

PROPRIEDADES TÉCNICAS E UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DA SERINGUEIRA

Hernando Alfonso Lara Palma

Professor Assistente Doutor, Departamento de Recursos Naturais, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Rua José Barbosa de Barros, 1780 - C.P. 237 / CEP 18610-307, Botucatu-SP, fone/fax (14) 38117168; larapalma@fca.unesp.br

1. INTRODUÇÃO

No Brasil a participação das madeiras nativas na produção de madeira serrada vem decrescendo devido às pressões ambientais, exigências dos planos de manejo, distância dos centros consumidores e também da boa aceitação dos produtos a base de madeiras, provenientes de florestas plantadas. Hoje os plantios estabelecidos com espécies de rápido crescimento, principalmente pinus e eucaliptos, se constituíram nas principais fontes na produção de serrados, compensados e outros produtos a base de madeira (SBS, 2006).

Segundo a ABRAF (2010), em 2009 do total de 51,4 milhões m³ de toras de pinus consumidos, o segmento industrial madeireiro que inclui a madeira serrada, compensado e beneficiamento de produtos de maior valor agregado – PMVA (pisos, portas, janelas, molduras, ferramentas e *Edge Glued Panel* – EGP), foi o principal consumidor absorvendo cerca de 54% das toras produzidas.

A produção de madeira serrada tropical e de pinus oriunda de plantações no País deverão atingir patamares superiores aos atuais. A produção de madeira serrada de pinus atingirá em 2020 aproximadamente 13,0 milhões de m³ em relação à produção atual de 8,5 milhões de m³; já em relação à madeira tropical, a produção chegará a 16,0 milhões de m³, em relação à produção atual de 15,2 milhões de m³. Não obstante, o crescimento da demanda por esta matéria-prima poderá ocasionar déficits, se não for atendido, e no curto prazo o emprego de espécies alternativas para suprir essa demanda é importante (ABIMCI, 2007).

2. A SERINGUEIRA

A seringueira tem como habitat natural a Região Amazônica, sendo que existem dez espécies no Brasil, das onze conhecidas. Botanicamente, a seringueira é uma dicotiledônea do gênero *Hevea*, pertencente à família *Euphorbiaceae*, sendo todas as espécies lenhosas e

arbóreas e o caule é composto por celulose, hemicelulose, lignina e suberina (SAMBUGARO, 2007).

Tradicionalmente, a seringueira tem sido cultivada na região equatorial, entretanto, em consequência das dificuldades de produção nessas regiões e do aumento da demanda da borracha natural, várias regiões do mundo, fora da zona convencional, iniciaram o seu cultivo (CENTURION et al., 2005).

Quando se caracteriza o final da vida produtiva de látex das árvores de *H. brasiliensis*, que varia de 25 a 30 anos, elas são normalmente abatidas, para reformulação do plantio. As árvores, no estado de São Paulo, chegam a apresentar um diâmetro de 30 a 35 cm na região do DAP, podendo ser aptas para o corte, aproximadamente, 200 árvores/hectare, com uma produção de até 1 m³ de madeira por árvore (IAC, 2004).

Segundo Pushpadas et al. (1980) as árvores no final da sua vida produtiva apresentam um diâmetro médio 30 35 cm na região do DAP, sendo aptas para corte aproximadamente 184 árvores/hectare. De uma árvore obtêm-se 0,62 m³ provenientes do tronco e cerca de 0,39 m³ provenientes dos ramos laterais, totalizando 1,10 m³/árvore.

3. PRODUÇÃO DE BORRACHA E PLANTAÇÕES DE *Hevea brasiliensis*

A produção mundial de borracha natural em 2008 foi de 9,42 milhões de toneladas das quais mais de 78 % é originária do Sudeste Asiático, em países como a Tailândia (30%), Indonésia (28%), Malásia (11%) e Índia (9%). Em 2008, a Tailândia produziu 3.015 mil toneladas, a Indonésia 2.824 mil toneladas, a Malásia 1.078 mil toneladas e a Índia 880 mil toneladas. No mesmo ano, o Brasil produziu pouco mais de 128 mil toneladas, cerca de 1,35% da produção mundial (IAC, 2008).

Do total de borracha natural produzida no Brasil, os seringais paulistas participaram com 53%, evidenciando a crescente importância no suprimento de borracha para a indústria nacional, conferindo ao Estado de São Paulo a condição de primeiro produtor de borracha natural do Brasil (IAC, 2008).

A área total com plantações de seringueira nos principais países produtores é de aproximadamente 9,0 milhões de hectares, e mais de 80% desta área estão localizadas no Sudeste asiático, e deste total três países (Indonésia, Tailândia e Malásia) representam 80% da área total de plantações com seringueira (YOUKE, 2008; SHIGEMATSU et al., 2010)

Na África as áreas das plantações de seringueira são de 545 mil de hectares, aproximadamente, significando 4,3% da produção mundial de borracha. Na América Latina

as plantações alcançam 270 mil hectares, aproximadamente, cuja produção de borracha é de 2,1% da oferta mundial. A maior área encontra-se no Brasil com 150 mil hectares (IRSG, 2007 citado por GAMEIRO e GAMEIRO, 2008).

Da área plantada com seringueiras no Brasil, o estado de São Paulo lidera em área plantada com 70 mil hectares, seguido pelo estado do Mato Grosso, com quase 33% da área plantada, Bahia com 17%, Espírito Santo com 6%, Goiás com 3%, Minas Gerais 2%, e outros estados com 6%, num total de 137 mil hectares em produção (SBS, 2006; KRONKA, 2008).

A SBS (2006) e a Associação Paulista de Produtores e Beneficiadores de Borracha (APABOR) estabeleceram um plano de expansão da heveicultura no estado de São Paulo para atingir 250 mil hectares em 15 anos, a partir de 2005. O plano se baseia na previsão de uma taxa de 3% ao ano no crescimento do consumo de borracha, o que projeta consumo nacional de 534 mil toneladas para 2030. Os objetivos do plano são atingir 70% do consumo nacional de borracha natural, reduzir as importações desta matéria-prima e aumentar a renda agrícola.

Neste sentido e como consequência da ampliação futura das áreas de plantios da seringueira no país, haverá uma expressiva oferta de madeira desta matéria-prima, ao final de sua rotação.

4. POTENCIAL TECNOLÓGICO DA MADEIRA DE *Hevea brasiliensis*

Diversos trabalhos internacionais relatam práticas consolidadas de agregação de valor à madeira da seringueira (*Hevea brasiliensis*) pelo seu uso, ao final do ciclo produtivo de látex, na produção de serrados em geral e outros produtos à base de madeira.

Segundo Dhamodaram (2008), a produção potencial de toras de seringueira para fins industriais atingirá no período de 2016 a 2021, aproximadamente 52 milhões de m³, em relação à produção atual (45 milhões de m³) e desse total somente 14 milhões de m³ serão destinados para a produção de madeira serrada e compensados. Segundo este mesmo autor, as toras com diâmetro mínimo de 15 cm são destinadas as serrarias e indústrias de compensados, e as toras com diâmetros inferior (entre 5 e 15 cm) são destinadas para energia.

Normalmente a madeira recém serrada apresenta uma coloração clara do branco ao creme e às vezes com um tom rosáceo e tende a amarelar quando é submetida à secagem. Não apresenta diferenciação entre cerne e alburno. A densidade da madeira seca ao ar oscila entre 560 a 650 kg/ m³. O teor de umidade da madeira recém-cortada é de aproximadamente 60 a 80% (KILLMANN e HONG, 2000)

A madeira apresenta boas características de tranbalhabilidade (serrado, furação, torneado, pregado e colagem), no entanto o látex que permanece na madeira pode empastar os dentes das serras e forçar o corte. Também a madeira de seringueira pode ser curvada facilmente com o uso de vapor e pode ser tingida com facilidade.

O grande problema da utilização dos produtos provenientes da madeira de seringueira é a alta susceptibilidade ao ataque de fungos e insetos (besouros e cupins), devido à ausência de extrativos na madeira e a um alto teor de amido (7,5 a 10,2%) e açúcares livres (1 a 2,3%) necessitando, portanto, de um tratamento profilático logo após o corte, em um período menor que 24 horas (MILINGLIANG e ZHIJUAN, 2008).

A cultura da seringueira pode ser utilizada de várias formas. A sua borracha é de suma importância para o País e para o mundo, sendo a mesma utilizada na fabricação de pneumáticos e em centenas de artefatos de grande utilidade para a sociedade. Mais recentemente, a pesquisa da seringueira tem sido direcionada para o desenvolvimento de clones com dupla aptidão, para produção de borracha e madeira. Além disso, da cultura podem-se extrair óleos visando a produção de biodiesel e sabão. Com isso, a cultura torna-se mais útil, importante e lucrativa (SOUZA, 2007).

Santana et al. (2001), citando Hoi (1994) comentam que não faz muito tempo que o uso da madeira de *Hevea* restringia-se exclusivamente a lenha e carvão. Segundo os mesmos autores, a mudança definitiva nessa tradição ocorreu durante as décadas de 70 e 80, graças a um trabalho concentrado de pesquisa e desenvolvido por diversos países asiáticos, como a Tailândia, Sri Lanka, Índia e principalmente a Malásia.

Esses países desenvolveram e tornaram disponível a tecnologia da utilização dessa madeira em serrados em geral e diversos produtos engenheirados, como os painéis MDF e compensados (MAY e GONÇALVES, 1999).

No Brasil a madeira de *H. brasiliensis* obtida no final do seu ciclo produtivo de látex é utilizada, tradicionalmente e de forma quase exclusiva para fins energéticos.

Kronka et al. (2008), ao comentar o alto teor de carboidratos presente na madeira de *Hevea brasiliensis*, já revela um dos problemas de seu processamento: a madeira precisa receber tratamento profilático logo após a serragem, devido à alta susceptibilidade ao ataque de fungos e insetos.

De fato, a madeira remanescente, ou aquelas plantas secas, que não produzem mais látex, podem ser utilizadas como combustível, celulose, na indústria de móveis, na fabricação de portas, janelas, formas para concreto armado, vigas, colunas, painéis de madeira

compensada, energia (galhos), fabricação de tabuados, forros, caixotaria e painéis de cimento-madeira (MAY e GONÇALVES, 1999; OKINO et al, 2004; IAPAR, 2004)

5. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-MECÂNICA DA MADEIRA DE *Hevea brasiliensis*

A avaliação do potencial tecnológico de espécies florestais com disponibilidade comercial é iniciada pela caracterização de suas propriedades físico-mecânicas (BALLARIN, 2005).

As propriedades físicas mais empregadas na caracterização da madeira são a densidade, o teor de umidade e as alterações dimensionais promovidas pela perda ou ganho de água, notadamente a retratibilidade. Elas dão conta da ponderação direta dos dois primeiros fatores inerentes à organização estrutural da madeira, já listados.

As propriedades mecânicas avaliam a aptidão da madeira em suportar as solicitações mecânicas. São normalmente mensuradas considerando-se a resistência – aptidão em suportar solicitações mecânicas propriamente ditas e a rigidez – avaliada pelo módulo de elasticidade que reporta a proporcionalidade existente entre tensões e respectivas deformações específicas na fase de comportamento elástico-linear.

As propriedades mecânicas na madeira são avaliadas em duas direções principais: paralela e normal às fibras. É universalmente aceito que a resistência da madeira na direção normal às fibras é, para a compressão, menor que a observada na direção paralela, com valores da ordem de 25% dos observados nessa última direção. Analogamente, a rigidez da madeira na direção normal às fibras tem valores na faixa de 5% a 8% daquela na direção paralela às fibras (BODIG e JAYNE, 1993).

Dentre as propriedades mecânicas mensuradas na madeira, a compressão paralela às fibras é, no enfoque nacional no assunto, a propriedade de maior importância. Ela tem boa correlação com quase todas as demais propriedades mecânicas da madeira e é o parâmetro balizador na classificação estrutural desse material. Uma madeira com classe estrutural C20 tem uma resistência característica à compressão paralela às fibras de 20 MPa (BALLARIN, 2005).

Nos ensaios de compressão paralela às fibras e de flexão são determinadas a resistência e a rigidez da madeira a essas solicitações.

Na avaliação de madeiras para diversos usos, a dureza Janka evidencia-se, também, como propriedade de interesse e fácil mensuração em condições de campo. Embora, para alguns autores seja considerada uma propriedade mecânica sem aplicação imediata ou direta

dos seus resultados, subsiste como propriedade de real importância na caracterização mecânica de madeiras por ser importante parâmetro de comparação entre espécies (ROCHA, 2003).

Na literatura nacional são escassos os trabalhos relatando o desempenho físico-mecânico da madeira do gênero *Hevea*, explicitando, na maioria dos casos, somente o potencial tecnológico estimado.

Santana et al. (2001), estudaram a madeira de *Hevea brasiliensis*, dos clones brasileiros (IAN-717, IAN-873) e asiáticos (GT-711 e AV-1301), por meio de sua caracterização físico-mecânica. Os clones eram provenientes dos municípios de Ituberá e Grapina da Bahia, plantados entre 1957 e 1961.

Os resultados médios obtidos para as principais propriedades físicas são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Propriedades físicas de clones de *Hevea brasiliensis*.

Clone	densidade (kg/m ³)		contração (%)		
	básica	aparente	radial	tangencial	volumétrica
IAN-717	470	650	1,8	5,6	7,4
IAN-873	490	660	2,4	5,1	7,4
GT-711	510	630	2,3	5,2	7,5
AV-1301	470	590	2,4	5,0	7,5

Fonte: Santana et al., (2001)

Os valores encontrados para a densidade básica variaram de 470 kg/m³ a 510 kg/m³, classificando a madeira dos quatro clones como sendo leve, segundo a tabela de Classificação das Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira, elaborada pelo Laboratório de Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira – LPFM - IPT (IPT, s.d.).

Em termos do índice de anisotropia (IA), que expressa a relação entre as contrações tangencial e radial e sinaliza a estabilidade dimensional da madeira, o clone que apresentou esse índice mais elevado (IA = 3,3) foi o IAN-717.

Os resultados médios obtidos para as principais propriedades mecânicas são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Valores médios das propriedades mecânicas de clones de *Hevea brasiliensis*.

Propriedades para a condição seca (12% de umidade)					
Clone	Compressão (MPa)		Flexão estática (MPa)		Dureza Janka (N)
	f_{c0}	f_{c90}	f_M	E_M	f_{w0}
IAN-717	42,0	5,8	84,8	1100	5000
IAN-873	41,7	7,6	96,9	1300	2120
GT-711	42,4	7,9	87,5	1200	4840
AV-1301	43,3	8,6	81,5	1100	5370

Propriedades para a condição verde					
Clone	Compressão (MPa)		Flexão estática (MPa)		Dureza Janka paralela (N)
	f_{c0}	E_{c0}	f_M	E_M	f_{w0}
IAN-717	23,9	3,4	49,8	8700	2220
IAN-873	24,8	3,4	51,2	8800	2500
GT-711	27,0	3,6	56,1	10000	2480
AV-1301	22,0	3,6	48,1	7800	2350

f_{c0} - resistência a compressão paralela às fibras; f_{c90} - resistência a compressão normal às fibras; E_{c0} - módulo de elasticidade longitudinal na compressão paralela às fibras; f_M - resistência à flexão paralela às fibras; E_M - módulo de elasticidade à flexão paralela às fibras; f_{w0} - dureza janka paralela às fibras.

De acordo com a norma NBR 7190/97 (ABNT, 1997), as resistências à compressão paralela às fibras observadas, quando admitida a resistência característica como igual a 70% do valor médio avaliado na condição seca da madeira (12%), pode-se dizer que a madeira do clone AV-1301 seria enquadrada como C30 ($f_{c0k} = 30$ MPa) e a dos demais seria enquadrada na classe C20 ($f_{c0k} = 20$ MPa). Entretanto, considerando-se a igualdade estatística dessa resistência entre todos os clones estudados, nota-se, claramente, a necessidade da coleta e compilação de um universo maior de dados, para uma definição mais precisa dos enquadramentos.

Santana et al. (2001) concluem o estudo afirmando que a madeira dos clones testados pode ser usada para construções leves, móveis, artigos domésticos decorativos e utilitários, caixas, engradados, brinquedos, palitos de fósforo e painéis.

Atualmente, pesquisas do desempenho físico-mecânico da madeira do gênero *Hevea*, estão sendo desenvolvidas na Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP em Botucatu, SP.

O trabalho “*Hevea brasiliensis* - estudo tecnológico da sua madeira e produtos, obtidos de plantios no estado de São Paulo” é um projeto de auxílio regular à pesquisa financiado pela FAPESP (Proc. n. 09/08666-2).

Neste trabalho está sendo estudado dois clones de maior potencial comercial no Brasil (RRIM 600 e GT1) de *Hevea brasiliensis* em 3 condições distintas de sanidade das árvores (indivíduos sadios, com a seca fisiológica e com a seca patológica).

Os objetivos gerais desta pesquisa são: a) estudo tecnológico da madeira serrada e compensados (caracterização físico-mecânica), proveniente de plantios sadios; b) estudo epidemiológico (levantamento e dimensionamento do problema da seca do painel de sangria em diferentes estados brasileiros); c) estudo patológico (de diagnose de diferentes patógenos associados ao painel de sangria), d) estudo tecnológico da influência dessa patologia na qualidade da madeira.

Para o estudo tecnológico, foram selecionados os clones RRIM600 e GT1, considerando suas importâncias comerciais, por apresentarem características desejáveis ao estudo e por serem encontrados em plantios no estado de São Paulo com idade igual ou superior a 20 anos.

De cada clone foram retiradas 18 árvores em três situações distintas de sanidade: indivíduos sãos ou com produção normal de látex, indivíduos que apresentam seca do painel de sangria originada por fatores fisiológicos e indivíduos que apresentam seca do painel originada por fitopatógenos.

O clone RRIM600 foi retirado de plantios na cidade de Macaúbal, SP, cuja propriedade está localizada nas coordenadas geográficas 20°44' S e 49°56' W se encontra o talhão. O plantio fora manejado para exploração de látex, e, na época do abate, tinha 29 anos e apresentava espaçamento aproximado de 3 m x 8 m, resultando em uma densidade de 270 indivíduos por hectare.

O clone GT1 foi coletado da propriedade Santa Terezinha, localizada na Estrada Itajobi-Pindorama, km 5, no município de Itajobi, SP, nas coordenadas geográficas 21°18' S e 49°01' W. O plantio apresentava idade de 20 anos e espaçamento 2 m x 10 m, resultando em 500 árvores por hectare.

Na Tabela 3, são apresentados os resultados médios da densidade básica e retratibilidade das árvores sadias dos clones RRIM600 e GT1.

Segunda a classificação de madeiras pela densidade proposta por Melo et al. (1990), a madeira dos clones RRIM600 e GT1 estudadas podem ser classificadas como de média densidade.

O Quadro 1, apresenta uma compilação dos diferentes usos da madeira com ênfase na construção civil e usos gerais.

A densidade básica observada para os dois clones estudados indica uma aproximação desta madeira para estes usos.

Em termos do índice de anisotropia ($IA = T/R$), os dois clones apresentaram uma relação média e baixos valores absolutos da contração tangencial (T) e radial (R) o que indica serem estes clones mais estáveis.

Tabela 3 – Propriedades físicas de clones de *Hevea brasiliensis*.

Clone	Medida descritiva	Densidade (kg/m ³)	Contração (%)				T/R
			radial	tangencial	long.	volum.	
RRIM600	média	581	2,53	5,78	0,57	9,54	2,34
	desvpad	9	0,48	1,08	0,25	1,30	0,50
	C.V (%)	1,55	18,89	18,76	44,00	13,61	21,29
GT1	média	594	2,69	5,84	0,24	9,32	2,22
	desvpad	11	0,51	0,68	0,10	1,41	0,30
	C.V (%)	1,91	19,07	11,67	40,76	15,15	13,33

Fonte: Projeto FAPESP/UNESP-Botucatu (em andamento)

Quadro 1 – Uso da madeira na construção civil.

Uso da madeira na construção civil	
1	Construção civil leve interna estrutural: ripas e partes secundárias de estruturas.
2	Construção civil leve interna, de utilidade geral: forros, guarnições, lambris, cordões e rodapés.
3	Construção civil, uso temporário: pontalotes, andaimes, formas para concreto
4	Construção civil leve em esquadrias: portas, venezianas e caixilhos.
5	Outros usos, compensados, assoalhos domésticos, etc.
6	Móveis estandar, partes internas de móveis

Fonte: IPT, 2009

Na Tabela 4 são apresentados os resultados médios obtidos dos ensaios de resistência à compressão, flexão estática e dureza Janka paralela às fibras para os dois clones estudados.

De acordo com a norma NBR 7190/97 (ABNT, 1997), às resistências à compressão paralela às fibras observadas, quando admitida a resistência característica como igual a 70% do valor médio avaliado na condição seca da madeira (12%), pode-se dizer que a madeira do clone RRIM600 (29,31 MPa) seria enquadrada como C20 ($f_{c0k} = 20$ MPa) e o clone GT1 (30,42 MPa) seria enquadrada na classe C30 ($f_{c0k}=30$ MPa). Entretanto, considerando-se a igualdade estatística dessa resistência entre os dois clones estudados, nota-se claramente a necessidade da coleta e compilação de um universo maior de dados para uma definição mais precisa dos enquadramentos.

Tabela 4 – Valores médios das propriedades mecânicas (obtidos com a madeira a 12% de umidade)

Clone	Medida descritiva	Compressão	Flexão estática		Dureza Janka
		(MPa)	(MPa)		(N)
		f_{c0}	f_M	E_M	f_{w0}
RRIM600	média	41,87	79,07	9152	75,03
	desvpad	5,46	12,66	1668	9,06
	C.V (%)	13,05	16,01	18,23	12,07
GT1	média	43,45	83,57	9982	61,89
	desvpad	3,78	11,28	1126	8,23
	C.V (%)	8,70	13,49	11,28	13,30

f_{c0} - resistência a compressão paralela às fibras; f_M - resistência à flexão paralela às fibras; E_M - módulo de elasticidade à flexão paralela às fibras; f_{w0} - dureza Janka paralela às fibras

Fonte: Projeto FAPESP/UNESP – Botucatu (em andamento)

Em função deste enquadramento, a madeira destes clones apresenta um bom desempenho estrutural para usos, como os apresentados no Quadro 1.

A partir dos resultados preliminares gerais de desempenho físico e mecânico obtidos no programa experimental, a conclusão principal do trabalho é que a madeira de *Hevea brasiliensis* dos clones RRIM600 e GT1 tem potencial tecnológico para uso em construção civil leve interna, construção civil de uso temporário, móveis estândar e partes internas de móveis e esquadrias. A menos das aplicações de uso temporário, os demais usos estão condicionados a um tratamento com preservante de madeiras, logo após o seu desdobro.

Os dois clones (RRIM600 e GT1) tiveram desempenho físico-mecânico muito semelhantes, a despeito das diferenças de idade entre os plantios de origem das madeiras (30 anos para plantio do clone RRIM600 e 20 anos para plantio do clone GT1).

6. PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-MECÂNICA DE COMPENSADOS DE *Hevea brasiliensis*

Na literatura internacional há vários trabalhos relatando o desempenho físico-mecânico de compensados confeccionados com lâminas de *Hevea brasiliensis*. Países como Indonésia e Tailândia são líderes na produção destes painéis. Na literatura nacional, na atualidade, não há trabalhos relatando o desempenho físico-mecânico da madeira do gênero *Hevea* e sua influencia nas propriedades de produtos laminados, sendo este um fator limitante no uso desta madeira na confecção de compensados.

Neste sentido, a Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Botucatu, vem desenvolvendo pesquisas com painéis compensados de seringueira em dimensões comerciais.

Estas pesquisas são de responsabilidade do Prof. Dr. Hernando Alfonso Lara Palma (Coordenador do Laboratório de Painéis e Qualidade da Madeira) e do Prof. Dr. Adriano Wagner Ballarin (Coordenador do Laboratório de Ensaio de Materiais - FCA/UNESP).

6.1 Produção de painéis compensados com madeira de seringueira (resumo)

- Material e métodos

A madeira utilizada neste estudo foi proveniente de plantios de *Hevea brasiliensis* da região Tabapuã, SP (latitude -20°57'51'' e longitude 49°01' 54''), com idade de 50 anos, cujo manejo foi realizado visando apenas à exploração do látex.

As toras, com comprimentos de 2,40 m, foram transportadas até a Indústria de Co estudo tecnológico da influência dessa patologia na qualidade da madeira.

mpensados Caribea S.A. de São Manuel, SP, onde foram estocadas ao tempo em pátios por aproximadamente uma semana, como mostrado na Figura 1. Para a obtenção de lâminas, as toras foram aquecidas por meio de vapor saturado a uma temperatura média de 70°C por um tempo de 5 h, sendo posteriormente laminadas em torno automático e secas a uma umidade média de 6 a 8% (Figura 2). Para este estudo foram utilizadas lâminas com espessura nominal de 3,0 mm e 1,5 mm.



Figura 1- Estoque de toras no pátio da Indústria Caribea S.A. de São Manuel – SP.



Figura 2 – Processo de laminação e secagem: a) torno laminador; b) manto de laminação; c) secagem de lâminas; d) defeitos de coloração e oxidação; e) defeitos devidos às ranhuras do painel de extração de látex; f) lâminas secas e classificadas

As lâminas foram classificadas visualmente na indústria, com base no tipo, quantidade e dimensões dos defeitos apresentados nas suas superfícies, atributos esses estabelecidos pela

experiência industrial, já que não existe norma brasileira para lâminas desta espécie. Os principais defeitos observados foram nós, trincas, manchas e abertura nas lâminas (Figura 2).

As variáveis do processo de fabricação dos compensados foram escolhidas levando-se em consideração a experiência operacional da Indústria Caribe S.A. Assim, o adesivo utilizado foi à base de resina fenol-formaldeído (CR-7010 da Schenectady Crios S.A.- partes em peso de 100, 5 e 5 para resina, farinha de trigo e água, respectivamente), gramatura da cola de 380 g/m^2 por linha dupla de colagem, umidade das lâminas entre 4% e 6%, temperatura de prensagem 130°C , pressão de prensagem 1,2 MPa e tempo de prensagem de 1 min por milímetro de espessura nominal do painel.

Foram produzidos três painéis compensados de 9 lâminas e dimensões nominais de 2440 mm x 1220 mm x 19,5mm, respectivamente. A Figura 3 mostra a seção transversal do compensado confeccionado e a disposição das lâminas.

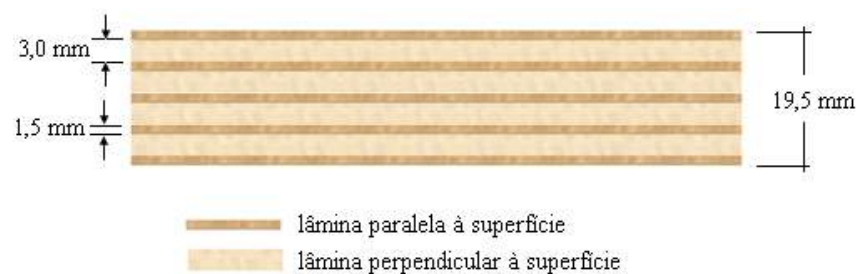


Figura 3 - Disposição das lâminas na composição dos compensados

A avaliação das propriedades de flexão estática (resistência e rigidez) nas direções longitudinal e transversal e densidade dos painéis compensados foi conduzida com ensaios mecânicos e físicos em corpos-de-prova deles confeccionados atendendo-se, no geral, às prescrições da norma NBR Projeto 31:000.05-001/3 (2004). Os ensaios de flexão estática foram realizados na Máquina Universal de Ensaio DL 10000 MF EMIC, eletromecânica e computadorizada (Figura 4).

Todos os ensaios foram realizados no Laboratório de Ensaio de Materiais do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP – Botucatu, com os corpos-de-prova acondicionados à temperatura de $20 \pm 3^\circ\text{C}$ e umidade relativa de $65 \pm 5\%$.

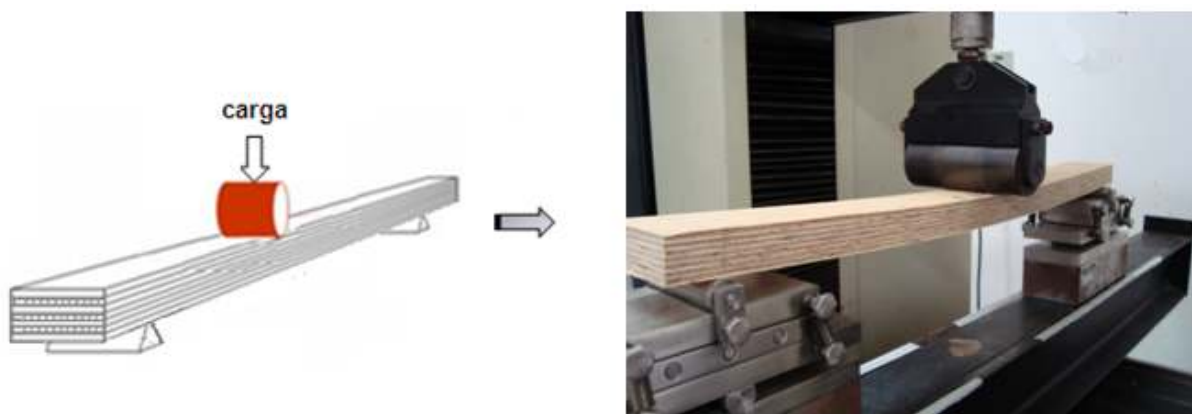


Figura 4 – Ensaio de flexão estática.

- Resultados

Na Tabela 5, são apresentados os resultados médios de resistência e rigidez (módulo de elasticidade) dos ensaios de flexão estática longitudinal e transversal e da densidade aparente (12%), obtidos a partir dos valores individuais de corpos-de-prova dos compensados de 9 lâminas.

Tabela 5 – Valores de propriedades mecânicas e densidade dos compensados.

Medida descritiva	Densidade lâminas 1,5mm	Densidade lâminas 3mm	Densidade compensado	Flexão estática			
	ρ_{ap} (kg/m ³)	ρ_{ap} (kg/m ³)		ρ_{ap} (kg/m ³)	Longitudinal		Transversal
				$E_{M,l}$ (MPa)	$f_{M,l}$ (MPa)	$E_{M,t}$ (MPa)	$f_{M,t}$ (MPa)
média	620	550	708	5759	53,99	4647	55,19
mínimo	538	528	704	5328	46,04	2735	27,41
máximo	645	606	0,712	6437	66,10	5653	67,96
desvpad	33	29	4	334,80	5,96	749,72	12,31
CV (%)	5,32	5,27	0,57	5,81	11,04	16,13	22,30

$E_{M,l}$ - módulo de elasticidade à flexão estática na direção longitudinal; $E_{M,t}$ - módulo de elasticidade à flexão estática na direção transversal; $f_{m,l}$ - resistência à flexão estática na direção longitudinal; $f_{m,t}$ - resistência à flexão estática na direção transversal; ρ_{ap} - densidade aparente (12% umidade).

Os valores médios de densidade, módulo de elasticidade e de resistência nas direções longitudinal e transversal dos compensados experimentais atingiram os limites mínimos referenciais para compensados estruturais e não estruturais apresentados nos diferentes

códigos normativos nacionais para painéis compensados de madeira tropical e *Pinus*, como indicado na Tabela 6.

De acordo com os valores médios do módulo de elasticidade e da resistência nas direções longitudinal e transversal do Projeto NBR 31:000.05-001/1 - item 5.5, observa-se que os painéis compensados de seringueira, atendem aos requisitos mínimos para compensados de uso geral e industrial (critérios qualitativos), formas de concreto (item 5 da nota de rodapé da Tabela 6).

Tabela 6 - Valores médios de propriedades físicas e mecânicas de compensados, reportados em códigos normativos nacionais.

	Densidade (kg/m ³)	Flexão estática (MPa)			
		Longitudinal		Transversal	
	ρ_{ap}	$E_{M,l}$	$f_{M,l}$	$E_{M,t}$	$f_{M,t}$
Pesquisa ¹	708	5759	53,99	4647	55,19
ABIMCI ²	578	4680	42,99	4243	42,93
ABIMCI ³	557	4908	40,13	3305	33,78
Projeto NBR ⁴	538	5872	32,16	4328	32,16
Projeto NBR ⁵		4000	35,00	4500	40,00

¹ Resultados pesquisa; ² ABIMCI (2007a): compensado estrutural de madeira tropical uso externo (ensaios norma EN); ³ ABIMCI (2007b): compensado estrutural de madeira de pinus uso externo (ensaios norma EN); ⁴ Projeto NBR 31:000.05-001/1: propriedades do compensado de 20 mm de espessura e 9 lâminas de pinus brasileiro (ensaios normas ABNT e ASTM); ⁵ Projeto NBR 31:000.05-001/1 especificações de compensados quanto ao uso final – forma de concreto (ensaios DIN 68792-1979)

Painéis compensados de madeira de *Hevea brasiliensis* (seringueira) podem ser produzidos industrialmente, utilizando-se os mesmos equipamentos e variáveis gerais do processo de fabricação de compensados industriais.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIMCI - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Estudo setorial 2007: indústria de madeira processada mecanicamente**. 2007, 41p. Disponível em: <<http://www.abimci.com.br>>. Acesso em: 15 dez. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR. **Painéis de madeira compensada**. Projeto 31:000.05-001/1 Proposta1. Rio de Janeiro, 2004, 95p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE - ABIMCI. **Painéis de compensado de madeira tropical**. Catálogo técnico n° 1. 2007a, 4p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE - ABIMCI. **Painéis de compensado de pinus**. Catálogo técnico, n° 2. 2007b, 4p.

ABRAF - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico da ABRAF: ano base/2009**. ABRAF, Brasília, 2010, 136p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190: Projeto de estruturas de madeira**. Rio de Janeiro, 1997, 107p.

BALLARIN, A.W. **Propriedades mecânicas das madeiras**. Notas de aula. 2005, 37p.

BODIG, J.; JAYNE, B.A. **Mechanics of wood and wood composites**. Malabar: Krieger, 712p. 1993.

CENTURION, M. A. P. C; CENTURION, J. F.; ROQUE, C. G.; PRADO, R. M.; NATALE, W. Efeito do manejo da entrelinha da seringueira sobre as propriedades químicas do solo, o estado nutricional e o crescimento. **Rev. Árvore** [online]. 2005, v. 29, n. 2, pp. 185-193.

DHAMODARAM, T. K. **Status of rubber Wood processing and utilization in India: a country report**. In: Promotion of Rubberwood Processing Technology in the Asia-Pacific Region. Haikou, ITTO/CFC, 2008. p.17-37. 141p.

GAMEIRO, A. H.; GAMEIRO, M. B. B. **Perspectivas para o mercado internacional de borracha natural**. In: Seringueira. EPAMIG, 2008. p.857-877. 893p.

IAC - INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. (2008). **A importância da borracha**. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/UniPesquisa/Seringueira/QuemSomos/ImportanciaBorracha.asp>>. Acesso em: out. 2010.

IAC - INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. (2004). **Programa Seringueira**. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/centros/centro_cafe/seringueira/programa%20seringueira.htm>. Acesso em: 24 fev. 2010.

IAPAR - INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ (2004). **O Cultivo da Seringueira (*Hevea spp.*)**. Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento. Disponível em: <http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/cultsering.pdf>. Acesso em 02 fev. 2009.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT. **Madeira: uso sustentável na construção civil**. 2 ed. São Paulo, 2009. 99 p. (Publicação IPT 3010).

KILLMANN, W; HONG, L. T. El caucho, el éxito de un subproducto agrícola. **Unasyuva**, v.51, n. 201, p. 66-72, 2000.

KRONKA, F. J. N. **Uso do potencial da madeira da seringueira (*Hevea brasiliensis*)**. In: Seringueira. EPAMIG, 2008. p. 721-744. 893p.

MAY, A.; GONÇALVES, P. S. Produtos complementares na Exploração do Seringal - Matéria técnica. In: **Borracha Atual**, p. 17-21, 1999.

MILINGLIANG, J.; ZHIJUAN, W. **Rubberwood preservation by friendly preservatives**. In: Promotion of Rubberwood Processing Technology in the Asia-Pacific Region. Haikou, ITTO/CFC, 2008. p.117-128. 141p.

OKINO, E. Y. A.; SOUZA, M. R.; SANTANA, M. A. E.; SOUSA, M. E.; TEIXEIRA, D. E. Chapa Aglomerada de Cimento-madeira de *Hevea brasiliensis* Müll. Arg. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 28, n. 3, p. 451-457, 2004.

PUSHPADAS, M.V.; HARIDASAN, V.; JAYARATHNAM, K. **By-products and ancillary in rubber plantations**. In: RADHAKRISHNA PILLAY, P.N. ed Handbook of natural rubber production in India. Índia, Rubber Research Institute of India, 1980, p. 505-514.

SAMBUGARO, R. **Estágios foliares, fenologia da seringueira (*Hevea spp.*) e interação com *Microcyclus ulei* (Mal das folhas)**. 2007. 104f. Tese (Doutorado em Agronomia – Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista - Júlio de Mesquita Filho.

SANTANA, M.A. E.; EIRAS, K.M.M.; PASTORE, T.C.M. Avaliação da Madeira de 4 clones de *Hevea brasiliensis* por meio de sua caracterização físico-mecânica. **Brasil Florestal**, n.70, junho de 2001. p.61-68.

SHIGEMATSU, A.; MIZONE, N.; KAJIZA, T.; YOSHIDA, S. (2010). Importance of rubberwood in wood export of Malaysia and Thailand. **New Forests**, in press,2010.12. Disponível em: < <http://www.springerlink.com/content/dh7791515671j791/>>. Acesso em: 10 de set. 2010.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA – SBS. **Fatos e números do Brasil florestal**. nov. 2006, 107p. Disponível em: < <http://www.ipef.br/estatisticas/relatorios/SBS-2005.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2009.

SOUZA, I.A. **Avaliação de clones de seringueira (*Hevea spp.*) em Piracicaba-SP**. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2007. 72f.

YOUKE, Z. **The Rubberwood utilization in China.** In: Promotion of Rubberwood Processing Technology in the Asia-Pacific Region. Haikou, ITTO/CFC, 2008. p. 1-8. 141p.