

INFLUÊNCIA DA ESTRUTURA ANATÔMICA DE *Brosimum rubescens* TAUB. MORACEAE (PAU-RAINHA) NO PROCESSO DE MICRODISTRIBUIÇÃO DO CCA -A¹

Ceci SALES-CAMPOS², Maria Silvia de MENDONÇA³,
Basílio Frasco VIANEZ²

RESUMO - No presente estudo foi avaliada a tratabilidade da espécie madeireira *Brosimum rubescens* Taub., Moraceae (pau-rainha), da região amazônica. Os testes foram feitos em três diferentes alturas (base, meio e ápice do fuste), com preservante CCA, tipo A, a 2% de concentração, utilizando-se o processo de impregnação sob pressão, através do método de célula cheia "Bethell". Os dados mostraram que o grau de tratabilidade do alburno é "moderadamente difícil" enquanto que o cerne é "refratário". Os resultados de absorção das toras estudadas nas diferentes alturas da árvore não apresentaram diferença significativa. Houve diferença significativa entre cerne e alburno, com intervalos de retenção de 7,95 a 8,84 kg/m³ para o alburno e de 0,13 a 0,27 kg/m³ para o cerne. Embora os vasos sejam considerados estruturas de maior importância em relação a condução, as fibras obtiveram papel relevante no processo de distribuição do preservante. O raio e o parênquima axial, mesmo no alburno, apresentaram-se ineficientes quanto a condução, devido a deposições de extrativos presentes nesses elementos. Os resultados sugerem que a refratibilidade do cerne, bem como a permeabilidade limitada do alburno desta espécie está relacionada com o conteúdo de extrativos presentes na madeira e, em especial, devido à presença de tiloses nos vasos.

Palavras-chave: Madeira da Amazônia, *Brosimum rubescens*, estruturas anatômicas, preservação da madeira, tratabilidade, absorção, retenção, penetração

Influence of Anatomical Structure of *Brosimum rubescens* Taub., Moraceae (Pau-rainha) in the Process of Microdistribution of CCA -A

ABSTRACT - In the present study, the wood treatability of the Amazon species *Brosimum rubescens* Taub., Moraceae (pau-rainha) was evaluated. The tests were carried out on three different positions of the tree stem (lower end, middle and upper end) with CCA type A at 2% concentration, using the Full-Cell process, also known as "Bethell" process. The data showed that the sapwood is moderately difficult to preserve, whereas the heartwood is refractory. The results of absorption at different positions of the tree stem did not present significant differences. There was a significant difference between sapwood and heartwood, with the retention ranging from 7,95 to 8,84 kg/m³ for sapwood and from 0,13 to 0,27 kg/m³ for heartwood. Although the vessels are considered structures of major importance related to conduction, the fibres played a relevant role in the process of preservative distribution. The rays and the axial parenchyma, even in the sapwood, were not efficient due to extractive deposits present in these elements. These results suggest that the refractory property of the heartwood, as well as the limited permeability of the sapwood of this specie is related to the extractive contents present in the wood, and especially due to the presence of tyloses inside the vessels

Key-Words: Amazonian wood, *Brosimum rubescens*, anatomical structures, wood preservation, treatability, absorption, retention, penetration

¹ Parte da dissertação apresentada pelo primeiro autor ao programa de pós graduação do INPA/UA, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas, Área de concentração Botânica.

² Coordenação de Pesquisas em Produtos Florestais/Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - Av. André Araújo, 1756 - Caixa Postal 478 - CEP 69.011-970 - Manaus, AM, Brasil.

³ PROPESP - Departamento de Apoio a Pesquisa - Universidade do Amazonas - Av. General Rodrigo Otávio Jordão Ramos, 3000 - Aleixo - Manaus, AM, Brasil.

INTRODUÇÃO

Desde os mais remotos tempos, a madeira vem sendo usada pelo homem, para os mais variados fins. Todavia existe grande variabilidade quanto as propriedades físicas, mecânicas, anatômicas e químicas, conferindo-lhes maior ou menor resistência natural. Estudos de caracterização tecnológica comprovam que tal fator está diretamente ligado a essas propriedades. A madeira também apresenta comportamento distinto, dependendo do uso a que se destina e varia de espécie para espécie conforme sua resistência, e sua vida útil poderá ser aumentada desde que receba um tratamento preservante adequado (Déon, 1978). Para que um tratamento seja economicamente viável é imprescindível que a vida útil da madeira tratada seja significativamente aumentada, em relação àquela usada sem tratamento.

Atualmente, dos métodos de preservação de madeiras utilizados no mundo inteiro, os mais eficientes são os aplicados sob condições de vácuo e pressão, e dentre estes, encontra-se o de célula-cheia ou Bethell, utilizado no presente estudo, que visa preencher ao máximo as células da madeira com o preservativo (CTFT, 1970; Cockcroft, 1971; Déon 1978).

Embora o ato de se preservar madeira seja antigo e o método de impregnação sob pressão tenha iniciado em 1831 por Breant, conforme Wilkinson (1979), poucas pesquisas têm sido realizadas acerca de análise microscópica das estruturas anatômicas da madeira que permitem a passagem do líquido, quando se trata de preservativo, segundo Behr *et al.* (1969). Questões como a localização e a

retenção do preservante nas células da madeira são fundamentais na demonstração da eficácia do método de tratamento e na ação do preservante em relação a resistência à decomposição por organismos xilófagos

A espécie em estudo encontra-se distribuída principalmente na Bacia Amazônica (Brasil, Peru, Colombia) e Guianas, ocorrendo ainda no norte do Panamá (Berg, 1972). Seus principais usos são na movelaria decorativa, cabos e objetos torneados, faqueados decorativos, objetos de adornos, construção civil etc. (INPA-CPPF, 1991).

Embora a madeira do pau-rainha apresente alto valor decorativo, há um desperdício muito grande do alburno vendido em muitas serrarias de Manaus, como aparas ou costaneiras devido sua susceptibilidade a organismos xilófagos, que segundo Jesus & Bononi (1991) apresentou alta susceptibilidade a diversos Basidiomycetos.

Considerando que a espécie permite boa trabalhabilidade, produzindo lâminas lisas, compactas e de fácil secagem, além de dispor de uma quantidade relativamente grande de alburno, cerca de 15 a 20 cm de espessura conforme INPA-CPPF (1991), é importante que se preserve a madeira, afim de que haja uma utilização mais adequada desta matéria prima, destinando o alburno a confecção de portas e esquadrias por exemplo, permitindo desta forma, um uso mais racional da floresta.

A escolha da espécie do estudo atual decorreu não só em função da preocupação com o desperdício do alburno de uma espécie nobre, como também em função das diferenças

marcantes entre as estruturas do cerne e do albarno, evidenciadas na absorção do preservante, tornando de grande interesse o estudo anatômico em relação a penetração do preservante.

O presente estudo pretende avaliar a importância da estrutura celular dos diversos elementos xilêmicos de *Brosimum rubescens* na absorção do preservante CCA tipo A, em três diferentes alturas da árvore (base, meio e ápice), e também entre cerne e albarno, como forma de contribuição para melhor interpretação dos resultados de tratabilidade (absorção, retenção, penetração do preservante), buscando associação da anatomia da madeira com a permeabilidade.

A viabilização deste estudo é de grande importância para o conhecimento da tratabilidade da madeira, onde a anatomia funciona como ferramenta para a compreensão dos resultados de tratabilidade, evidenciando as estruturas celulares encarregadas da absorção do preservante e que são observadas através de análise microscópica, o que possivelmente contribuirá para a avaliação do grau de tratabilidade de outras espécies.

MATERIAL E MÉTODOS

O material coletado para o presente estudo foi oriundo do município de Presidente Figueiredo, situado ao norte da cidade de Manaus - Amazonas, Brasil, entre as coordenadas geográficas 2° 00' à 2° 10' de Latitude Sul e 60° 00' à 60° 30' de Longitude Oeste, próximo ao km 140 da BR-174 Manaus - Caracará (DNPM, 1978). O estudo dividiu-se em duas partes: teste de tratabilidade da madeira, usando o método de célula cheia (Bethell) e o

estudo anatômico da espécie.

As amostras para o teste de tratabilidade foram oriundas de 3 árvores, sendo 3 toras por indivíduo, selecionadas da base, meio e ápice conforme Fig. 1A. Os corpos-de-prova, livres de defeitos, possuindo dimensões finais de 5x5x70cm, conforme padrões IUFRO aplicados por Becker (1970) e AWPA (1983), com algumas adaptações, foram retirados do cerne e do albarno, obedecendo a um corte orientado nas 3 secções (transversal, tangencial e radial) passando por um processo de secagem natural sob abrigo, durante 8 meses, até que adquirissem um teor de umidade de equilíbrio da região que é em torno de 18%.

Após a secagem, as amostras foram pesadas (peso inicial - das amostras secas, antes da absorção do líquido preservante), sendo vedadas suas extremidades com hidroasfalto para evitar a penetração do preservante pelos topos já que na prática esta área é percentualmente pequena em relação as superfícies radiais e tangenciais.

As amostras destinadas ao estudo anatômico foram confeccionadas apenas dos corpos-de-prova provenientes dos alburnos das amostras preservadas, com a finalidade de visualização do preservante nas células da madeira, já que o cerne apresentou caráter refratário. Os padrões utilizados foram os da Comissão Pan-americana de Normas Técnicas - Copant (1973). A técnica de amolecimento adequada para o presente estudo foi efetuada através da imersão dos bloquinhos preservados, em uma solução de água/glicerina na proporção de 75% de glicerina, durante 4 semanas, com auxílio de pesos para garantir a total imersão das amostras na solução,

pois outras produtos comumente usados em técnicas de amolecimento para estudo anatômico da madeira promoviam reação do indicador (Cromoazurol-S) ou mesmo de parte do CCA não fixado, permitindo um espalhamento dessas substâncias em outras células, interferindo nos resultados.

Dos corpos-de-provas tratados foram confeccionadas lâminas contendo cortes histológicos (transversal, tangencial e radial), onde as faces radiais e tangenciais foram divididas em externas e internas, de modo que possibilitasse a observação da intensidade de penetração do preservante através da face externa bem como a contribuição desta através da análise da face interna contígua a externa.

Os cortes histológicos provenientes de amostras preservadas foram coloridos com Cromoazurol-S - substância indicadora, que reage com o preservante, produzindo coloração azulada indicando a penetração do mesmo nas células da madeira, possibilitando a visualização da distribuição do preservante, permitindo a observação das estruturas que contribuíram para a penetração do produto na madeira. No presente estudo, o Cromoazurol-S foi utilizado não só para indicar a penetração do CCA nos testes colorimétricos, conforme IPT-DIMAD (1980), como também com o objetivo de corar o tecido celular preservado mostrando a microdistribuição do preservante nas células da madeira.

Foram feitas fotografias macroscópicas da madeira em vários aumentos, nas seções transversais, tangenciais e radiais, das amostras tratadas e não tratadas sendo que as tratadas foram observadas nos 5 planos (tangencial interno e externo, radial interno e externo e transversal,

com a finalidade de se ter uma noção da área preservada.

O preservativo utilizado foi o CCA, tipo A (arseniato de cobre cromatado), a uma concentração de 2 %. Para a preparação da solução, bem como cálculos de retenção e absorção, seguiu-se o manual da Preserva (1980). O método de impregnação adotado foi o de célula-cheia ou Bethell, que consiste no tratamento da madeira em autoclave, aplicado sob condições de vácuo e pressão, onde a madeira é tratada em condição seca, tendo sido utilizado vácuo inicial e final de 560 mm Hg, durante 45 minutos e pressão de 12kg/cm² durante 3 horas.

Após a secagem e pesagem das amostras, os corpos-de-prova foram tratados na autoclave. Ao final do ensaio de preservação, escorreu-se o líquido excedente e pesou-se novamente, para que, através da diferença de peso e da densidade do CCA a 2 %, fosse calculado o valor da absorção (l/m³), e em função desta, calculou-se a retenção de ingredientes ativos, obtida ao multiplicar-se o valor da absorção pela concentração do preservante que é expressa em kg/m³.

Passadas duas semanas do tratamento, os corpos de prova foram cortados transversalmente a 20cm de suas extremidades e suas seções transversais foram submetidas ao teste de penetração (colorimétrico) representado na figura 1B, onde a aplicação de uma substância indicativa (Cromoazurol-S) reage com o preservante, promovendo coloração azulada mostrando visualmente onde houve a penetração (IPT-DIMAD, 1980).

Para a avaliação do grau de tratabilidade procedeu-se o mesmo critério adotado IBDF/LPF (1988) e Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT-SP, com algumas modificações de Vianez & Sales Neta (1989), utilizado para análise de preservação em autoclave com madeiras da Amazônia (Sales Neta & Vianez, 1991). A distribuição do preservante na peça foi classificada de acordo com os padrões mais comuns de penetração (IBDF, 1988; Vianez & Sales Neta, 1989; INPA/CPPF, 1991) representados na figura 1C.

Classificação da Tratabilidade da Madeira

A madeira foi finalmente classificada quanto a sua tratabilidade a partir dos valores de absorção e dos tipos de penetração, obedecendo os critérios de classificação de Vianez & Sales Neta (1989).

Procedimento Estatístico

Para análise dos resultados de tratabilidade foram utilizados os seguintes sistemas: Statistical Analysis System (SAS) e planilha eletrônica Excel.

A variável testada para os três indivíduos de *Brosimum rubescens* no presente estudo foi retenção, expressa em (kg/m^3) sendo observadas três posições (base, meio e ápice do fuste) e duas partes da árvore (cerne e alburno), com o fim de verificar diferenças de retenções entre os fatores pré-estabelecidos no experimento. A escolha da variável retenção para análise estatística ao invés de absorção, deu-se em função da primeira expressar o que ficou realmente retido na madeira após

o processo de absorção e evaporação da água, ou seja, os ingredientes ativos contidos no preservante.

Os dados do experimento foram considerados inteiramente casualizados no esquema fatorial $3^2 \times 2$ para testar os efeitos dos fatores escolhidos, de forma a maximizar o nível de retenção do preservante CCA-A, em três exemplares da espécie, onde são considerados 3 corpos de prova por posição (base/meio/ápice) dentro de cada parte (cerne/alburno), para cada indivíduo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estudo de Tratabilidade

Encontram-se na tabela 1 o resumo dos resultados de tratabilidade dos indivíduos, nas diferentes partes estudadas (cerne e alburno) e nas diferentes posições (base, meio e ápice), que foram obtidos a partir dos dados médios de absorção e penetração, obedecendo aos critérios de classificação de tratabilidade, segundo classificação de Vianez e Sales Neta (1989), onde evidenciou-se diferença significativa somente do efeito parte.

O alburno, pertencendo ao grupo 3 de absorção em todas as alturas (base, meio e ápice), com intervalo de absorção entre árvores variando de $397,44 \text{ l}/\text{m}^3$ a $442,14 \text{ l}/\text{m}^3$ e com o padrão de penetração do tipo parcial periférica, classifica-se quanto a sua tratabilidade, em madeira moderadamente difícil de tratar, no presente estudo (Tab. 1). O resultado difere de estudos de tratabilidade efetuados anteriormente com a mesma espécie, onde a classificação para tal estrutura foi de madeira moderadamente

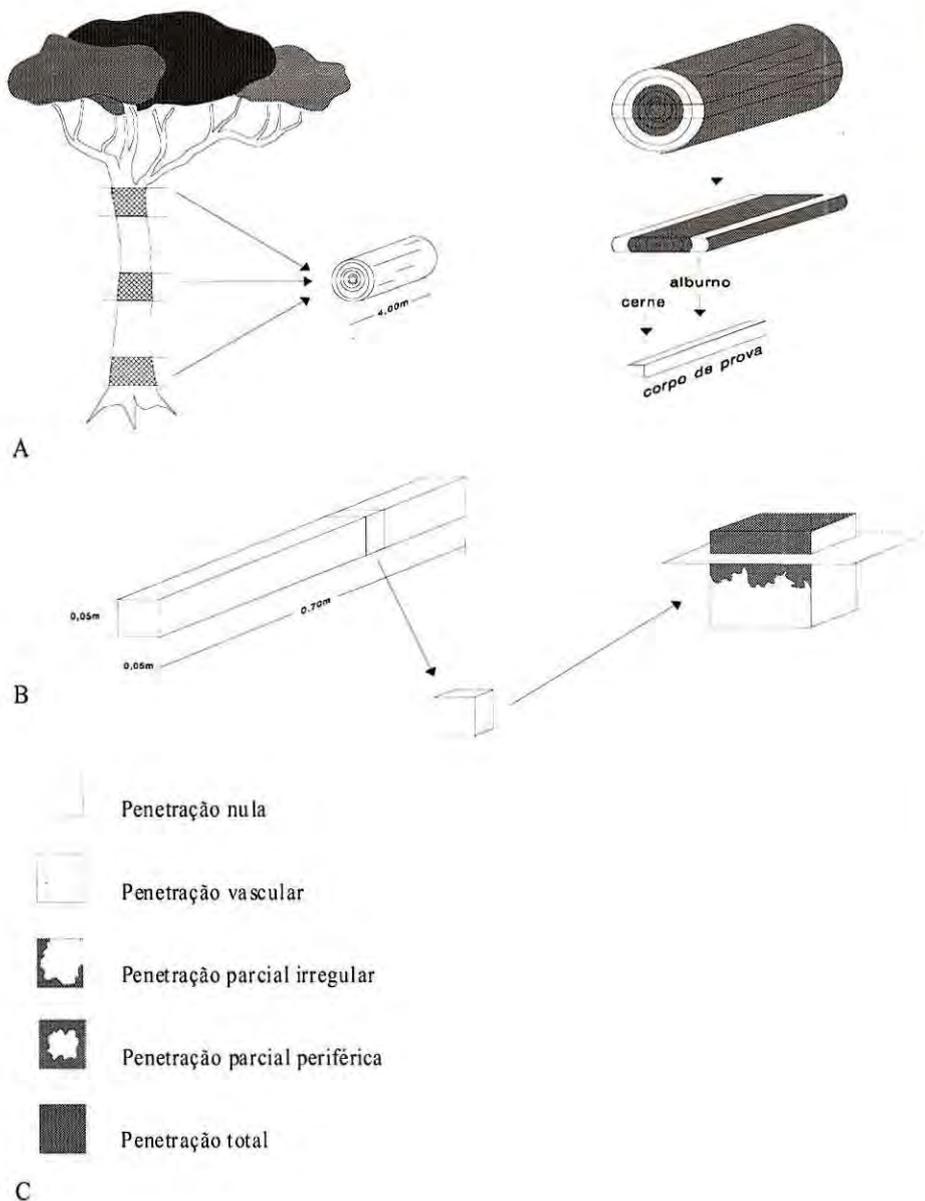


Figura 1. Esquema de coleta, desdobro e parâmetros de análise da tratabilidade da madeirada. A- Representação esquemática da amostragem. B - Amostra para o teste colorimétrico. C - Padrões mais comuns de penetração do preservante na madeira.

fácil de tratar (INPA/CPPF, 1991). É provável que as diferentes localidades e as possíveis diferenças de idades das árvores, bem como fatores edáficos possam ter sido responsáveis pelos resultados diferentes.

O cerne, possuindo penetração nula em todas as alturas e valores muito baixos de absorção, com intervalo de absorção entre árvores variando de 6,66 l/m³ a 13,26 l/m³ (Tab. 1), é considerado refratário quanto ao processo de impregnação em questão, comportando-se de maneira semelhante ao estudo anterior.

Embora a penetração do alburno tenha sido predominantemente do tipo parcial periférica em todas as árvores conforme Tab. 1, onde optou-se pela predominância, observou-se também o tipo parcial vascular, mesmo com a aplicação do selador de pontas nas extremidades dos corpos-de-prova. Isto se explica provavelmente em função da madeira apresentar grã reversa, possibilitando que alguns vasos fossem seccionados em uma das superfícies expostas ao produto, permitindo a penetração e condução do preservante.

No estudo de tratabilidade do INPA/CPPF (1991), com madeiras da Amazônia, observou-se que dos alburnos estudados apenas 22,5 % apresentaram facilidade de tratamento, com os padrões de tratamento variando de fácil a moderadamente fácil de tratar. O restante apresentou dificuldade de tratamento dos tipos: difícil, moderadamente difícil e refratária. Dos cernes, apenas 17,5% obtiveram facilidade de tratamento e o resto apresentou dificuldade, seguindo os mesmos padrões citados

para o alburno.

A espécie em estudo apresenta cerne refratário e alburno moderadamente difícil de tratar, utilizando-se o mesmo processo de impregnação do estudo anterior, sugerindo que a maioria das espécies madeiras da Amazônia são de difícil tratabilidade, concordando com vários estudos realizados com tais espécies (IBDF/LPF, 1981; 1988; INPA/CPPF, 1991; 1993).

A alternativa para as madeiras da Amazônia que são de difícil tratabilidade, possivelmente seria o tratamento por difusão. O método oferece a vantagem de impregnação através dos capilares da parede celular, penetrando portanto mais profundamente. Através da difusão pode-se obter uma boa penetração, mesmo em espécies refratárias (Richardson, 1978; Wilkson, 1979).

Estudo Anatômico da Distribuição do Preservante na Madeira

O estudo anatômico foi dividido em estudo macro e microscópico da madeira preservada. As figuras 2 e 3 evidenciam a penetração no alburno através de análise macroscópicas, onde a secção transversal dá uma idéia do mapeamento desta penetração através do bloquinho de madeira analisado, sendo que as faces radiais e tangenciais foram divididas em internas e externas, onde as externas mostram a intensidade do preservante recebido na superfície exposta ao preservante e as internas contíguas às externas mostram a contribuição da penetração destas. Os cortes histológicos destinados ao estudo de microdistribuição foram efetuados

Tabela 1. Dados médios de retenção, absorção, tipo de penetração, grupo de absorção e classificação da tratabilidade das árvores 1, 2, 3 de *Brosimum rubescens*.

Árvore	Altura	Parte	Absorção Média (l/m ³)	Retenção Média ± Desv. Padrão (kg/m ³)	Penetração	Grupo	Classificação
1	base	cerne	8,93	0,18 ± 0,01	N	1	R
		alburno	401,56	8,03 ± 0,07	P P	3	M D
	meio	cerne	9,83	0,20 ± 0,01	N	1	R
		alburno	412,71	8,25 ± 0,03	P P	3	M D
	ápice	cerne	13,26	0,27 ± 0,04	N	1	R
		alburno	397,44	7,95 ± 0,88	P P	3	M D
2	base	cerne	6,66	0,13 ± 0,02	N	1	R
		alburno	405,38	8,11 ± 0,26	P P	3	M D
	meio	cerne	10,19	0,20 ± 0,03	N	1	R
		alburno	414,61	8,29 ± 0,31	P P	3	M D
	ápice	cerne	9,04	0,18 ± 0,04	N	1	R
		alburno	430,71	8,61 ± 0,23	P P	3	M D
3	base	cerne	7,48	0,15 ± 0,01	N	1	R
		alburno	442,14	8,84 ± 0,36	P P	3	M D
	meio	cerne	10,89	0,22 ± 0,06	N	1	R
		alburno	401,52	8,03 ± 0,07	P P	3	M D
	ápice	cerne	12,54	0,25 ± 0,05	N	1	R
		alburno	419,35	8,39 ± 0,47	P P	3	M D

apenas com amostras preservadas de alburno, já que o cerne é considerado refratário.

Não foi encontrada nenhuma referência literária acerca de estudos de microdistribuição de preservante com madeiras da Amazônia, até o presente momento, tornando difícil a comparação dos resultados, além do fato de que quando tais estudos são realizados com folhosas, referem-se na maioria, às espécies de clima temperado e com ênfase para *Eucalyptus* spp. Todavia, assim como são importantes os parâmetros inerentes à tratabilidade da madeira, a anatomia constitui papel relevante na análise de distribuição do preservante, porém, pouco se tem feito nesse sentido e a maioria desses estudos são relatados

às coníferas.

Enquanto as coníferas são mais estudadas em relação a permeabilidade e distribuição de líquido, talvez pela simplicidade de suas estruturas anatômicas, ainda é muito discutido e são poucas as evidências microscópicas em relação a distribuição do preservante após a penetração inicial dos vasos nas folhosas.

Embora os vasos sejam considerados estruturas de maior importância em relação a condução (Hunt & Garrat, 1953; Wardrop & Davies, 1961; Rudman, 1965; Behr *et al.*, 1969; Greaves, 1972, 1973), estes não contribuíram de maneira eficiente para a condução do preservante no atual estudo. Provavelmente esta contribuição limitada quanto ao

processo de distribuição do produto deva-se em parte, a freqüentes obstrução das pontuações vasculares por extrativos encontradas na parede dos mesmos, conforme observa-se na figura 4A, E. Tais observações coincidem com as de Côté (1963), quando analisou as características anatômicas que afetavam a permeabilidade da madeira e encontrou como uma das causas, a oclusão das pontuações por extrativos.

Foram observadas pontuações vasculares impregnadas de CCA (Fig. 4A), porém com precária distribuição do produto. Tal fato assemelha-se com o descrito por Greaves (1974) quando estudava *Eucalyptus spp* e *Fagus silvatica*, onde o autor também detectou obstrução das pontuações vasculares, com precária distribuição lateral do preservante em *Eucalyptus*, porém, boa distribuição para *Fagus silvatica*.

Teesdale (1918), *apud* Greaves (1974), usando creosoto, aponta os vasos, quando não obstruídos, como estruturas de maior absorção. Liese (1957) afirma que os vasos que apresentam obstrução por tiloses permanecem impenetráveis.

Tal estrutura limita a permeabilidade da madeira, e neste trabalho, contribuiu consideravelmente para a impermeabilidade do cerne que é considerado refratário, sendo comum sua ocorrência também em algumas amostras de alburno, semelhantes as descritas por Panshin & Zeeuw (1980), contribuindo também para dificultar sua permeabilidade, podendo ser evidenciada na figura 4B

Provavelmente essa estrutura

também influenciou no processo de secagem das amostras, considerando o prolongado tempo de secagem utilizado para atingir a umidade de equilíbrio, necessária para a execução do trabalho, concordando com Burger & Richter (1991), quando refere-se a tilose como um dos fatores que dificultam o processo de secagem da madeira, relatando tal ocorrência em *Moraceae*.

Behr *et al.* (1969), tratando várias folhosas com pentaclorofenol e creosoto, encontraram penetração em alguns vasos que continham tiloses, porém, esses elementos, não se apresentavam completamente obstruídos por tiloses.

A ocorrência freqüente de tiloses do tipo esclerificadas, limitou a distribuição do preservante nos vasos no presente trabalho, mesmo no alburno, onde pode-se observar na figura 4C-D, concordando com Panshin & Zeeuw (1980), quando relata que na maioria das vezes essas estruturas possuem paredes finas, mas, em algumas espécies podem tornar-se tão espessas que chegam a ser esclerificadas.

A obstrução do lume celular por extrativos e outros compostos químicos de natureza complexa constituiu fator bastante limitante no processo de tratabilidade da madeira.

Observou-se grande quantidade de extrativos depositados no lume das células, concordando com Castro e Silva & Silva (1991) quando encontraram considerável quantidade de extrativos na espécie. Esta madeira possui muito látex, exsudando bastante no momento do abate da

árvore, ocorrendo também a presença de cristais no parênquima axial, estando de acordo com Détienne & Jacquet (1983), sendo que no momento do desdobro das toras promoviam desgastes freqüentes nas serras, semelhante aos provocados por sílica, oferecendo resistência ao corte e que provavelmente também contribuíram para o caráter refratário do cerne, assim como a permeabilidade limitada do alburno.

Foram encontradas incrustações semelhantes as descritas por Panshim & Zeeuw (1980) em células do parênquima axial e do raio, onde o autor relata que esses materiais são normalmente cristais, sílicas e várias substâncias de natureza química complexa, sendo encontrados particularmente em partes do alburno, os quais dificultaram a permeabilidade.

Embora não seja possível aqui, a visualização de obstruções da membrana da pontuação entre vaso/parênquima radial, em decorrência de resolução microscópica, observou-se freqüentes bloqueios entre vaso/raio em função de extrativos (Fig. 4A), os quais impediram o deslocamento do preservativo em tais estruturas. Rudman (1966), empregando diferentes técnicas de localização da distribuição do preservante em *E. maculata* e *E. obliqua*, encontrou também obstruções dessas membranas por extrativos.

Existe uma divergência muito grande entre os autores acerca da microdistribuição dos preservantes

nas folhosas, o que é natural, dada a heterogeneidade de suas estruturas, além do fato da diversidade entre as espécies. As fibras aqui, por exemplo, obtiveram papel relevante no processo de dispersão do líquido preservante, evidenciando uma passagem de célula à célula (fibra à fibra) conforme observa-se nas figuras 4A-B, onde as pontuações entre as fibras contribuíram muito para esta passagem de líquido nas células do alburno. Já os vasos, proporcionaram freqüentes bloqueios devido a presença de tiloses ou de extrativos, conforme comentado anteriormente. Com relação a este fato, Hunt & Garrat (1953) relatam que as fibras assumem importante papel na dispersão do preservante, tornando-se às vezes mais importantes do que os vasos, quando estes apresentam obstruções por tiloses, embora estes sejam normalmente os elementos responsáveis pela maior condução do preservante.

Greaves (1974) revela que a penetração nas fibras parece ser extremamente variável. O atual estudo evidencia a importância da estrutura, concordando com Hunt & Garrat (1953) e discordando de Stone & Green (1958) que acreditavam que a fibra contribuía muito pouco ou quase nada para a penetração de líquido na madeira.

O raio e o parênquima axial entretanto, ao contrário do que se imaginava, não contribuíram de maneira efetiva para a distribuição do preservante (Fig. 4A-B), isto de

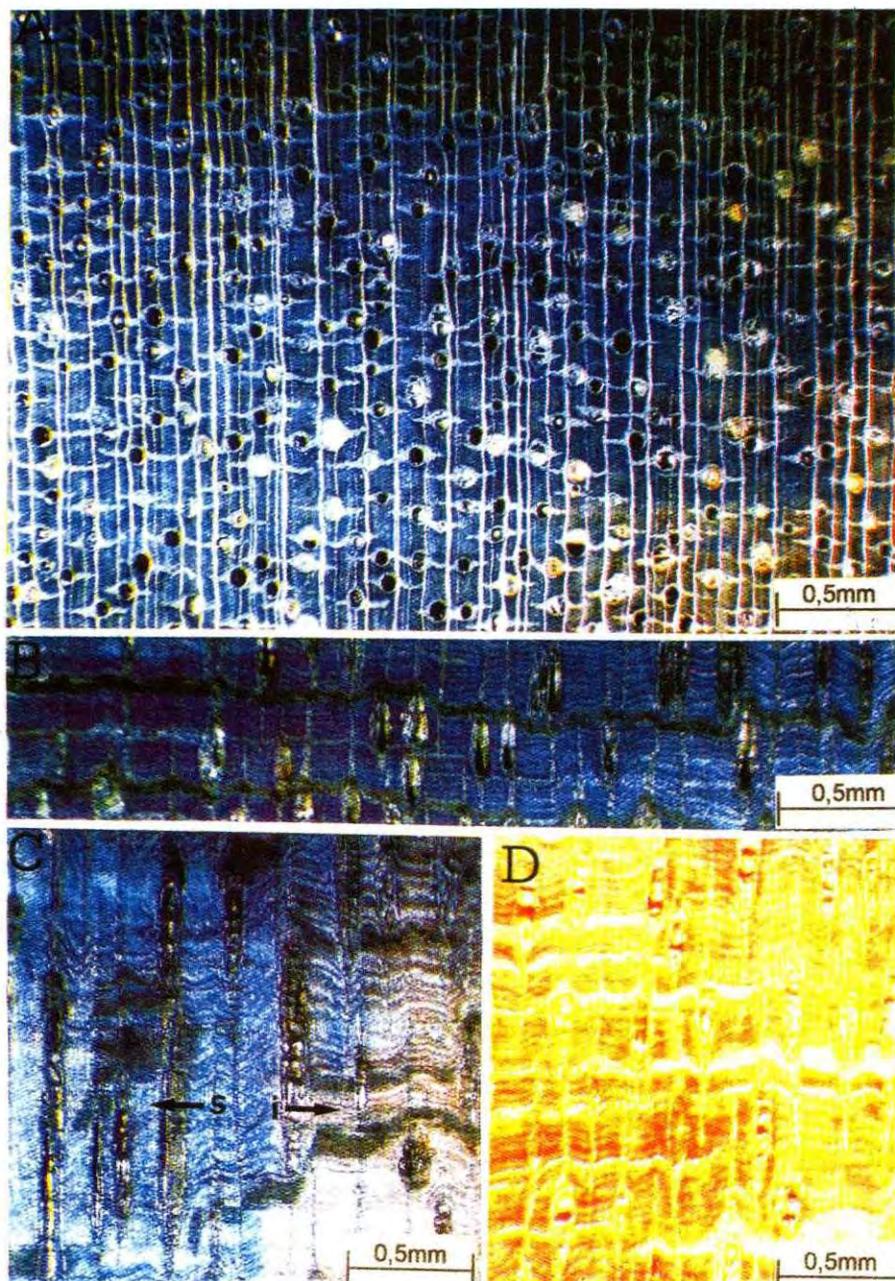


Figura 2. Visualização macroscópica da penetração do CCA em *Brosimum rubescens*. A - secção transversal. B - secção radial externa. C - secção radial interna. D - secção radial, sem preservante. s: superfície; i: interior do bloco analisado.

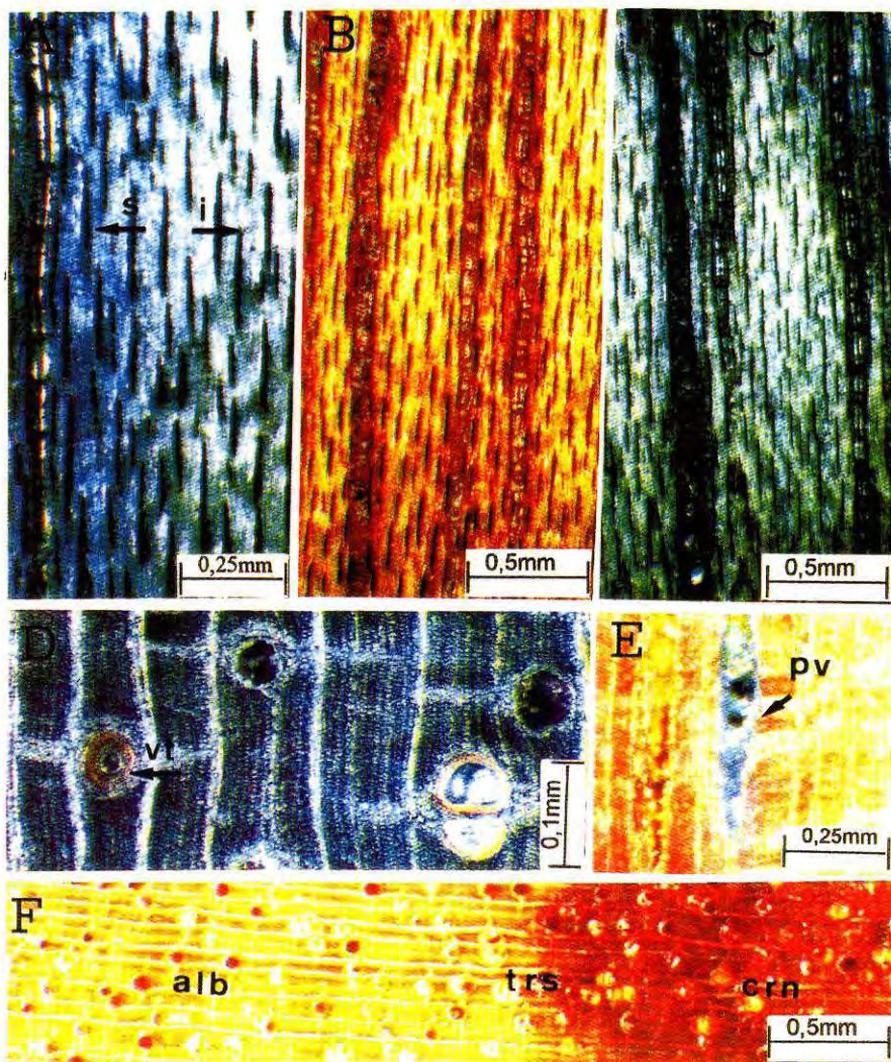


Figura 3. Visualização macroscópica da penetração do CCA em *Brosimum rubescens*. A - secção tangencial interna preservada. B - secção tangencial sem preservante. C - secção tangencial externa preservada. D - detalhe da secção transversal preservada. E - secção radial interna com penetração vascular. F - secção transversal sem preservante. s: superfície; i: interior; vt: vaso com tilose; pv: penetração vascular; trs: transição; crn: cerne; alb: albarno.

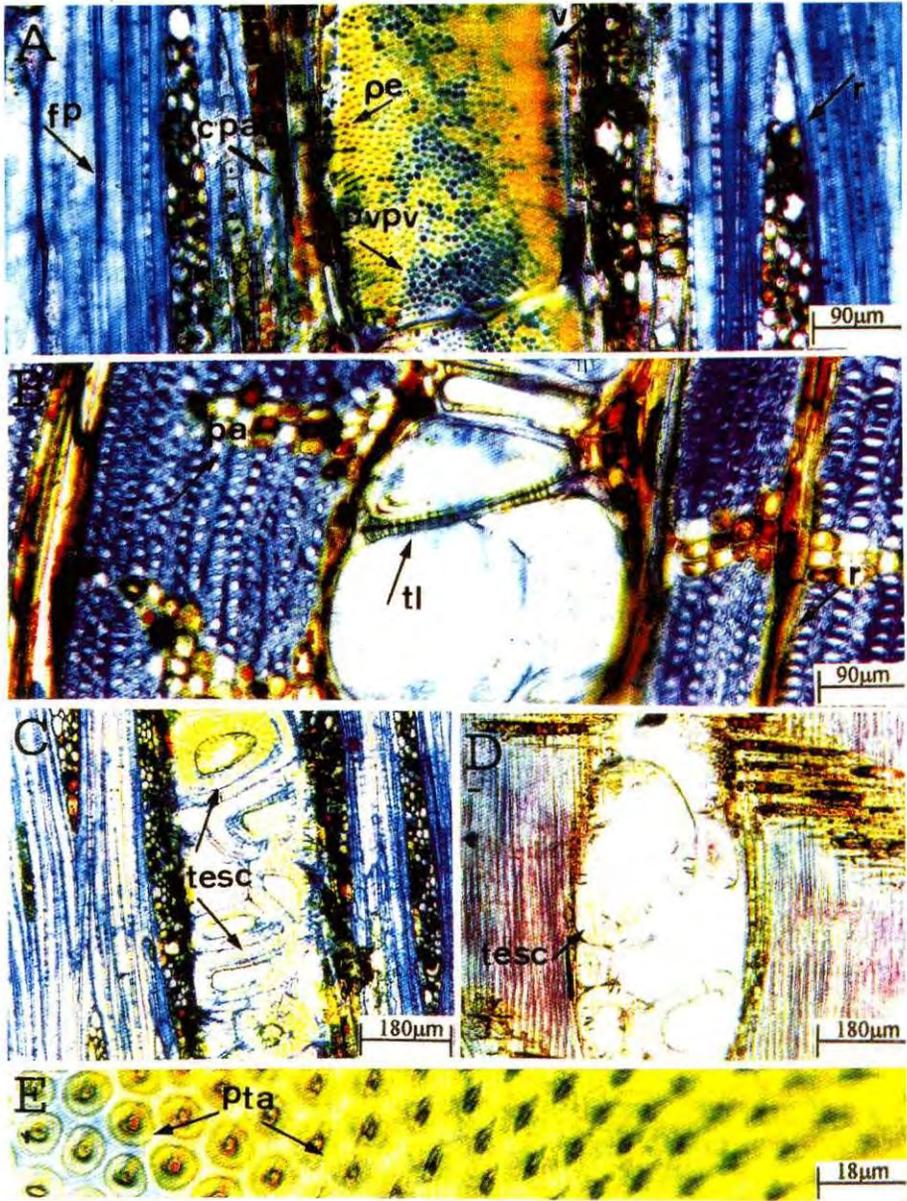


Figura 4. Microdistribuição do CCA em *Brosimum rubescens*. A - corte tangencial externo. B' - transversal. C - tangencial externo. D - radial interno. E - detalhe das pontuações vasculares. fp: fibras preservadas; cpa: células do parênquima axial; pe: pontuações com extrativos; pvpv: pontuações vasculares com preservante; v: vaso; r: raio; pa: parênquima axial; tl: tilose; tesc: tilose esclerificada; pta: pontuações areoladas.

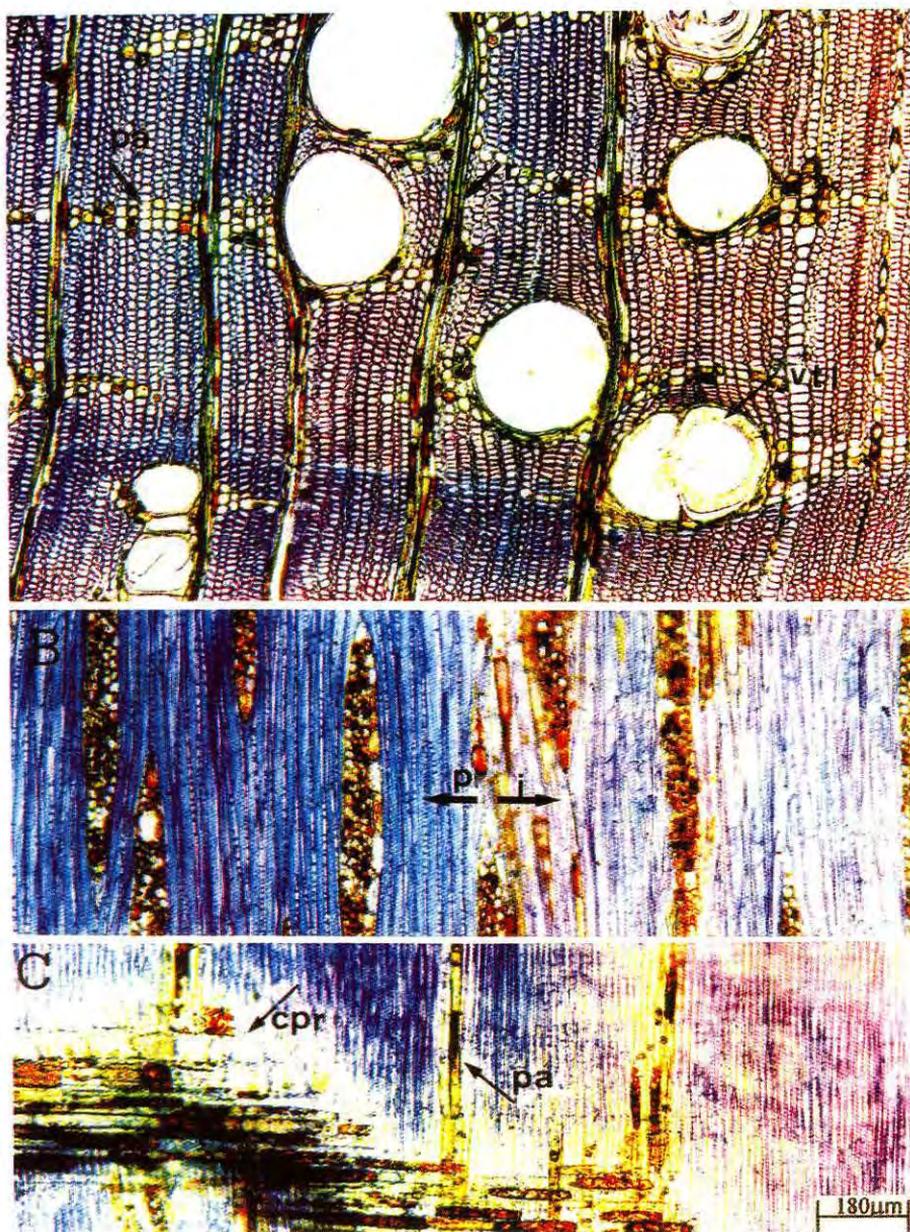


Figura 5. Visão geral da microdistribuição do CCA em *Brosimum rubescens*. A - secção transversal. B - secção tangencial interna. C - secção radial interna. pa: parênquima axial; vtl: vaso com tilose; r: raio; p: periferia; i: interior do bloco analisado; cpr: células do p. radial;

extrativos (Castro e Silva & Silva, 1991), é possível que no conteúdo desses extrativos esteja ocorrendo tanto aqui como no estudo de Greaves (1974), uma reação do CCA com poliflavonóides taninos, contribuindo desta forma para dificultar a penetração no alburno, concordando com Pizzi *et al.* (1986), além das características anatômicas inerentes a espécie. Entretanto, não foi feita nenhuma análise química no presente estudo.

CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Conclusões

Dos parâmetros analisados (árvores, posições e partes) em relação aos índices de retenções do CCA em *Brosimum rubescens*, observou-se diferença significativa de retenção apenas quanto as partes (cerne/alburno). O alburno apresentou nível de retenção significativamente maior que o cerne. Quanto a tratabilidade, o alburno é considerado madeira moderadamente difícil de tratar, no estudo atual.

A diferença marcante de retenção entre o cerne e o alburno está relacionada com maiores deposições de extrativos presentes no cerne e ainda com maior obstrução dos vasos do cerne por tilose. Deposições de extrativos tanto no parênquima radial como no axial contribuíram para a má condução do preservante nestas células.

As fibras obtiveram contribuição relevante no processo de condução e penetração do preservante no alburno, onde as pontuações entre as fibras provavelmente foram as responsáveis pela grande importância no processo de distribuição do produto preservante no alburno.

Sugestões

Sugere-se a realização de estudo químico, envolvendo análises qualitativa e quantitativa dos extrativos da espécie, afim de que a contribuição química assim como a anatômica possam dar suporte ao estudo de tratabilidade da madeira;

Sugere-se estudos de microdistribuição de espécies afins, assim como espécies de baixa e média densidade, com a finalidade de comparações;

Que o cerne e o alburno sejam analisados separadamente em espécies que possuam tais estruturas distintas, principalmente em estudos de caracterização tecnológica onde envolva as propriedades físicas e mecânicas que podem influenciar nos dados de densidade, se forem tomadas como um todo.

O pouco conhecimento que se tem acerca da distribuição de preservantes em relação a estrutura anatômica das folhosas, além da anatomia intrínseca a cada espécie e ainda o fato de nem sempre os estudos de permeabilidade da madeira serem realizados com preservantes, mas com soluções aquosas e outros corantes, nos levam a crer que se faz necessário a realização de pesquisas com preservantes, afim de que os resultados sejam condizentes com a prática.

A complexidade da estrutura anatômica das folhosas, aliada ao pouco conhecimento acerca da microdistribuição de preservante com madeiras tropicais e principalmente com espécies da Amazônia, desperta a necessidade de continuação de pesquisas nesse sentido, não apenas

com a finalidade de dirimir dúvidas, como também, de auxiliar na preservação da madeira, afim de que haja uma utilização mais racional da floresta, de tal forma que as espécies não sejam apenas catalogadas como em extinção, sem que tenha havido o conhecimento de suas propriedades.

Bibliografia citada

- AWPA. 1983. *Standard method of evaluating wood preservatives by field tests with stakes*. Standard M7-83. American Wood Preservers's Association, Grandbury, 7p.
- Becker, G. 1970. Método padrão sugerido pela IUFRO para ensaios de campo com estaca de madeira. *Preservação da madeira*, 1(4): 205-216.
- Berg, C.C. 1972. Olmedieae Brosimeae (Moraceae). *Flora Neotropica*, 7:189-193.
- Behr, E.A.; Sachs, I.B.; Kukachka, B.F.; Blew, J.O. 1969. Microscopic examination of pressure-treated wood. *For. Prod. J.*, 19 (8):31-41
- Butcher, J.A.; Nilson, T. 1982. Influence of variable lignin content amongst hardwoods on soft-rot susceptibility and performance of CCA preservatives. *The International Research Group on Wood Preservation*. IRG/WP 1151: 1-16. Stockholm, Sweden.
- Burger, L.M.; Richter, H.G. 1991. *Anatomia da madeira*. Nobel, S. Paulo. 154p
- Castro e Silva, A.; Silva, M.B. 1991. *Influência da anatomia e química nas propriedades da madeira*. Publicação avuls. UTAM-CEPEF, Manaus. 17p.
- CTFT. 1970. *Note sur l'injection des bois en autoclave*. Centre Technique Forestier Tropical, Nogent-Sur-Marne, France, 7p.
- Cockcroft, R. 1971. *Timber preservatives and methods of treatment*. Timberlab papers 46. Prince Risborough Laboratory/Building Research Establishment, Aylesbury. 6p.
- Comission Panamericana de Normas Técnicas. 1973. *Maderas. Descripción de características organolépticas, macroscópicas y microscópicas de Dicotiledoneas Angiospermas. Anteproyecto de normas COPANT* 30: 1-9.
- Côté, W.A. 1963. Structural factors affecting the permeability of wood. *J. Polymer Sci*, part C, 2:231-242.
- Déon, G. 1978. *Manuel de préservation des bois en climat tropical*. Centre Technique Forestier Tropical, Nogent-Sur-Marne, France. 111p.
- Departamento Nacional de Produção Mineral. 1978. *Levantamento de Recursos Naturais*. Projeto RADAM-BRASIL, Manaus. V 18, folha SA 20.
- Détienne, P.; Jacquet, P. 1983. *Atlas d'identification des bois de l'Amazonie et des régions voisines*. Centre Technique Forestier Tropical, Nogent-Sur-Marne, France. 640p.
- Greaves, H. 1972. Structural distribution of chemical components in preservative treated wood by energy dispersion X-Ray analyses. *Material und Organismen*, 7:277-285.
- Greaves, H. 1973. X-ray analyses of selected anatomical structure in Copper-Chrome-Arsenic treated wood. *The International Research Group on Wood Preservation*. IRG/WP/320. 5th Annual Meeting, Messilä, Finland.
- Greaves, H. 1974. A review of the influence of structural anatomy on liquid penetration into hardwoods. *C. S. I. R. O. Forest Prod. Lab.*, Victoria, Australia. p. 37-40.
- Hunt, G.M.; Garratt, G.A. 1953. *Wood preservation*, 2.ed. McGraw Hill, New York. 417p.
- Hulme, M.A.; Butcher, J.A. 1977. Soft-rot control in hardwoods treated with chromated copper arsenate preservatives. II. Pattern of soft-rot attack. *Material und Organismen*, 3: 175-187.
- IBDF-LPF. 1981. *Madeiras da Amazônia; Características e utilização - Floresta Nacional do Tapajós*. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal - Laboratório de Produtos Florestais, Brasília. V.I: 113p.
- IBDF-LPF. 1988. *Madeiras da Amazônia;*

- Características e utilização - Estação Experimental de Curuá-Una*. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal - Laboratório de Produtos Florestais, Brasília. V. II: 236p
- INPA-CPPF 1991. *Catálogo de madeiras da Amazônia: Características Tecnológicas; Área da hidrelétrica de Balbina*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - Centro de Pesquisas de Produtos Florestais, Manaus. 163p
- INPA-CPPF. 1993. *Catálogo de madeiras da Amazônia: Características Tecnológicas*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - Centro de Pesquisas de Produtos Florestais, Manaus. 58p.
- IPT-DIMAD 1980. Reações colorimétricas para determinação de preservativo em madeiras. In: *Métodos de ensaio e análises em preservação de madeiras*. Public. No 1155. Instituto de Pesquisas Tecnológicas - Divisão de Madeiras C1, S. Paulo.
- Jesus, M.A.; Bononi, V. 1991. *Fungos em essências florestais da área da Usina Hidrelétrica de Balbina, Presidente Figueiredo, Amazonas*. Boletim ABPM no 70, Associação Brasileira de Preservadores de Madeira, S. Paulo, 19p.
- Leightley, L. 1981 Soft-rot studies on CCA treated *Eucalypt* power transmission poles. *The International Research Group on Wood Preservation*. IRG/WP 1131. Queensland, Australia. 27p.
- Liese, W. 1957. The fine structure of hardwood pits. C.S.I.R.O. translation nº 3926 from *Holz als Roh-und werkstoff*, 15(11):449-453.
- McNamara, W.S.; Greaves, H.; Triana, J.F. 1981. Tropical field exposure of CCA treated *Eucalypt* stakes. *Material und Organismen*, 2:81-99.
- Nilson, T. 1982. Comments on soft-rot attack in timbers treated with CCA preservatives: a document for discussion. *The International Research Group on Wood Preservation*. IRG/WP 1167. Stockholm, Sweden. 10p.
- Panshin, A.J.; Zeeuw, C. 1980. The woody cell wall. In: *Textbook of Wood Technology*. 4.ed. McGraw-Hill Springer-Verlag, New York. Part I: 85-239.
- Pizzi, A.; Conradie, W.E.; Bariska, M. 1986. Polyflavonoid tannins - From a cause of CCA soft-rot failure to the "missing link" between lignin and microdistribution theories. *The International Research Group on Wood Preservation*. IRG/WP 3359. 17th Annual Meeting, Avignon, France. 20p.
- Preserva. 1980. *Manual de tratamento de madeiras*. Preserva Produtos Químicos Ltda, São Paulo. 55p.
- Richardson, B.A. 1978. *Wood preservation*. The Construction Press, Lancaster. 238p.
- Rudman, P. 1965. Fine structure of wood. *Nature*, 208: 55-56.
- Rudman, P. 1966. Studies in wood preservation, part II: Movement of aqueous solutions through the pits and cell walls of *Eucalyptus* sapwood. *Holzforschung*, 8(20):57-60.
- Sales Neta, C.; Vianez B.F. 1991. Chemical treatment of ten Amazonian timber species of low natural durability. *International Research Group on Wood Preservation*. IRG/WP/3640. 22th Annual Meeting, Kyoto, Japan. 14p.
- Siau, J.F. 1971. *Flow in wood*. Syracuse Univ. Press, New York. 131 p.
- Stone, J.E.; Green, H.V. 1958. Penetration and diffusion into hardwoods. *Pulp and Paper Mag.*, 50:223-232.
- Vianez, B.F.; Sales Neta, C. 1989. Proposta de um método simples para interpretação dos resultados de tratabilidade de madeiras. *Anais do 3º Encontro Brasileiro em Preservação de Madeiras*, Associação Brasileira de Preservadores de Madeira, São Paulo. p. 361-367.
- Wardrop, A.B.; Davies G.W. 1961. Morphological factors relating to the penetration of liquids into wood. *Holzforschung*, 15(5):129-41.
- Wilkinson, J.G. 1979. *Industrial timber preservation*. Rentokil Ltd. Assoc. Business Press, London. 532p.

Aceito para publicação em 29/11/2001