



Impregnação com resina natural na Figueira Branca como forma alternativa de impermeabilização



José de S. Nogueira¹, Francisco A. R. Lahr², Nicolau Priante Filho³ & Marta C. de J. A. Nogueira⁴

¹ Dept. de Física/UFMT. Av. Fernando Corrêa, s/n, Coxipó, CEP 78060-900, Cuiabá, MT. E-mail: jparana@terra.com.br (Foto)

² Dept. de Estruturas – LaMEM/EESC/USP. E-mail: frocco@sc.usp.br

³ Dept. de Física/ICET/UFMT. E-mail: nicolaup@terra.com.br

⁴ Dept. de Arquitetura e Urbanismo/FTEN/UFMT. E-mail: mcjan@terra.com.br

Protocolo 077 - 29/5/2001

Resumo: Investigou-se, neste trabalho, a capacidade de impregnação da Figueira Branca (*Ficus monckii*) com a resina natural da árvore de Jatobá (*Hymenaea courbaril*); trata-se de uma espécie de madeira de baixa densidade, originária do Estado do Mato Grosso, Brasil. Foram determinados os coeficientes de retração da madeira, preparando-se posteriormente, a resina, para impregnação, e depois se fez o ensaio inverso do inchamento da madeira impregnada. Compararam-se os dois coeficientes para a madeira não impregnada com o da madeira impregnada, a partir de testes estatísticos com amostras pareadas. O coeficiente de inchamento da madeira impregnada foi significativamente menor que o de retração da não impregnada, em todas as direções dos corpos de prova. Com isto, foi possível se constatar que a impregnação da Figueira Branca com a resina natural do Jatobá tornou-a mais impermeável aumentando, assim, a possibilidade dessa madeira ser empregada na construção civil ou na indústria moveleira.

Palavras-chave: umidade, estabilidade dimensional, madeira, *Ficus monckii*

Impregnation with natural resin in the 'Figueira Branca' as alternative form of impermeabilization

Abstract: The capacity of impregnation of the 'Figueira Branca' (*Ficus monckii*), with the natural resin of 'Jatobá' tree (*Hymenaea courbaril*) was investigated in this work. The Figueira Branca is a low density wood from Mato Grosso State, Brazil. The retraction coefficients of the untreated wood were determined and later the resin was prepared for impregnation and the inverse rehearsal of the swelling of the impregnated wood was made. The two coefficients for the impregnated wood and unimpregnated wood were compared by statistical tests of paired samples. The coefficient of swelling of the impregnated wood was significantly smaller than that of retraction of the unimpregnated wood for all directions. Therefore, it was possible to verify that the impregnation of the Figueira Branca, with the natural resin of Jatobá, made it more impermeable, increasing the possibility of its use in the construction of houses or in the furniture industry.

Key words: impregnation, humidity, dimensional stability, wood, *Ficus monckii*

INTRODUÇÃO

A madeira é um material que, apesar de conhecida e utilizada, ainda apresenta alguns tipos de restrição quanto ao seu emprego, por ser heterogênea e com propriedades anisotrópicas, além de apresentar variações nas suas propriedades físicas, químicas e mecânicas. Para utilizá-la, alguns cuidados devem ser tomados quanto à sua caracterização para que sua eficácia não fique comprometida (Helmeister, 1973).

No Estado de Mato Grosso, região rica em espécies nativas, pode-se observar um grande número de indústrias madeireiras, que extraem e processam não somente as espécies utilizadas

no Brasil como, também, as exportadas para outros países. A partir de contatos com essas indústrias, constatou-se que uma das causas da não utilização de alguns tipos de madeira no Brasil, que têm grande valor em outros países, é o desconhecimento de suas propriedades ou de tipos de tratamento que aumentem a sua durabilidade ou, mesmo, a sua resistência para a aplicação em áreas com elevada umidade, como cozinha, banheiro etc.

Nas áreas constantemente submetidas a altas umidades, com frequência ocorre alteração na forma e dimensão dos painéis de fechamento, resultando em defeitos na estrutura e prejudicando a sua funcionalidade e estética. Embora no Brasil boa parte das áreas com elevada umidade seja construída em

alvenaria, é possível utilizar-se a madeira, desde que aplicadas técnicas adequadas de impermeabilização e de preservação para evitar o ataque de fungos e insetos (Galvão & Jankowsky, 1985) sem a necessidade de se utilizar tintas especiais que, embora protejam a madeira, alteram muitas vezes sua cor natural (Gomes, 1997).

Desta maneira, surgiu a necessidade de se desenvolver uma pesquisa sobre a impregnação com resina natural em algumas espécies de madeira de baixa densidade, e analisar o comportamento de propriedades físicas, mais especificamente a umidade, o inchamento e a retração, que se faz necessário (Marinch, 1984) tendo em vista as madeiras brasileiras de alta qualidade estarem se tornando cada vez mais caras e escassas; embora com todos os estudos de reflorestamento existentes, as formas alternativas de aproveitamento e utilização de madeiras consideradas de média e baixa qualidade, se tornam motivo de pesquisas (Longsdon & Giroldo, 1992; Longsdon, 1998).

O objetivo deste trabalho foi testar a capacidade de impregnação de uma madeira de baixa densidade (Figueira Branca - *Ficus monckii*) com resina natural (Costa et al., 1996; Robbers et al., 1997; Silva et al., 1998) de Jatobá (*Hymenaea courbaril*) como forma alternativa de impermeabilização.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização desse trabalho realizou-se, primeiramente, um levantamento nas madeiras da região de Cuiabá, MT, para a identificação de uma espécie de madeira de importância regional, escolhendo-se, para este trabalho, a Figueira Branca (*Ficus monckii*) madeira extraída na região Norte do Estado de Mato Grosso (UFMT). Discos da referida madeira foram doados pela Madeireira Berneck, os quais foram enviados ao Laboratório do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Mato Grosso, onde foi efetuada a identificação microscópica da espécie (Mainieri & Chimelo, 1989). A condição inicial de dois discos da espécie apresentava estado saturado, e o terceiro teor de umidade não saturado; com isto, houve a necessidade de realizar uma saturação para a uniformização do teor de umidade.

Os corpos-de-prova foram preparados no 9º Batalhão de Engenharia e Construção em Cuiabá, MT, seguindo a indicação da NBR-7190 (ABNT, 1997). Para a realização dos ensaios, foram utilizados 12 corpos-de-prova, retirados de três árvores diferentes, desdobrados em discos de aproximadamente 8,00 cm de espessura. De cada disco foram extraídos quatro corpos-de-prova para que a amostragem tivesse validade estatística. Esses corpos-de-prova apresentaram as seguintes dimensões: 2 x 3 x 5 cm, nas direções tangenciais, radiais e axiais, respectivamente.

Para os procedimentos de impregnação, os corpos-de-prova foram encaminhados ao Laboratório do Grupo de Pesquisa em Novos Materiais do Departamento de Física da UFMT.

Parâmetros analisados

A estabilidade dimensional da madeira foi avaliada através das propriedades de retração e de inchamento das espécies, com direções preferenciais L_1 , L_2 e L_3 , correspondentes às direções axial, radial e tangencial, respectivamente. Determinaram-se as retrações, o inchamento axial, radial e tangencial, através das Eqs. 1, 2, 3, 4, 5 e 6, obtidas da NBR-7190 (ABNT, 1997) cujas deformações específicas de retração (ϵ_r) e de inchamento (ϵ_i) são consideradas índices de estabilidade dimensional, além de determinadas para cada uma das dimensões preferenciais.

Cálculo da retração (ϵ_r %)

$$\epsilon_{r,1} = \left(\frac{L_{1,sat} - L_{1,seco}}{L_{1,sat}} \right) 100 \quad (1)$$

$$\epsilon_{r,2} = \left(\frac{L_{2,sat} - L_{2,seco}}{L_{2,sat}} \right) 100 \quad (2)$$

$$\epsilon_{r,3} = \left(\frac{L_{3,sat} - L_{3,seco}}{L_{3,sat}} \right) 100 \quad (3)$$

Cálculo do inchamento (ϵ_i %)

$$\epsilon_{i,1} = \left(\frac{L_{1,sat} - L_{1,seco}}{L_{1,seco}} \right) 100 \quad (4)$$

$$\epsilon_{i,2} = \left(\frac{L_{2,sat} - L_{2,seco}}{L_{2,seco}} \right) 100 \quad (5)$$

$$\epsilon_{i,3} = \left(\frac{L_{3,sat} - L_{3,seco}}{L_{3,seco}} \right) 100 \quad (6)$$

em que:

- L_1 - direção longitudinal ou axial, em mm
- L_2 - direção radial, em mm
- L_3 - direção tangencial, em mm
- sat - valor saturado

Delineamento experimental

Efetuiu-se a comparação entre os coeficientes de retração e de inchamento longitudinal, radial e tangencial dos 12 corpos-de-prova, a partir do teste t para amostras pareadas (Sokal & Rohlf, 1997). A partir das diferenças entre esses dois coeficientes, identificou-se se houve ou não a impregnação da madeira pela resina do Jatobá (*Hymenaea courbaril*) segundo as três direções principais dos corpos-de-prova.

Secagem

Antes do início do ensaio, determinou-se a umidade do lote da madeira, com base no item da NBR-7190 (ABNT, 1997). A determinação dessa umidade consistiu na pesagem de alguns corpos-de-prova retirados aleatoriamente do lote, a serem ensaiados; em seguida, foram colocados na estufa, a uma temperatura inicial de $100 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2$; no intervalo de 6 em 6 h, foram realizadas as pesagens, até se obter massa constante, registrando-se os valores da massa seca e se determinando, em seguida, a umidade do lote.

Após a escolha dos lotes, os corpos-de-prova saturados foram pesados e medidas suas quatro arestas em cada direção (longitudinal, radial e tangencial) de cada amostra e, posteriormente, feita sua média, obtendo-se as dimensões para a madeira

saturada (verde); após esta etapa, os corpos-de-prova foram levados para a estufa, com temperatura inicial de 40 °C.

Após 24 h, a temperatura foi elevada para 60 °C e, em 48 h, para 100 °C, permanecendo na estufa até atingir a massa constante que correspondesse à umidade de 0% e, novamente, foram feitas as medições de suas quatro arestas em cada direção, e posteriormente calculada a média.

Como um dos objetivos foi verificar a estabilidade dimensional, ou seja, a retração da espécie, fez-se necessário um controle rígido de sua massa, no intervalo de 2 h entre uma pesagem e outra, até atingir 0% de umidade obtendo-se, assim, as dimensões no estado seco (L_{seco}) etapa em que foi possível se obter os comprimentos seco nas principais direções dos corpos-de-prova.

Preparo da resina, impregnação e inchamento

A resina polimérica (Costa et al., 1996; Robbers et al., 1975; Silva et al., 1998) foi coletada de exsudatos naturais no tronco da árvore de Jatobá (*Hymenaea courbaril*) na zona rural da cidade de Chapada dos Guimarães, MT. O material coletado foi seco em estufa a 50 °C, por 24 h, e pulverizado em um almofariz de porcelana, até a consistência de pó com coloração branco-amarelada, solúvel em álcool etílico, sendo submetido a análises físico-químicas e espectrofotométricas (Barcellos et al., 1999). A solução utilizada na impregnação da madeira foi preparada dissolvendo-se 250 g da resina polimérica em 1200 mL de álcool etílico 99%; para a impregnação utilizou-se uma autoclave vertical, com capacidade para 25 L, potência de 1500 W e pressão de 1 kgf m⁻². Colocou-se o cesto dentro da autoclave contendo um recipiente com a solução (polímero + solvente e os corpos-de-prova); a seguir, aplicou-se uma pressão de impregnação durante 60 min; decorrido esse tempo, as amostras foram retiradas da autoclave e submetidas à medição de massa e volume, antes e após a eliminação do solvente em estufa a 50 °C.

O processo de inchamento foi realizado por meio do controle da massa estimada, oriundo da equação da umidade (Eq. 7) seguindo-se o procedimento adotado pela NBR 7190 (ABNT, 1997).

Tabela 2. Valores da estabilidade dimensional dos corpos-de-prova. Coeficientes de retração (madeira não impregnada) e de inchamento (madeira impregnada)

Corpos-de-Prova	Retração - ϵ_r			A_r^*	Inchamento - ϵ_i		
	Longitudinal (%)	Radial (%)	Tangencial (%)		Longitudinal (%)	Radial (%)	Tangencial (%)
FB ₁	0,25	3,90	7,56	1,94	0,19	4,20	6,15
FB ₂	0,24	4,06	6,96	1,71	0,02	2,30	5,71
FB ₃	0,57	3,94	6,98	1,77	0,27	3,73	5,77
FB ₄	0,25	4,08	7,18	1,76	0,25	3,16	6,05
FB ₅	0,25	2,01	4,74	2,35	0,28	3,38	6,00
FB ₆	0,45	3,68	4,88	1,32	0,17	3,47	5,47
FB ₇	0,43	3,14	5,42	1,73	0,15	2,77	4,39
FB ₈	0,15	3,83	4,31	1,13	0,15	2,91	3,97
FB ₉	0,11	4,86	7,05	1,45	0,10	1,74	5,50
FB ₁₀	0,24	4,87	12,76	2,62	0,28	4,25	6,12
FB ₁₁	0,25	5,84	6,96	1,19	0,17	2,57	5,68
FB ₁₂	0,25	6,44	6,70	1,04	0,15	2,09	5,59
N	12	12	12	12	12	12	12
Média	0,29	4,22	6,79	1,67	0,18	3,05	5,53
Desvio padrão	0,13	1,17	2,18	0,48	0,08	0,80	0,68
Intervalo de confiança	0,21 ≤ μ ≤ 0,36	3,56 ≤ μ ≤ 4,89	5,56 ≤ μ ≤ 8,03	1,36 ≤ μ ≤ 1,97	0,14 ≤ μ ≤ 0,23	2,60 ≤ μ ≤ 3,50	5,15 ≤ μ ≤ 5,92

* A_r - Coeficiente de anisotropia total na retração, segundo Nock (1975) definido como a relação entre a retração tangencial total e a retração radial total, utilizado para qualificar madeiras quanto aos problemas originários da secagem

$$U\% = \frac{m_u - m_s}{m_s} 100 \tag{7}$$

em que:

- U - umidade, %
- m_u - massa úmida (teor de umidade saturado), g
- m_s - massa seca (teor de umidade seco), g

O inchamento dos corpos-de-prova consistiu em colocá-los em recipientes com água, até que atingissem condição saturada. Enfim, para o valor desejado de umidade foram feitas as medições dos corpos-de-prova (madeira+polímero+umidade) e determinado o coeficiente de inchamento, seguindo-se a mesma técnica do processo de secagem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados das comparações entre os coeficientes de retração e de inchamento longitudinal, radial e tangencial, para os 12 corpos-de-prova; nela, nota-se que as diferenças pareadas entre os referidos coeficientes para as três direções analisadas, foram todas significativas (Sokal & Rohlf, 1997) e, como elas, em sua grande maioria, foram também positivas (coeficiente de retração - coeficiente de inchamento) este resultado mostra que houve impregnação da resina, o que acarretou na maior dificuldade da madeira em reter água.

Na Tabela 2 tem-se os valores da retração e inchamento para as direções longitudinais, radiais e tangenciais, com os respectivos intervalos de confiança. A não superposição dos

Tabela 1. Análise de diferenças pareadas entre os coeficientes de retração e de inchamento, da Figueira Branca

Coefic. de Retração / Coefic. Inchamento	GL	Diferenças Pareadas	Desvio-Padrão	t Student
Longitudinal	11	0,104	0,131	2,754*
Radial	11	1,174	1,656	2,456*
Tangencial	11	1,258	1,900	2,294*

* Significativo em nível de 5% de probabilidade

intervalos de confiança para os coeficientes indicados nesta Tabela indica que $\epsilon_r \text{ Tangencial} > \epsilon_r \text{ Radial} > \epsilon_r \text{ Longitudinal}$ e $\epsilon_i \text{ Tangencial} > \epsilon_i \text{ Radial} > \epsilon_i \text{ Longitudinal}$, resultados estes consistentes com a NBR-7190 (ABNT, 1997).

Observou-se, assim, que a Figueira Branca impregnada com a resina do Jatobá, apresentou maior característica de impermeabilidade em relação à não impregnada.

Os resultados apresentados indicam que a resina do Jatobá apresentou-se como impermeabilizante natural. Sugere-se que trabalhos semelhantes sejam efetuados para testar a impermeabilização, a partir de resinas naturais, de outras madeiras, a fim de se ampliar o seu emprego na construção civil, no setor moveleiro etc.

CONCLUSÕES

1. A resina do Jatobá apresentou propriedades de impregnação na Figueira Branca, tornando-a com características de impermeabilidade.

2. A estabilidade dimensional, tanto na retração como no inchamento, permaneceram na seqüência da $\epsilon_T > \epsilon_R > \epsilon_L$, valores estes indicados para melhores aproveitamentos dessa espécie pesquisada na construção civil e indústrias moveleiras.

3. O coeficiente de anisotropia na retração demonstrou que essa espécie pode ser usada em construções que permitam pequenos empenamentos, mas após a impregnação com a resina do Jatobá, essa espécie apresentou condições favoráveis para o emprego em áreas com elevada umidade, sendo possível seu uso, tanto no setor moveleiro como na construção civil.

AGRADECIMENTOS

Ao Banco da Amazônia - BASA, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso e à Pró-Reitoria de Pesquisa da Universidade Federal de Mato Grosso, pelo suporte financeiro, fundamental na execução deste trabalho. Os autores agradecem também aos revisores anônimos, cujas sugestões contribuíram para melhoria do texto original.

LITERATURA CITADA

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Projeto de estruturas de madeira - NBR 7190. São Paulo: ABNT, 1997, 105p.

Barcelos, M.T.F.C. Caracterização estrutural de resinas por RMN ^{13}C no estado sólido. In: Encontro de Usuários de Ressonância Magnética Nuclear, 7, Angra dos Reis. Anais... Angra dos Reis, 1999, v.1, p.83-84.

Costa, S.M.O.; Rodrigues, J.F.; Paula, R.C.M. Monitorização do processo de purificação de gomas naturais: Goma de cajueiro. Revista Polímeros: Ciência e Tecnologia, São Carlos, v.2, p.49-55, 1996.

Galvão, A.P.M.; Jankowsky, I.P. Secagem racional da madeira. São Paulo: Nobel, 1985. 112p.

Gomes, O.F. Estudo das ligações cavilhadas impregnadas com resinas estirênicas empregadas em estruturas de madeira. São Carlos: EESC/USP, 1997. 435p. Tese Doutorado

Helmeister, J.C. Sobre a determinação das características físicas da madeira. São Carlos: EESC, USP, 1973. 161p. Tese Doutorado

Longsdon, N.B. Principais características físicas de algumas espécies florestais do Estado de Mato Grosso. In: Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira, 1998, Florianópolis. Anais...Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1998. p.195-204.

Longsdon, N.B.; Giroldo, T.R.K. Estudo comparativo sobre procedimento da secagem no ensaio de retratibilidade. In: Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira, 4, 1992, São Carlos. Anais...São Carlos: LaMEM/USP, 1992. p.49-65.

Mainieri, C.; Chimelo, J.P. Fichas e características das madeiras brasileiras. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT, 1989. 418p.

Marinch, S.O. Emprego de madeiras brasileiras na obtenção de compósitos polímero-madeira. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 1984. 184p. Dissertação Mestrado

Nock, H.P.; Richter, H.G.; Burger, L.M. Tecnologia da madeira. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Departamento de Engenharia e Tecnologia Rural, 1975. 315p.

Robbers, J.E.; Speedie, M.K.; Tyler, V.E. Farmacognosia e Farmacobiocotecnologia. São Paulo: Premier, 1997. p.92-121. Tradução Bastos, J.K.

Silva, A.G.; Rodrigues, J.F.; Paula, R.C. Composição e propriedades reológicas da goma do angico. Revista Polímeros: Ciência e Tecnologia, São Carlos, v.2, p.34-40. 1998.

Sokal, R.R.; Rohlf, J.F. Biometry: The principles and practice of statistics in biological research. 3. ed. New York: W. H. Freeman and Company, 1997. 850p.