



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

COMPENSADOS DE GUAPURUVU (*Schizolobium parahyba* (Vell.) S. F. Blake)

Hernando Alfonso Lara Palma¹
Jéssica Szkura Moreno¹
Adriano Wagner Ballarin²

¹ Faculdade de Ciências Agronômicas-UNESP/Departamento de Ciência Florestal

² Faculdade de Ciências Agronômicas-UNESP/Departamento de Engenharia Rural



COMPENSADOS DE GUAPURUVU (*Schizolobium parahyba* (Vell.) S. F. Blake)

Resumo: O presente trabalho teve como objetivo principal avaliar a viabilidade técnica da produção de painéis compensados com madeira de guapuruvu. A madeira foi proveniente de plantios de restauração de ecossistemas florestais da Mata Atlântica, na região de Botucatu-SP, com 16 anos de idade. Foram produzidos três painéis compensados de 7 lâminas, com dimensões nominais de 2440 mm x 1220 mm x 17,5 mm. A espessura nominal das lâminas foi de 2,5 mm com densidade aparente média de 300 kg/m³. Na produção dos compensados foram adotados os parâmetros gerais da produção industrial destes painéis com resina fenol-formaldeído. Os ensaios físicos e mecânicos foram realizados de acordo com as especificações descritas na norma brasileira ABNT. Os compensados apresentaram densidade aparente média de 409 kg/m³. Os valores médios do módulo de elasticidade e da resistência na direção longitudinal e transversal foram 4997 MPa; 1890 MPa; 35,02 MPa e 21,89 MPa. O valor médio da resistência da linha de cola ao esforço de cisalhamento, para os tratamentos, foi acima de 1,0 MPa, valor preconizado pela norma para utilização em condições de ambiente seco e úmido. De acordo com os valores obtidos, os compensados de guapuruvu revelaram bom desempenho, apresentando potencial para uso em movelaria, estruturas leves, paredes internas revestidas, embalagens e caixotaria.

Palavras-chave: guapuruvu, *Schizolobium parahyba*, compensados.

PLYWOOD FROM GUAPURUVU (*Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake)

Abstract: The main objective of this work was to evaluate the technical feasibility of the commercial production of plywood using guapuruvu wood (*Schizolobium parahyba*). The wood was from a 16 years old plantation at an experimental area of the São Paulo State University in Botucatu - SP. This species has been used in natural regeneration programs, has rapid development, good productivity and low density. Were manufactured three plywood panels with nine veneers and nominal dimensions of 2440 mm x 1220 mm and thickness of 17.5 mm. The nominal thickness of the veneers was 2.5 mm and average density of 300 kg/m³. The plywood production adopted the general variables used in traditional plywood industry with phenol formaldehyde resin. The physical and mechanical properties were analyzed in accordance to the specifications described in ABNT plywood standards. The plywood panels mean value of density was 409 kg/m³. The mean values of the longitudinal and perpendicular MOE and MOR were 3791 MPa and 27.45; 2112 MPa, and 20.88 MPa respectively. The average value of the bonding strength, for the treatments, was above of 1.0 MPa, value recommended by the standard, for use in dry and humid environments. The guapuruvu plywood showed good physical and mechanical performance which indicates potential for furniture, light structures, lined inner walls, packing and box factory.

Keywords: guapuruvu, *Schizolobium parahyba*, plywood.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





1. INTRODUÇÃO

Em 2015 a produção nacional de compensados totalizou um volume de 3,04 milhões de m³, sendo 2,60 milhões fabricados de madeira de *Pinus* (86% da produção nacional) e 0,44 milhões fabricados com madeira de folhosas de origem tropical (14% da produção nacional). No último quinquênio, a produção de compensados de *Pinus* teve um crescimento médio de 9,9% a.a. No mesmo período, a produção de compensado tropical apresentou queda da ordem de 1,6% a.a. (ABIMCI, 2015; IBÁ, 2016).

A redução apresentada na produção dos compensados de origem tropical deve-se, principalmente, pela dificuldade em se obter matéria-prima de qualidade e com origem legal, sobretudo na região norte. Já a produção de compensados de *Pinus* está concentrada na região sul do país.

Assim, a implantação de reflorestamentos com espécies pioneiras típicas da região Amazônica ou da Mata Atlântica, além das exóticas tradicionais visa diminuir o consumo de matéria prima oriunda de florestas tropicais além de diminuir as distâncias de transporte e custos de exploração.

Neste sentido, destaca-se a espécie *Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke (paricá) que vem se mostrando uma alternativa economicamente viável na implantação de florestas com espécies nativas de rápido crescimento na região norte do país (TEREZO, 2010). Por este motivo o mercado de compensado tropical tem apresentado acenos positivos no sentido de buscar novas alternativas de matéria prima para a produção de painéis leves para uso na construção civil, confecção de móveis, embalagens e como lâminas para revestimentos de paredes internas de casas de madeira (ABIMCI, 2015).

O paricá é uma variedade do mesmo gênero que o guapuruvu (*Schizolobium parahyba* (Vell.) S. F. Blake), apresentando características semelhantes, tais como: rápido crescimento, tronco retilíneo, baixa densidade, boa trabalhabilidade, baixa presença de nós, etc. Características interessantes do ponto de vista tecnológico, visando à produção de laminados. Estas duas variedades se diferenciam quanto à área de dispersão, sendo que no Brasil a espécie *S. parahyba* ocorre na Mata Atlântica desde a Bahia até o norte de Rio Grande do Sul e a espécie *S. amazonicum* tem sua ocorrência restrita à Bacia Amazônica (SOUSA; ROSSI; AZEVEDO; VIEIRA, 2003).

A espécie *Schizolobium parahyba* é uma árvore de desenvolvimento rápido, boa produtividade, de baixa exigência quanto à fertilidade do solo e classificada na sucessão florestal como pioneira, secundária inicial ou clímax exigente de luz e apresenta rápido crescimento, motivo pelo qual é uma das espécies muito utilizada na recuperação de áreas degradadas (CARVALHO, 2005). Quando plantada em espaçamento adequado, permite consórcio com cultivos permanentes ou de ciclo curto, sendo recomendado para fins ornamentais, para programas de reflorestamento e recuperação de áreas degradadas (EMBRAPA, 1998).

Estudos pioneiros sobre o potencial tecnológico da madeira de guapuruvu desenvolvidos no Brasil ressaltam seu rápido crescimento e apontam que a madeira de guapuruvu tem potencial para produção de lâminas e fabricação de compensados de uso interno e intermediário com potencial para uso em móveis, embalagens, revestimentos e caixotaria (RICHTER; TOMASELLI; MORESCHI, 1974 e 1975; BORTOLETTO; BELLINI, 2002).

Portanto, o conhecimento das propriedades físicas e mecânicas de painéis compensados de madeira de guapuruvu faz-se indispensável com o intuito de caracterizar



novos produtos, visando principalmente um subsídio a futuros usuários, para seu emprego correto em soluções industriais ou decorativas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Matéria-prima

Neste estudo, foram utilizadas lâminas de 2,5 mm de espessura nominal, provenientes de árvores de guapuruvu (*Schizolobium parayba*) retiradas de plantios de 16 anos de idade do projeto “Restauração da Mata Atlântica em sítios degradados no Estado de São Paulo”, localizados em áreas experimentais do campus da Universidade Estadual Paulista, no município de Botucatu-SP.

De cada árvore, retiraram-se seis toras de aproximadamente 2,50 m de comprimento, tomadas desde a base da árvore de forma sequencial. As lâminas foram retiradas da segunda tora de cada árvore, como mostrado na Figura 1.

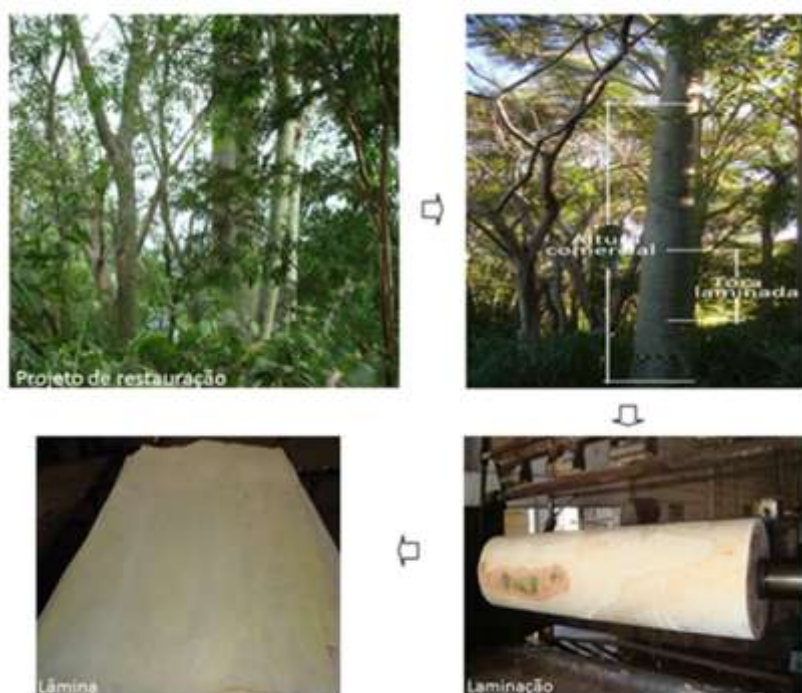


Figura1. Visão geral do projeto de restauração e processo de laminação.

2.2 Produção de compensados

O processo de laminação e confecção dos compensados foi realizado na Indústria de Compensados Caribea S.A. de São Manuel, SP. Para este estudo foram produzidos três painéis compensados de nove lâminas, com dimensões nominais de 2440 mm x 1220 mm x 17,5 mm. A espessura média das lâminas foi de 2,5 mm e densidade aparente de 300 kg/m³.

Na produção dos compensados, foram adotados os parâmetros gerais de produção da empresa (umidade média das lâminas de 6%, adesivo utilizado à base de fenol-formaldeído 380 g/m² por linha dupla de colagem, temperatura e tempo de prensagem de



acordo com as especificações do fabricante da cola - 130°C e um minuto de prensagem por cada mm de espessura nominal do painel e pressão específica de prensagem de 12 kgf/cm²).

A avaliação do desempenho dos painéis compensados foi conduzida com ensaios físicos e mecânicos em corpos de prova deles confeccionados, atendendo-se às prescrições da norma ABNT como indicado na Tabela 1.

Tabela 1. Ensaios e normas para os painéis compensados.

Ensaio	Propriedade	Norma
Flexão estática (paralela e perpendicular)	E_b - módulo de elasticidade T_r - tensão de ruptura	NBR 9533 (2012)
Qualidade da colagem	τ - tensão de cisalhamento	NBR ISO 12466 -1 (2012) NBR ISO 12466 -2 (2012)
Densidade	M_{ea} - massa específica aparente	NBR 9485 (2011)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Massa específica

Na Tabela 2, são apresentados os resultados médios da massa específica, teor de umidade e os valores médios de cálculo (valores de ensaios) dos módulos de elasticidade e tensão de ruptura longitudinal e transversal dos compensados.

A massa específica aparente média dos painéis foi 409 kg/m³. O coeficiente de variação foi baixo, indicando uma boa homogeneidade do material.

Os valores mensurados nos corpos de prova para a massa específica aparente são muito diferentes àqueles encontrados por mensurações diretas nas lâminas. Os valores médios dos painéis estudados apresentaram densidade superior em 36% a igual parâmetro avaliado para as lâminas originais. Esta diferença indica uma densificação dos painéis durante o processo de fabricação.

De uma forma geral, a densidade final de um painel laminado, como o compensado, depende da densidade da espécie, da predominância de lenho inicial e tardio que apresentam as lâminas, da maior porcentagem de madeira juvenil, da umidade e pressão e temperatura usadas na fabricação. A pressão utilizada de 12 kgf/cm² deve ter contribuído em uma redução excessiva do volume por esmagamento. Sendo assim, a densidade dos painéis foi comandada pela baixa densidade da madeira original.

3.2 Flexão estática

De forma geral, os coeficientes de variação para o módulo de elasticidade e a tensão de ruptura na direção longitudinal (Tabela 2) foram considerados um pouco acima do padrão esperado na prática do laboratório com esse produto. A baixa densidade da madeira pode ter influenciado a dispersão desses resultados.

Os valores médios de módulo de elasticidade e de resistência na direção longitudinal dos compensados atingiram plenamente os limites mínimos referenciais apresentados nos diferentes códigos normativos nacionais para painéis compensados de madeira tropical e pinus (Tabela 3).



Tabela 2. Valores médios de densidade e flexão estática dos compensados.

Medida descritiva	Densidade (kg/m ³)	Umidade (%)	Flexão estática (MPa)			
			Longitudinal		Perpendicular	
			E _b	T _r	E _b	T _r
Média	409	10,55	4997	35,02	1890	21,89
desvpad	24,60	0,35	890	6,40	277	2,98
C.V.	6,02	3,32	17,81	18,28	13,48	13,59

Os valores médios de módulo de elasticidade e de resistência na direção longitudinal dos compensados atingiram plenamente os limites mínimos referenciais apresentados nos diferentes códigos normativos nacionais para painéis compensados de madeira tropical e pinus (Tabela 3).

Tabela 3. Propriedades de compensados reportados em códigos normativos nacionais.

	Flexão estática longitudinal		Flexão estática perpendicular		Densidade (kg/m ³)	Umidade (%)
	E _b (MPa)	T _r (MPa)	E _b (MPa)	T _r (MPa)		
Pesquisa ¹	4997	35,02	1890	21,89	409	10,55
ABIMCI ²	3433	32,02	3018	28,90	610	8 - 11
	5897	54,25	5502	57,17	653	
ABIMCI ³	3275	28,05	2169	22,08	496	9 - 12
	6413	54,88	4675	47,29	620	
ABIMCI ⁴	4451	22,95	2347	18,53	492	10 - 11
	7980	45,01	4759	40,21	564	
Projeto NBR ⁵	4204	22,89	2928	21,51	491	10 - 11
	7504	41,34	5729	43,22	585	

¹Valores pesquisa; ²(ABIMCI, 2007a): compensado estrutural de madeira tropical uso externo; ³(ABIMCI, 2007b): compensado estrutural de madeira de pinus uso externo; ⁴(ABIMCI, 2002): compensado de pinus de 18 mm de espessura e 7 lâminas; ⁵(ABNT, 2004): painéis de madeira compensada de pinus.

Os valores médios do módulo de elasticidade e da tensão de ruptura na direção perpendicular entre os painéis, tiveram menor variação que no sentido longitudinal. Os valores médios dos coeficientes de variação foram considerados dentro do padrão de normalidade, aceite pela prática do laboratório, indicando boa homogeneidade dos painéis.

Os valores médios do módulo de elasticidade e da tensão de ruptura na direção perpendicular foram inferiores aos valores médios na direção longitudinal.

Segundo a Tabela 3, os valores médios de módulo de elasticidade na direção perpendicular dos compensados não atingiram os limites mínimos referenciais e os da tensão de ruptura atingiram alguns limites mínimos referenciais, com exceção dos valores da ABIMCI (2007a; 2007b). A baixa densidade da madeira parece ter comprometido de maneira mais significativa o desempenho dos compensados à flexão na direção perpendicular às fibras, tanto a deformação na fase elástica quanto a resistência na fase final de ensaio.



3.3 Resistência da colagem ao esforço de cisalhamento

Na tabela 4 são apresentados os valores médios de resistência da colagem ao esforço de cisalhamento e a porcentagem de falha na madeira na área de ruptura, para os três pré-tratamentos realizados nos corpos de prova.

De acordo com a norma (NBR ISO, 2012) a qualidade de colagem é classificada em três classes com base na resistência dos painéis à umidade e aos pré-tratamentos submetidos. Para todas as três classes de colagem, cada linha de cola ensaiada deve satisfazer dois critérios: a tensão média de cisalhamento e a média de falha na madeira.

O valor da tensão média de cisalhamento nos painéis foi acima de 1,0 MPa, para os três pré-tratamentos.

Com base nos requisitos da norma, os valores obtidos permitem classificar o compensado de guapuruvu na Classe 1 (ambiente seco) e Classe 2 (tropical/ambiente úmido). Apesar do enquadramento dos painéis nestas classes é importante destacar que a durabilidade do painel de madeira compensada depende não somente da qualidade de colagem, mas também de outros fatores, tais como: susceptibilidade ao ataque de insetos, contato com o solo, tempo de exposição em ambientes externos úmidos, etc.

Tabela 4. Resistência da colagem ao esforço de cisalhamento.

Pré-tratamento	Básico		Adicional			
	24h Imersão ⁽¹⁾		6h Fervura ⁽²⁾		BDB ⁽³⁾	
Medida descritiva	τ (MPa)	FM (%)	τ (MPa)	FM (%)	τ (MPa)	FM (%)
média	1,42	23	1,37	22	1,30	18
desvpad	0,61		0,51		0,54	

⁽¹⁾Imersão por 24h em água fria; ⁽²⁾Imersão por 6h em água em ebulição, seguida de resfriamento em água fria; ⁽³⁾Imersão por 4h em água em ebulição, secagem em estufa por 20h a (60±3°C), imersão em água em ebulição por 4h seguida de resfriamento em água fria.

4. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos no programa experimental e atendendo aos objetivos deste trabalho, podem-se extrair as seguintes conclusões:

Os painéis compensados de guapuruvu revelaram bom desempenho na qualidade da colagem, atingindo parcialmente ou ultrapassando os limites mínimos de referência;

As propriedades de flexão estática atingiram total (direção longitudinal) ou parcialmente (direção transversal) os limites mínimos referenciais para os compensados apresentados nos diferentes códigos normativos nacionais para painéis compensados de madeira tropical e pinus;

Os compensados de guapuruvu apresentaram a possibilidade de uso em ambientes internos normais e em aplicações externas protegidas a intempéries por períodos curtos;

De uma forma geral, as propriedades dos painéis compensados, de madeira de guapuruvu (*Schizolobium parayba* (Vell.) Blake.) indicam que a espécie tem potencial para a produção de compensados classificados como de uso geral, industrial e decorativo, para uso em movelaria, estruturas leves, paredes internas revestidas, embalagens e caixotaria;



É importante na continuidade dos trabalhos, o desenvolvimento de mais pesquisas com painéis desta espécie, para ajustar variáveis do processo e obter produtos com maior desempenho físico e mecânico.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE (ABIMCI). Estudo setorial 2016: ano base 2015. Curitiba, 2016.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ) Relatório ibá 2015. Disponível em: http://iba.org/images/shared/iba_2015.pdf. Acesso em: 24 de setembro de 2016.

TEREZO, R.F. Avaliação tecnológica do paricá e seu uso em estruturas de madeira laminada colada. 2010. 177 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

SOUSA, D.B.; ROSSI, L.M.B.; AZEVEDO, C.P.; VIEIRA, A.H. Paricá: *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber x Ducke) Barneby. Amazônia Ocidental: Editora da EMBRAPA, 2003. (Circular Técnica, 18)

CARVALHO, P.E. Guapuruvu. Colombo: Editora da EMBRAPA CNPF, 2005. (Circular Técnica, 104)

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Zoneamento ecológico para plantios florestais no estado de Santa Catarina. Curitiba: Editora da EMBRAPA CNPF, 1998 (Documento, 21).

RICHTER, H.G.; TOMASELLI, I.; MORESCHI, J.C. Estudo tecnológico do guapuruvu (*Schizolobium parahyba* Blake). Revista Floresta, Curitiba. n. 5, p. 26-30, 1974.

RICHTER, H.G.; TOMASELLI, I.; MORESCHI, J. C. Estudo tecnológico do guapuruvu (*Schizolobium parahyba* Blake.) Parte II: fabricação de compensados. Revista Floresta, Curitiba. n. 6, p. 14-23, 1975.

BORTOLETTO, G.J.; BELLINI, U. Produção de lâminas e manufatura de compensados a partir da madeira de guapuruvu (*Schizolobium parahyba* blake.) proveniente de um plantio misto de espécies nativas. CERNE, n. 8, p. 16-28, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 9533: Compensado - Determinação da resistência à flexão estática. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO 12466-1: Madeira compensada - Qualidade de colagem Parte 1: Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO 12466-2: Madeira compensada - Qualidade de colagem Parte 2: Requisitos. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 9485: Compensado - Determinação da massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE (ABIMCI). Painéis compensados de madeira tropical. Curitiba: Editora da ABIMCI, 2007a. (Catálogo Técnico 1).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE (ABIMCI). Painéis compensados de pinus. Curitiba: Editora da ABIMCI, 2007b. (Catálogo Técnico 2).



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE (ABIMCI). Programa Nacional de Qualidade da Madeira - Painéis compensados de pinus. Curitiba: Editora da ABIMCI, 2002. (Catálogo Técnico 1).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Projeto 31:000.05-001/2: Painéis de madeira compensada Parte 2: Requisitos. Rio de Janeiro, 2004.



REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO

