades, com diferentes formas e tamanhos, na parede celular. Este ataque restringiu-se às fibras, não sendo observado nas células dos parênquima radial e axial e dos vasos.

PALAVRAS-CHAVE: Torre de resfriamento, Podridão mole, Fungos, Ipê, *Tabebuia* sp.

ABSTRACT: *Tabebuia* sp. wood (ipê), a native Brazilian wood, is considered high natural resistant to decay fungi, and have been used in harsh environments, as cooling towers from Brazilian chemical and petrochemical industries. Macro and microscopic analysis of *Tabebuia* sp. wood samples collected from the mist eliminator and packing of a cooling tower in operation for about 23 years, revealed the colonisation by soft-rot fungi. The attack in the cooling tower occurred in all wood exposed to water, although macroscopically more intense and evident in your inferior level. Microscopically, the wood attack was identified as soft-rot type 1, confirmed by the presence of cavities in the cell wall with different sizes and shapes. This attack was restricted to the fibers cells and was not observed in the radial and axial parenchyma cells and vessels.

KEYWORDS: Cooling tower, Soft-rot, Fungi, Ipê, *Tabebuia* sp.

INTRODUÇÃO

As torres de resfriamento de água, construídas de madeira, constituem-se em equipamentos fundamentais e necessários em inúmeras indústrias, e possuem a função de resfriar toda a água de circulação dos processos industriais. Com a contínua utilização das torres de resfriamento, ocorre a deterioração

da madeira por fungos apodrecedores. Normalmente, os usuários e construtores de torres no Brasil desconhecem as formas de ataque dos fungos, além de não disporem de informações quanto à durabilidade das espécies de madeira utilizadas.

O termo podridão mole (“soft-rot”) foi aplicado por Savory (1954) para descrever a deterioração de madeiras em torres de resfriamento causada por fungos das Subdivisões Ascomycotina e Deuteromycotina. Esses fungos podem tolerar condições ambientais extremas, como altos teores de umidade, baixos teores de oxigênio disponível, produtos preservantes e/ou extrativos sendo favorecidos pelas elevadas temperaturas e concentrações de nitrogênio solúvel (Duncan, 1960; Eaton e Hale, 1993).

O número de gêneros e espécies de fungos que se desenvolvem em torres de resfriamento de água é significativo, sendo os gêneros mais citados: *Acremonium*, *Aspergillus*, *Chaetomium*, *Fusarium*, *Graphium*, *Monodictys*, *Paecilomyces*, *Penicillium*, *Phaeonectriella*, *Phialophora*, *Phoma*, *Savoryella*, *Sporormia*, *Stachybotrys*, *Torula*, *Trichoderma* e outros (Savory, 1954; Eaton e Jones, 1971a; Eaton e Jones, 1971b; Eaton, 1972; Eaton e Irvine, 1972; Natarajan e Udaiyan, 1978; Morrel e Smith, 1988; Udaiyan e Manian, 1990; Udaiyan e Manian, 1991 e Brazolin, 1997).

Os fungos de podridão mole causam alterações na parede das células, sendo descritos, no nível microscópico, dois tipos de ataque: tipo 1, no qual ocorre a formação de cavidades na camada S₂ da parede secundária da célula; e tipo 2, com a erosão das camadas da parede celular ao redor das hifas que estão crescendo no lume da célula. O ataque tipo 1 é a forma clássica de deterioração da madeira atribuída aos fungos de podridão mole. O ataque tipo 2 ocorre predominantemente em madeiras de folhosa de baixa resistência natural a fungos

apodrecedores (Corbett, citado por Wilcox, 1973).

De maneira geral, os fungos de podridão mole degradam primariamente a celulose e hemiceluloses de 5 carbonos (pentosanas). A degradação da lignina é mais lenta e depende da espécie de fungo e da madeira (Wilcox, 1973; Nilsson, 1988; Eriksson e Wood, 1985 e Eaton e Hale, 1993).

O controle da deterioração da madeira causada por fungos, pelo Cooling Tower Institute - CTI (1959 e 1963) nos Estados Unidos, e que se constituiu em normas, indica a utilização de madeiras de coníferas tratadas sob pressão, com produtos preservantes hidrossolúveis, oleossolúveis ou oleosos. No Brasil foi utilizada a madeira de *Tabebuia* sp. (ipê) sem tratamento preservante, na construção de algumas torres (Kotchetkoff, 1967 e Cavalcante, 1985). Em estudos de laboratório e campo, apresentaram alta resistência natural à deterioração causada por fungos apodrecedores (Cavalcante, 1983; Lepage, 1983; Brito Neto et al., 1984; Mainieri e Chimelo, 1989; Gomes e Melo, 1991 e Fosco Mucci et al., 1992). Desta forma, a sua alta resistência natural justificou seu emprego em torres de resfriamento de água, sem que, no entanto, existam informações sobre o seu desempenho nessas condições de uso.

Pelo exposto, o presente estudo tem o objetivo de avaliar a ocorrência de fungos de podridão mole em madeira de *Tabebuia* sp. de torre de resfriamento de água, descrevendo as alterações na estrutura anatômica da madeira, provocadas pelos fungos, nos níveis macro e microscópico.

MATERIAL E MÉTODOS

Local de estudo e de coleta de amostras de madeira

A torre de resfriamento (Figura 1), localizada no município de Santo André - São Paulo,

foi construída em 1972, com madeira de *Tabebuia* sp. e possui 15 m de altura, 21 m de

largura e 115 m de comprimento, sendo constituída por 11 células de 10,5 m de comprimento cada. O volume de água do sistema é de 3.800 m³ e vazão de recirculação de 16.000 m³/h, apresentando uma temperatura média de 29° C, atingindo 44,2° C no retorno da unidade industrial para a torre de resfriamento. A água de reposição do sistema, fornecida pela SABESP, possui pH de 7,0 -8,5; alcalinidade total > 30 ppm; dureza (cálcio) de 100-300 ppm; turbidez < 30 ppm; e concentração de cloreto (Cl⁻) < 400 ppm.

Foram realizados 8 tratamentos de manutenção do madeiramento, no período de 1975 a 1995, por aspersão de produtos preservantes à base de pentaclorofenol, pentaclorofenato de sódio ou creosoto, sendo adicionados biocidas na água, de forma rotineira, para o controle de bactérias e algas, contudo esses biocidas não eram fungicidas para o controle de fungos apodrecedores de madeira.

Para a identificação da espécie de madeira e estudo da ocorrência de podridão mole foram coletadas, aleatoriamente, amostras do eliminador de respingos e do enchimento - lado oeste - da célula GB-978 da torre. Esta célula foi dividida em 6 níveis de altura (Figura 1), sendo que nos 1º, 3º e 5º níveis foram retiradas 12 ripas de madeira do eliminador de respingos, com 120 x 7 x 1 cm e 12 ripas do enchimento, com 120 x 4 x 1 cm.

Avaliação da ocorrência de podridão mole na madeira

A podridão mole na madeira foi avaliada por meio das análises macro e microscópicas das amostras de madeira coletadas. Foram feitas observações sobre o estado de deterioração da madeira do eliminador de respingos e do enchimento, durante a coleta das amostras, por meio da observação de alterações da cor e do

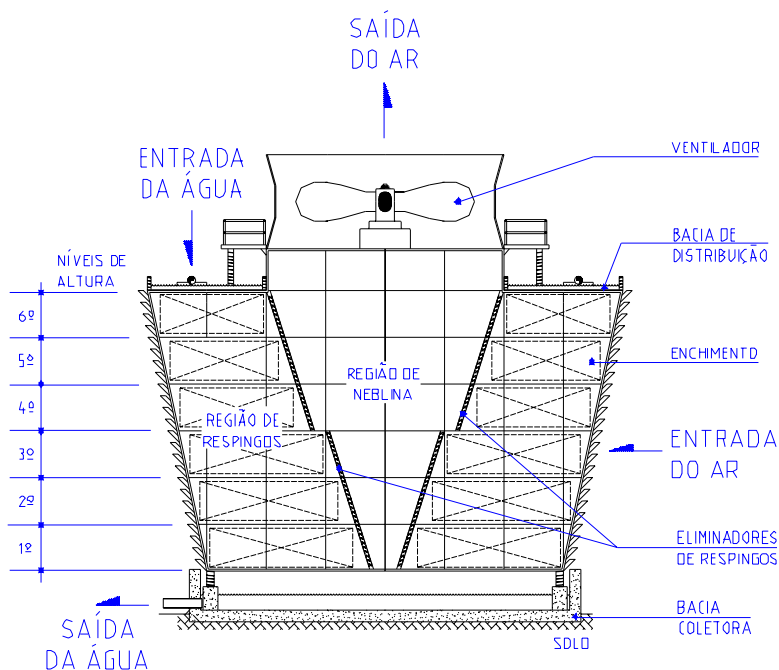


Figura 1. Desenho esquemático de uma torre de resfriamento de água – corte transversal. (Schematic draft of a cooling tower – transversal section.)

aspecto de desfibramento e amolecimento da superfície da madeira.

A partir das amostras coletadas, executaram-se cortes histológicos, com 15-20 μm de espessura, em micrótomo de deslize (Manieri e Chimelo, 1989). Os corantes safranina e picroanilina foram utilizados para evidenciar a

presença de hifas e esporos de fungos. As lâminas histológicas foram examinadas em microscopia óptica comum sob luz difusa e polarizada. Com a finalidade de comparar as alterações causadas pelos fungos na estrutura anatômica, foram analisadas lâminas histológicas de madeira sem ataque de fungos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises da estrutura anatômica macro e microscópica das amostras de madeira do eliminador de respingos e do enchimento da torre de resfriamento de água confirmaram tratar-se de cerne de *Tabebuia* sp. (família Bignoniaceae - nomes vulgares: ipê, ipê-pardo, ipê-amarelo e pau d'arco) pertencente ao grupo de espécies que reúne madeiras pesadas, duras, de coloração pardo-acastanhada e vasos obstruídos com "lapachol" ou ipeína (Record e Hess, 1943; Mainieri, 1958; Mainieri e Chimelo, 1989).

Essas análises mostraram, também, a presença de fungos de podridão mole, sendo os resultados apresentados na Tabela 1, considerando o local de coleta na torre, o seu nível de altura e número de amostras.

A podridão mole em madeira de torres de resfriamento de água, ou ataque superficial da madeira, tem sido estudada em vários países, sendo observada em madeiras de coníferas e de folhosas utilizadas, principalmente, nos eliminadores de respingos e nos enchimentos (Kotchetkoff, 1967; Puckorius, 1984; Puckorius, 1985; Cavalcante, 1985; Neves et al., 1989 e Singh et al., 1992).

Em madeira de *Tabebuia* sp. de uma torre de resfriamento com 4 anos de funcionamento, Kotchetkoff (1967) verificou peças intensamente apodrecidas dos eliminadores de respingos e enchimentos feitas com a região de alburno, sendo que as de cerne mostraram-se com elevada resistência natural. Os fungos de podri-

dão mole são a principal causa de deterioração da madeira de *Tabebuia* sp. dos enchimentos e eliminadores de respingos de torres (Cavalcante, 1985), sendo descritos em torres em operação por 10-12 anos (Neves et al., 1989). De modo geral, as observações feitas por esses autores indicam a madeira de *Tabebuia* sp. como de alta resistência natural aos fungos de podridão mole em torres de resfriamento.

Análise macroscópica

As amostras do eliminador de respingos e do enchimento coletadas nos 1º e 3º níveis de altura da célula da torre (Tabela 1), mostraram sintomas característicos de ataque de fungos de podridão mole. Esse apodrecimento era evidente nas faces inferiores das amostras, considerando sua posição na torre, sendo que nas faces superiores a madeira, aparentemente sadia, apresentou deposição de substâncias oriundas da água de resfriamento.

As amostras coletadas no 5º nível de altura do eliminador de respingos e do enchimento não apresentaram sinais de ataque de fungos de podridão mole (Tabela 1) mostrando, no entanto, cor esbranquiçada, amolecimento superficial e aparência fibrosa em ambas as faces, devido à ação química de substâncias dissolvidas na água de circulação (ataque químico). Somente uma amostra de madeira do 5º nível (amostra I) apresentou apodrecimen-

Tabela 1. Análises macro e microscópicas das amostras de madeira de *Tabebuia* sp. do eliminador de respingos e do enchimento para detecção da podridão mole.

(Macro and microscopics analysis of *Tabebuia* sp. wood samples from the mist eliminator and packing to detect soft-rot.)

Local da coleta	Nível de altura	Amostra	Ocorrência de podridão mole	
			Macroscopia	Microscopia
Eliminador de respingos	1°	A	sim	sim
		B	sim	sim
		C	sim	sim
		D	sim	sim
	5°	E	sim	sim
		F	sim	sim
		G	sim	sim
		H	sim	sim
		I	sim	sim
		J	não	sim
		K	não	sim
		L	não	sim
Enchimento	1°	M	sim	sim
		N	sim	sim
		O	sim	sim
		P	sim	sim
	3°	Q	sim	sim
		R	sim	sim
		S	sim	sim
		T	sim	sim
	5°	U	não	sim
		V	não	sim
X		não	não	
Z		não	não	

to causado por fungos de podridão mole, restrito à sua face inferior.

O ataque mais intenso de fungos de podridão mole na madeira do eliminador de respingos e do enchimento dos níveis inferiores da torre de resfriamento, foi comprovado durante a coleta das amostras, distinguindo-se 2 regiões: na primeira, compreendendo aos 1°, 2°, 3° e 4° níveis, a madeira mostrou-se escurecida e com apodrecimento de fungos; na segunda, nos 5° e 6° níveis, a

madeira apresentou-se esbranquiçada e amolecida, características de ataque químico. Essas observações foram corroboradas por Neves et al. (1989), que também observaram maior ocorrência de apodrecimento da madeira de *Tabebuia* sp. do eliminador de respingos nos níveis inferiores de uma torre de resfriamento.

As amostras de madeira de *Tabebuia* sp. úmidas e atacadas por fungos de podridão mole, apresentaram-se escurecidas e com amoleci-

mento somente da camada superficial, facilmente removível com um estilete e, após secagem, apresentaram na sua superfície, fissuras paralelas e perpendiculares em relação à orientação das fibras. A profundidade da camada afetada pelos fungos na madeira pode variar em função das condições de sua exposição e da quantidade de fungos de podridão mole existente (Savory, 1954; Oliveira et al., 1986 e Eaton, 1972).

Esse padrão macroscópico de ataque superficial, também foi descrito por Savory (1954), Duncan (1960) e Neves et al. (1989) para madeiras de coníferas (*Pinus* sp., *Sequoia* sp., *Pseudotsuga* sp., *Picea* sp. e *Thuja* sp.) e de folhosas (*Dipterocarpus* sp e *Tabebuia* sp) de torres de resfriamento.

As peças do eliminador de respingos e enchimento da torre, em operação há mais de 23 anos, apresentaram somente deterioração superficial, corroborando a afirmação de Neves et al., (1989) de que a madeira de *Tabebuia* sp. em torres de resfriamento pode atingir vida útil superior a 15 anos, com o controle químico e microbiológico da água de circulação.

Análise microscópica

A análise da estrutura anatômica da madeira de *Tabebuia* sp., sob microscopia, confirmou o ataque de fungos de podridão mole nas faces inferiores das amostras apodrecidas e nas faces superiores das amostras consideradas sadias sob macroscopia.

As amostras de madeira J, K e L do eliminador de respingos e U e V do enchimento, do 5º nível de altura da torre, consideradas sadias sob análise macroscópica, apresentaram ataque de fungos de podridão mole, embora, incipiente e em poucas células. Nas amostras de madeira X e Z do enchimento não foram observadas hifas ou esporos de fungos e sinais de ataque no nível microscópico.

O exame da estrutura anatômica da madeira de *Tabebuia* sp. afetada por fungos de podridão mole, em secção transversal, mostrou 3 regiões distintas que descreveram o início do apodrecimento na superfície da madeira e sua progressão para o interior:

- i) superficial, com todas as células do xilema severamente afetadas por fungos de podridão mole, sendo, as paredes celulares completamente destruídas;
- ii) intermediária, com células intactas e atacadas por fungos de podridão mole, sendo observadas hifas e/ou esporos de fungos;
- iii) interna, com as células do xilema apresentando as paredes intactas e ausência de hifas e/ou esporos.

Esse padrão de ataque também foi observado por Savory (1954), para fungos de podridão mole, em madeira de *Pinus* spp..

Exames da madeira afetada mostraram hifas e esporos de fungos no lume dos vasos, raios e parênquima axial. Verificou-se, também, as hifas no lume das fibras e sua passagem fibra-a-fibra feita através das pontuações das paredes. Essas observações corroboram os resultados de Levy e Stevens (1966); Eaton e Hale (1993) que descreveram a colonização inicial do xilema de folhosas por fungos de podridão mole, a partir das células dos raios, seguida pela penetração passiva das hifas através das pontuações das fibras e, podendo ocorrer também pelos vasos, sendo o parênquima axial uma rota preferencial de colonização.

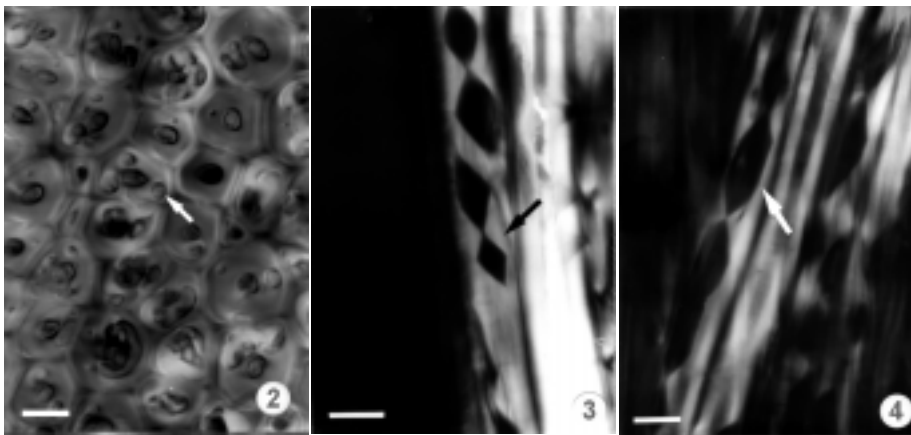
O ataque de fungos de podridão mole tipo 1 foi confirmado pelas cavidades presentes na parede secundária das fibras (Figura 2), sendo que hifas pigmentadas, septadas e espessas foram observadas no seu interior. As cavidades não foram observadas nas paredes dos vasos, células dos raios e do parênquima axial. A natureza da lignina nos diferentes elementos anatômicos de madeira pode interferir na sua resistência natural aos fungos de podri-

dão mole, sendo que lignina do grupo guaicil confere maior resistência em relação à lignina do grupo siringil (Daniel e Nilsson, 1987)

Nas secções longitudinais tangenciais da madeira de *Tabebuia* sp. foram observadas cavidades nas paredes das fibras com diferentes dimensões e formas: curtas, bicônicas e com forma de diamante (Figura 3); ou alongadas, cilíndricas, com as pontas cônicas e forma rombóide (Figura 4). As cavidades com extremidades cônicas apresentavam-se interligadas e formavam cadeias em espiral na parede celular (Figura 3 e 4); estas cadeias formavam um ângulo com o eixo principal das fibras, estando relacionado, segundo Bayley e Vestal,

citados por Savory (1954), com a orientação helicoidal das microfibrilas de celulose na parede.

A forma, tamanho e orientação dessas cavidades são influenciados pela espécie de fungo, de madeira e por fatores ambientais como temperatura e umidade (Oliveira et al., 1986 e Mouzouras, 1989). São descritas 14 formas de ataque de fungos de podridão mole nas paredes das células, diferenciadas pelo estágio de formação das cavidades e pelo ataque nas camadas da parede celular, sendo que, os fungos mais agressivos provocaram maior variedade de padrões (Eaton e Hale, 1993).



Figuras 2-4. Secções microscópicas do xilema de *Tabebuia* sp.. (2) Secção transversal: cavidades de fungos de podridão mole na parede celular das fibras - ataque tipo 1 (escala = 5 µm). (3) Secção longitudinal-tangencial: cavidades curtas com extremidades bicônicas em forma de diamante (escala = 10 µm). (4) Secção longitudinal tangencial: cavidades cilíndricas e relativamente longas com extremidades cônicas em forma rombóide (escala = 10 µm).

(Microscopic sections of the *Tabebuia* sp. xylem. (2) Transverse section: soft-rot cavities in the secondary wall of the fibres - type 1 attack (scale = 5 µm). (3) Longitudinal-tangential section: short cavities with biconical extremities, diamond shaped (scale = 10 µm). (4) Longitudinal-tangential section: cylindrical and relatively long cavities with conical extremities, rhomboid shaped (scale = 10 µm).)

CONCLUSÃO

As análises macro e microscópicas da estrutura anatômica da madeira de *Tabebuia* sp. de uma torre de resfriamento de água mostraram um ataque generalizado de fungos de podridão mole nas amostras de madeiras do eliminador de respingos e do enchimento da

torre. O exame das peças mostrou que o ataque dos fungos foi mais intenso no nível inferior da torre, em relação ao superior, no qual somente foi possível verificar a ação dos fungos através de análise anatômica da madeira, sob microscopia.

O ataque de podridão mole nas células do xilema de *Tabebuia* sp. foi caracterizado como do tipo 1, com a formação de cavidades de diferentes formas e tamanhos na parede celular, restringindo-se às fibras.

Os resultados mostram que as condições ambientais na torre de resfriamento são favo-

ráveis ao desenvolvimento de fungos de podridão mole. Além disso, permitem compreender os processos de biodeterioração da madeira e indicar a adoção de medidas preventivas e curativas para controle desses fungos.

AUTORES E AGRADECIMENTOS

SÉRGIO BRAZOLIN é pesquisador do IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. Caixa Postal 0141, CEP 01064-970 – São Paulo, SP. E-mail: brazolin@ipt.br

MÁRIO TOMAZELLO FILHO é Professor Doutor do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP. Caixa Postal 09, CEP 13418-900 – Piracicaba, SP. E-mail: mtomazel@carpa.ciagri.usp.br

Os autores agradecem à CAPES pelo auxílio concedido; à Petroquímica União S.A. pela permissão da realização da pesquisa; e ao Antônio C. F. Barsosa, Gregório Ceccantini e Geraldo José Zenid, do IPT, pelas lâminas histológicas, fotografias e identificação das madeiras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRAZOLIN, S. **Podridão mole em madeira de *Tabebuia* sp (ipê) em torre de resfriamento de água: identificação e avaliação da capacidade de degradação dos fungos e alterações na estrutura anatômica da madeira.** Piracicaba, 1997. 139 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.
- BRITO NETO, O.; FREITAS, A.R.; CAVALCANTE, M.S.; OLIVEIRA, I.A. Madeiras amazônicas para a produção de dormentes. **Boletim ABPM**, n.12, mar.1984.
- CAVALCANTE, M.S. Dados sobre a durabilidade de 182 madeiras. **Boletim ABPM**, n.2, set. 1983.
- CAVALCANTE, M.S. Biodeterioration problems affecting wood in Brazil. In: INTERNATIONAL UNION OF FORESTRY RESEARCH ORGANIZATIONS - IUFRO - DIVISION 5 - SUBJECT GROUP 5.5.03 - WOOD PROTECTION, 1985. **Anais**. Guarujá, 1985. 23p.
- COOLING TOWER INSTITUTE - CTI. Report on the study of wood maintenance for water-cooling towers. **CTI bulletin WMS**, n.104, p.1-16, 1959.
- COOLING TOWER INSTITUTE - CTI. Wood maintenance for water-cooling towers. **CTI bulletin WMS**, n.104, p.1-13, 1963.
- DANIEL, G.; NILSSON, T. Comparative studies on the distribution of lignin and CCA elements in birch using electron microscopic x-ray microanalysis. In: ANNUAL MEETING, 18, 1987. **Proceedings**. Stockholm: The International Research Group on Wood Preservation - IRG, 1987. (IRG/WP/1328).
- DUNCAN, C.G. Soft rot in wood, and toxicity studies on causal fungi. In: ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN WOOD PRESERVER'S ASSOCIATION, 56, 1960. **Proceedings**. New York: AWPA, 1960. v.56, p.27-35.
- EATON, R.A. Fungi growing on wood in water cooling towers. **International biodeterioration bulletin**, v.8, n.2, p.39-48, 1972.
- EATON, R.A.; HALE, M.D.C. **Wood: decay, pests and protection**. London : Chapman & Hall, 1993. 546p.
- EATON, R.A.; IRVINE, J. Decay of untreated wood by cooling tower fungi. In: WALTER, A.H.; HUECK-VAN DER PLAS, E.H., ed. **Biodeterioration of materials**. London: Applied Science, 1972. v.2, p.192-200.

- EATON, R.A.; JONES, E.B.G. The biodeterioration of timber in water cooling towers: 1- fungal ecology and the decay of wood at Connahs Quay and Ince. **Material und organismem**, v.6, n.1, p.51-80, 1971a.
- EATON, R.A.; JONES, E.B.G. The biodeterioration of timber in water cooling towers: 2- fungi growing on wood in different positions in a water cooling system. **Material und organismem**, v.6, n.2, p.81-92, 1971b.
- ERIKSSON, K.E.; WOOD, T.M. Biodegradation of cellulose. In: HIGUCHI, T., ed. **Biosynthesis and biodegradation of wood components**. London: Academic Press, 1985. p.469-498.
- FOSCO MUCCI, E.S.; LOPEZ, G.A.C.; MONTAGNA, R.G. Durabilidade natural de madeiras em contato com o solo: 4. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2, 1992. **Anais**. São Paulo: Instituto Florestal, 1992.
- GOMES, J.I.; MELO, C.F.M. Durabilidade de madeiras amazônicas em contato com o solo. **Boletim ABPM**, n.69, jan.1991.
- KOTCHETKOFF, P.A. Torres de resfriamento: uma ocorrência de apodrecimento em unidade construída com madeiras brasileiras. In: Seminário – UTILIDADES. Instituto Brasileiro do Petróleo - IBP, 4, 1967. **Anais**. p.7-14.
- LEPAGE, E.S. Comparação da resistência natural de madeira através de ensaio de campo e de laboratório. **Boletim ABPM**, n.6, nov. 1983.
- LEVY J.F.; STEVENS M.G. The initiation of attack by soft rot fungi in wood. **Journal of the Institute of Wood Science**, v.16, p.49-55, 1966.
- MAINIERI, C. Madeiras denominadas caixeta. **Publicação IPT**, n.572, p.1-28, 1958.
- MAINIERI, C.; CHIMELO, J.P. **Fichas de características das madeiras brasileiras**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. - IPT, 1989. 419p.
- MORREL, J.J.; SMITH, S.M. Fungi colonizing redwood in cooling towers: identities and effects on wood properties. **Wood and fiber science**, v.20, n.2, p.243-249, 1988.
- MOUZOURAS, R. Soft rot decay of wood by marine microfungi. **Journal of the Institute of Wood Science**, v.11, n.5, p.193-210, 1989.
- NATARAJAN, K.; UDAIYAN, K. Cooling tower fungi in India. **International biodeterioration bulletin**, v.14, n.3, p.85-87, 1978.
- NEVES, F.C.M.; BRAZOLIN, S.; MONTEIRO, M.B.B. Inspeção dos internos de uma torre de resfriamento. In: SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO DE INSPEÇÃO DE EQUIPAMENTOS, 1 E SEMINÁRIO BRASILEIRO DE INSPEÇÃO DE EQUIPAMENTOS, 17, 1989. **Anais**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Petróleo - IBP, 1989. 17p.
- NILSSON, T. Defining fungal decay types: final proposal. In: ANNUAL MEETING, 19, Madri, 1988. **Proceedings**. Stockholm: The International Research Group on Wood Preservation - IRG, 1988.
- OLIVEIRA, A.M.F.; LELIS, A.T.; LEPAGE, E.S. Agentes destruidores da madeira. In: LEPAGE, E.S., coord. **Manual de preservação de madeiras**. São Paulo: IPT, 1986. v.1, p.101-130.
- PUCKORIOUS, R.P. Cooling tower wood decay identification, current incidence and control methods. In: ANNUAL MEETING, 1984. **Proceedings**. Houston: 1984. (Cooling Tower Institute - CTI, n.TP84-10)
- PUCKORIOUS, R.P. Cooling tower wood decay preliminary survey results and conclusions. In: ANNUAL MEETING, 1985. **Proceedings**. New Orleans: 1985. (Cooling Tower Institute - CTI, n.TP85-19)
- RECORD, S.J.; HESS, R.W. **Timbers of the world**. New Haven: Yale University Press, 1943.
- SAVORY, J.G. Breakdown of timber by Ascomycetes and fungi imperfecti. **Annual applied biology**, v.41, n.2, p.336-47, 1954.
- SINGH, A.P.; HEDLEY, D.R.; PAGE, C.S. Microbial degradation of CCA-treated cooling tower timbers. **IAWA bulletin**, v.13, n.2, p.215-231, 1992.
- UDAIYAN, K.; MANIAN, S. Fungal deteriorogens from preservative treated service timber packing in water cooling towers. **International biodeterioration & biodegradation**, v. 27, p.275-279, 1990.
- UDAIYAN, K.; MANIAN, S. Fungi colonising wood in the cooling tower water system at the Madras Fertilizer Company, Madras, India. **International biodeterioration & biodegradation**, v.27, n.4, p.351-371, 1991.
- WILCOX, W.W. Degradation in relation to wood structure. In: NICHOLAS, D.D., ed. **Wood deterioration and its prevention by preservative treatments - Degradation and protection of wood**. Syracuse: Syracuse University Press, 1973. v.1, p.107-148

