

PAINÉIS COMPENSADOS MISTOS DE GUAPURUVU (*SCHIZOLOBIUM PARAHYBA* (Vell.) S. F. Blake) E *PINUS TAEDA*

MIXED PLYWOOD FROM GUAPURUVU (*SCHIZOLOBIUM PARAHYBA* (Vell.) Blake) AND *PINUS TAEDA*

Hernando Alfonso Lara Palma ⁽¹⁾, **Marcos Vínicius Madruga** ⁽²⁾, **Adriano Wagner Ballarin** ⁽³⁾

(1) Dr. Prof., Universidade Estadual Paulista, Depto. de Ciência Florestal, Botucatu, SP, Brasil

(2) Graduando, Universidade Estadual Paulista, Curso de Engenharia Florestal, Botucatu, SP, Brasil

(3) Dr. Prof., Universidade Estadual Paulista, Depto. Engenharia Rural, Botucatu, SP, Brasil

Endereço de contato: larapalma@fca.unesp.br

Código de identificação: T4-03

Resumo

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho físico e mecânico de painéis compensados mistos de dimensões comerciais produzidos com sete lâminas de guapuruvu e *Pinus taeda*. A madeira de guapuruvu foi proveniente de plantios de 16 anos de idade, localizados no município de Botucatu, SP e as lâminas de *Pinus taeda* de plantios comerciais da região de Teixeira Soares, PR. Foram produzidos seis painéis compensados, de sete lâminas cada, com dimensões nominais de 1600 mm x 1200 mm x 17,5 mm, com espessura nominal das lâminas de 2,5mm. As lâminas de guapuruvu foram distribuídas na direção longitudinal do painel. Na produção dos compensados, foram adotados os parâmetros gerais da produção industrial de compensados 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 483 kg/m³, absorção de água após 24 horas de 80,32%, inchamento em espessura 7,46% e teor de umidade de 10,43%. Os valores médios do módulo de elasticidade e da resistência na direção longitudinal e transversal foram (4272 MPa; 2919 MPa; 32,47 MPa e 35,41 MPa). O valor médio da resistência da linha de cola ao esforço de cisalhamento foi de 1,73 MPa, valor acima de 1,0 MPa preconizado pela norma, para utilização em condições de ambientes secos e úmidos. Os compensados mistos revelaram bom desempenho físico e mecânico, apresentando potencial para a produção destes painéis para uso geral, em movelaria, estruturas leves, paredes internas revestidas e embalagens.

Palavras chave: guapuruvu, *Schizolobium parahyba*, compensado misto, propriedades físicas e mecânicas

Abstract

*This study aims to evaluate the physical and mechanical properties of mixed plywood panels in commercial dimensions manufactured with seven veneers made from guapuruvu (*Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake) and *Pinus taeda*. The guapuruvu wood was obtained from a 16 years old plantation at an experimental area from São Paulo State University (UNESP) in Botucatu – SP and the *Pinus taeda* wood came from commercial plantation at the Teixeira Soares region, Parana State, Brazil. Were manufactured six plywood panels with seven veneers and nominal dimensions of 1600 mm x 1200 mm and thickness of 17,5 mm. The nominal thickness of the veneers was 2.50 mm. The guapuruvu veneers were distributed longitudinally in the panel composition. Plywood production adopted the general variables of the traditional plywood industry and phenol formaldehyde resin. The physical and mechanical properties were analyzed in accordance to the specifications described in ABNT plywood standards. The plywood panels average density was 483 kg/m³. Water absorption after 24 hours was 80,32%, swelling was 7,47% and the moisture content was 10,43%. Average longitudinal and perpendicular MOE and MOR were 4272 MPa and 32,47; 2919 MPa, and 35,41 MPa respectively. The average value of the bonding strength was 1.73 MPa, a value 1.0 MPa higher the recommended by the standard, for use in dry and humid environments. The mixed plywood panels showed good physical and mechanical performance which indicates potential for furniture, light structures, lined inner walls, packing and box factory.*

Keywords: guapuruvu, *Schizolobium parahyba*, mixed plywood, physical and mechanical properties

1. INTRODUÇÃO

A produção nacional de compensados em 2015 totalizou um volume de 3,04 milhões de m³, sendo 2,60 milhões m³ fabricados de madeira de *Pinus* (86% da produção nacional) e 0,44 milhões m³ fabricados com madeira de folhosas de origem tropical (14% da produção nacional). Na última década, a produção de compensados de *Pinus* teve um crescimento médio de 2,8% a.a. [1 e 2].

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. 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 [1 e 2].

Os plantios florestais com espécies de *Pinus taeda* e *Pinus elliottii* são as principais fontes de matéria-prima para as indústrias de compensados, principalmente na região sul do país, onde estão instaladas as principais fábricas destes painéis.

A madeira de pinus apresenta algumas limitações quanto à qualidade das lâminas produzidas, principalmente devido ao excesso de nós, prejudicando sua utilização como capas externas. Por isso, as indústrias de compensados priorizam a utilização das lâminas de pinus para formação do miolo do painel, cujo volume é mais substancial, enquanto as lâminas de madeiras tropicais de espessuras menores são empregadas nas capas, como revestimento do painel [3]. (IWAKIRI *et al.*, 2001).

Por outro lado, o crescimento da demanda nacional e internacional por madeira para a indústria de serrados, painéis reconstituídos e laminados, tem motivado a busca de novas espécies de rápido crescimento com potencial silvicultural e, nesse sentido, algumas espécies nativas apresentam uma grande vantagem pela sua adaptabilidade.

Dessa forma, plantios mistos com espécies nativas em áreas degradadas, além de destinar-se à restauração de ecossistemas florestais, visa também uma viabilidade econômica por meio de um possível aproveitamento para fins madeireiros [4 e 5]. (ENGEL e PAROTTA, 2000; BORTOLETTO e BELINI, 2002).

A espécie *Schizolobium parahyba* conhecida como guapuruvu vem sendo usada em plantios de regeneração natural para efeito ecológico. Entretanto é reconhecida entre os pesquisadores como espécie de rápido desenvolvimento e boa produtividade. Em plantios experimentais, o guapuruvu impressiona pelo rápido crescimento inicial, forma das plantas e, principalmente, por seu incremento médio anual [6]. EMBRAPA (1988),

Estudos pioneiros sobre o potencial tecnológico da madeira de guapuruvu desenvolvidos no Brasil, ressaltam seu rápido crescimento e apontam as possibilidades de seu aproveitamento industrial [7]. RICHTER *et al.* (1974)

Em um estudo posterior, concluíram que o guapuruvu proveniente da floresta nativa, não apresentou problemas de laminação e as lâminas obtidas foram de boa qualidade. Os compensados fabricados a partir desta madeira encontram aplicações tais como: formas de concreto, embalagens, caixotaria (leve e pesada) e fabricação de móveis [8]. RICHTER *et al.* (1975).

Pesquisas mais recentes concluíram 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 e caixotaria [5]. (BORTOLETTO e BELLINI, 2002).

As principais vantagens do painel compensado são a estabilidade dimensional, as possibilidades de obtenção de painéis de grandes dimensões, seleção das lâminas com maior qualidade física-mecânica para produção de painéis com maiores propriedades de resistência e rigidez, a utilização de capas decorativas de maior valor agregado e a possibilidade de mesclar espécies de diferentes madeiras em um mesmo painel o que permite uma redução do custo de produção e, conseqüentemente o preço do produto final [9]. (TOMASELLI e SCHEFFER, 1999).

Tradicionalmente, as chapas de madeira compensada do tipo “combi” fabricadas no país são compostas por lâminas internas (miolo) de madeira de *Pinus* e lâminas externas (face) de madeira tropical.

Portanto, este trabalho tem como objetivo, avaliar as propriedades de painéis compensados mistos produzidos com lâminas de *Pinus taeda* e guapuruvu, visando principalmente um subsídio a futuros usuários, para seu emprego correto em diferentes soluções estruturais ou industriais.

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 - Brasil”, localizados em áreas experimentais no município de Botucatu, SP e lâminas de *Pinus taeda* provenientes de plantios comerciais da região de Teixeira Soares, PR.

2.2 Fabricação dos compensados

A confecção dos compensados foi realizada na Indústria de Compensados Caribea S.A. de São Manuel, SP. Foram fabricados seis painéis compensados de sete lâminas cada, com dimensões nominais de 1600 mm de comprimento, 1200 mm de largura e 17,5 mm de espessura. As lâminas de guapuruvu foram distribuídas na direção longitudinal na composição do painel (lâminas ímpares) perfazendo um total de quatro lâminas na composição e as lâminas de pinus foram distribuídas na direção perpendicular (lâminas pares). A densidade aparente das lâminas de guapuruvu foi de 272 kg/m³ e as de pinus 550 kg/m³.

Na produção dos compensados, foram adotados os parâmetros gerais de produção da empresa Caribea S.A. (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 no geral 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 [10]
Qualidade da colagem	τ - tensão de cisalhamento	NBR ISO 12466-1:2012 [11] NBR ISO 12466-2:2012 [12]
Densidade	M _{ca} - massa específica aparente	NBR 9485:2011 [13]
Absorção de água	A - quantidade de água absorvida	NBR 9486:2011 [14]
Umidade	TU - teor de umidade	NBR 9484:2011 [15]
Inchamento	IR - inchamento em espessura	NBR 9535:2011 [16]

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Propriedades físicas

Na Tabela 2 são apresentados os resultados médios das propriedades físicas dos painéis compensados.

Tabela 2: Valores médios das propriedades físicas dos painéis.

Medida descritiva	Densidade (kg/m ³)	Inchamento (%)	Absorção de água (%)	Teor de umidade (%)
média	483	7,47	80,32	10,43
σ	29,76	0,278	7,96	0,36
C.V.	6,16	3,72	9,91	3,41

A densidade aparente média dos painéis foi 483 kg/m³. O coeficiente de variação foi baixo, indicando uma alta homogeneidade do material.

De acordo com a composição das lâminas nos compensados estudados, a densidade ponderada dos painéis foi de 392 kg/m³, uma vez que 57% do volume era composto por lâminas de guapuruvu de densidade aparente média de 272 kg/m³ (4 lâminas) e 43% com lâminas de pinus de densidade aparente média de 550 kg/m³ (3 lâminas). Assim, os valores médios dos painéis apresentaram densidade superior em 23,21% em relação à densidade ponderada inicial. Esta diferença indica uma densificação dos painéis durante o processo de fabricação.

A densidade do compensado depende da densidade da madeira, umidade das lâminas, temperatura e pressão de prensagem utilizada na manufatura. A aplicação de alta pressão em madeiras de baixa densidade resulta na redução da espessura do painel e perdas em termos volumétricos.

Para a faixa de pressões de 7 kgf/cm² a 21 kgf/cm² na prensagem do compensado e teor de umidade das lâminas de até 10%, normalmente utilizadas na indústria, ocorre uma retração na espessura das chapas, ocasionando uma redução do volume por esmagamento [17 e 18]. Assim, o aumento da densidade dos painéis estudados, foi comandada pela baixa densidade da madeira de guapuruvu mais o efeito da pressão utilizada.

Conforme apresentado na Tabela 4 os valores médios da densidade dos painéis estudados foram levemente inferiores aos valores mínimos referenciais para compensados de pinus, apresentados nos códigos normativos nacionais. Também se observa que os valores médios da densidade dos compensados se mostraram inferiores aos registrados por outros autores para compensados puros de guapuruvu e superiores aos encontrados em painéis puros de paricá.

O valor médio do inchamento foi de 7,47% e o coeficiente de variação de 3,72%, valor considerado baixo o que indica homogeneidade dos painéis. De uma forma geral, o valor encontrado de inchamento não difere dos valores médios encontrados na literatura para compensados colados com resina fenólica.

O valor do inchamento, pode estar relacionado à baixa densidade da madeira de guapuruvu que provocou um maior esmagamento na prensagem e à liberação das tensões internas de compressão. A percentagem de recuperação da espessura dos painéis neste estudo foi de 1,8%.

Quando o painel entra em contato com a água, ele incha devido ao inchamento próprio da madeira e também pela liberação das tensões de compressão. Juntos determinam o inchamento total do painel. Quando o painel é seco, a madeira contrai retornando em espessura apenas até o ponto referente ao inchamento próprio da madeira. No entanto, a madeira não volta à sua espessura inicial devido à liberação das tensões de compressão [19].

O valor médio do teor de umidade dos painéis foi de 10,43%, valor inferior a 12% nas condições de climatização recomendada pela norma.

Conforme apresentado na Tabela 4, os valores médios do teor de umidade atingiram os limites referenciais apresentados nos diferentes códigos normativos nacionais. Também se observa nesta tabela, que os valores percentuais do teor de umidade foram superiores aos resultados médios reportados na literatura por vários autores em compensados da mesma espécie.

De uma forma geral, os painéis reconstituídos estabilizam-se a uma umidade inferior, quando comparados à madeira sólida. Isto se deve, provavelmente, a níveis de higroscopicidade diferentes originados pela redução da madeira em lâminas com posterior incorporação de aditivos, como resinas, parafina, entre outros. Os aditivos podem bloquear parcialmente os sítios de adsorção, contribuindo assim para redução da higroscopicidade do painel [20].

Os valores médios de absorção de água (24h) foi alto e de forma homogênea em todos os painéis. Os elevados valores de absorção podem ser atribuídos à baixa densidade da madeira na composição dos painéis. Como para a madeira sólida, painéis com menor densidade tendem a absorver mais água por apresentarem menor quantidade de parede celular para um mesmo volume [21].

3.2 Flexão estática longitudinal

Na Tabela 3, são apresentados os valores médios do cálculo (valores de ensaios) dos módulos de elasticidade e da tensão de ruptura longitudinal e transversal dos compensados.

A Tabela 4, apresenta os valores médios da pesquisa confrontados com valores médios de estudos realizados por outros autores para esta espécie e valores reportados em códigos normativos nacionais.

Tabela 3: Valores médios de flexão estática dos painéis.

Medida descritiva	Longitudinal		Perpendicular	
	E _b (MPa)	T _r (MPa)	E _b (MPa)	T _r (MPa)
média	4272	32,57	2919	35,41
σ	341	3,60	643,4	6,13
C.V.	8,01	11,03	22,04	17,30

Os valores médios dos coeficientes de variação foram baixos e considerados dentro do padrão de normalidade aceite pela prática do laboratório, indicando homogeneidade dos painéis.

Conforme apresentado na Tabela 4, os valores médios de módulo de elasticidade e da tensão de ruptura na direção longitudinal dos compensados, atingiram de forma total os limites mínimos referenciais para compensados, apresentados nos diferentes códigos normativos nacionais.

Os valores médios da tensão de ruptura da pesquisa, atingiram plenamente os valores mínimos referenciais a exceção da norma ABNT [25] (requisitos mínimos para compensados formas de concreto), onde alcançou 93%.

Também se observa na Tabela 4 que os valores do módulo de elasticidade e da tensão de ruptura obtidos neste estudo, foram inferiores aos resultados médios reportados por outros autores para compensados puros de guapuruvu.

3.3 Flexão estática perpendicular

Os valores médios de módulo de elasticidade e da tensão de ruptura na direção perpendicular dos compensados atingiram de forma total os limites mínimos referenciais para compensados, apresentados nos diferentes códigos normativos nacionais, com exceção da norma ABNT [25] (requisitos mínimos para compensados formas de concreto), onde o módulo de elasticidade alcançou 63% e a tensão de ruptura 87%.

Também se observa na Tabela 4, que os valores médios da tensão de ruptura na direção perpendicular foram maiores aos resultados médios reportados por outros autores para compensados puros de guapuruvu.

Os valores médios da tensão de ruptura na direção perpendicular foram em média 8,7% superiores à mesma propriedade na direção longitudinal, e os valores do módulo de elasticidade inferiores em 46,4%.

O coeficiente de variação foi considerado dentro do padrão de normalidade média, aceito pela prática do laboratório.

De uma forma geral, o desempenho à flexão na direção transversal é mais sensível à qualidade e propriedades mecânicas das lâminas utilizadas na capa e contracapa. A disposição de lâminas na direção transversal à direção do ensaio pode ter comprometido significativamente o desempenho à flexão, pois na direção transversal os valores de resistência e rigidez são muito inferiores em relação à direção longitudinal do esforço.

Por outro lado, a baixa densidade da madeira de guapuruvu, utilizada na manufatura dos compensados teve uma influência direta nas propriedades do módulo de elasticidade e da tensão de ruptura em flexão estática.

Tabela 4: 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	4272	32,57	2919	35,41	483	10,43
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	4261	23,20	2967	21,80	491	10 - 11
	7643	41,90	5800	43,80	585	
Projeto NBR ⁵	4204	22,89	2928	21,51	491	10 - 11
	7504	41,34	5729	43,22	585	
Projeto NBR ⁶	4000	35	4500	40	-	10 - 11
Guapuruvu ⁷	7000	46,70	-	-	440	6 - 8
Guapuruvu ⁸	6555	53,10	1782	27,75	467	8,1
Paricá ⁹	3880	24,10	1230	12,4	345	12

¹Valores pesquisa; [22]²: compensado estrutural de madeira tropical uso externo; [23]³: compensado estrutural de madeira de pinus uso externo; [24]⁴: Compensado de pinus de 20 mm de espessura e 9 lâminas; [25]⁵: compensados de pinus; [25]⁶: compensados para forma de concreto; [8]⁷; [5]⁸; [26]⁹.

3.4 Resistência da colagem ao esforço de cisalhamento

A Tabela 5, apresenta 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 [12] 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, como mostrado na Tabela 6.

Os valores da tensão média de cisalhamento nos painéis para os três pré-tratamentos, foram superiores a 1,0 MPa.

Com base nos requisitos da norma (Tabela 6), os valores obtidos permitem classificar o compensado de guapuruvu na Classe 1 (ambiente seco), Classe 2 (tropical/ambiente úmido) e Classe 3 (alta umidade/ambiente externo). Apesar do enquadramento dos painéis nas três classes é importante destacar que a durabilidade do painel de madeira compensada depende não somente da qualidade de colagem, mas também de outros fatores.

Tabela 5: 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	1,86	22	1,63	10	1,69	7
σ	0,31		0,21		0,21	

⁽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.

Tabela 6: Requisitos de colagem.

Tensão média de cisalhamento (τ) (MPa)	Falha na madeira (%)
$\tau < 0,2$	não aplicável
$0,2 \leq \tau < 0,4$	≥ 80
$0,4 \leq \tau < 0,6$	≥ 60
$0,6 \leq \tau < 1,0$	≥ 40
$\tau > 1,0$	sem requisito

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 físico e qualidade da colagem, atingindo parcialmente ou ultrapassando os limites mínimos de referência.
- As propriedades de flexão estática nas direções longitudinal e perpendicular atingiram parcialmente ou ultrapassaram os limites mínimos referenciais para os compensados apresentados nos diferentes códigos normativos nacionais para painéis compensados de madeira tropical e pinus.
- Os coeficientes de variação obtidos para os valores de todas as propriedades foram baixos, revelando boa homogeneidade dos painéis, com exceção das propriedades de flexão estática na direção perpendicular.
- Os compensados mistos de pinus e guapuruvu apresentaram a possibilidade de uso em ambientes internos normais, em aplicações externas protegidas e a exposição a intempéries por períodos curtos.
- De uma forma geral, as propriedades dos painéis compensados mistos de guapuruvu e pinus, avaliados neste estudo, tem grande potencial para a produção de compensados classificados como de uso geral, industrial e decorativo.
- O compensado misto, produzido no presente estudo e de acordo aos valores físicos e mecânicos, apresenta potencial para uso em móveis, 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.

REFERÊNCIAS

- [1] Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente (ABIMCI). ‘Estudo setorial 2016: ano base 2015’. Curitiba, 2016.
- [2] 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.
- [3] Iwakiri, S., Olandoski, D.P., Leonhardt, G. e Brand, M.A. ‘Produção de chapas de madeira compensada de cinco espécies de pinus tropicais’. *Ciência Florestal*, 11 (2) (2001) 71-77.
- [4] Engel, V.L. e Parrota, J.A. ‘Restauração de ecossistemas florestais’. *Agroecologia*, (2000).
- [5] Bortoletto, G.J. e Bellini, U. ‘Produção de lâminas e manufatura de compensados a partir da madeira de guapuruvu (*Schizolobium parayba blake.*) proveniente de um plantio misto de espécies nativas’. *CERNE*, 8 (20) (2002)16-28.
- [6] Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). ‘Zoneamento ecológico para plantios florestais no estado de Santa Catarina’. Curitiba, 2016.
- [7] Richter, H.G., Tomaselli, I. e Moreschi, J.C. ‘Estudo tecnológico do guapuruvu (*Schizolobium parahybum*)’. *Revista Floresta*, Curitiba. 5 (1974) 26-30.
- [8] Richter, H.G.; Tomaselli, I. e Moreschi, J.C. ‘Estudo tecnológico do guapuruvu (*Schizolobium parayba Blake.* Parte II: fabricação de compensados’. *Revista Floresta*, Curitiba. 6 (1) (1975) 14-23.
- [9] Tomaselli, I. e Scheffer, L.F. ‘A reação do compensado’. *Revista da Madeira*, (45) (1999) 10-14.
- [10] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 9533: Compensado - Determinação da resistência à flexão estática. Rio de Janeiro, 2012.
- [11] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR ISO 12466-1: Madeira compensada – Qualidade de colagem Parte 1: Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2012.
- [12] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR ISO 12466-2: Madeira compensada – Qualidade de colagem Parte 2: Requisitos. Rio de Janeiro, 2012.
- [13] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 9485: Compensado - Determinação da massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2011.
- [14] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 9486: Compensado - Determinação da absorção de água. Rio de Janeiro, 2011.
- [15] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 9584: Compensado - Determinação do teor de umidade. Rio de Janeiro, 2011.
- [16] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 9535: Compensado - Determinação do inchamento – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2011.
- [17] Wellons, J.D., Krahmer, R.L., Sandoe, M.D. e Jokerst, R.W. ‘Thickness loss in hot-pressed plywood’. *Forest Prod. J.* **33** (1983) 27–34.
- [18] Bier, H. ‘Radiata pine plywood: an experimental study of the bending properties of structural plywood’. *FRI Bulletin*, 53. New Zealand Forest Service, Rotorua, 1983.
- [19] Kelly, M.W. ‘Critical literature review of relationships between processing parameters and physical properties of particleboard. (USDA FPL, Madison, 1977).
- [20] Wu, Q. ‘Application of Nelson’s sorption isotherm to wood composites and overlays’. *Wood and Fiber Science*, 28 (2) (1999) 227-239.
- [21] Suchsland, O. ‘The swelling and shrinking of wood’. Madison: Forest Products Society, 194p. 2004.
- [22] Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente (ABIMCI). ‘Painéis compensados de madeira tropical’. Catálogo Técnico 1. Curitiba, 2007a.
- [23] Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente (ABIMCI). ‘Painéis compensados de pinus’. Catálogo Técnico 2. Curitiba, 2007b.
- [24] Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente (ABIMCI). ‘Painéis compensados de pinus’. Catálogo Técnico 1. Programa Nacional de Qualidade da Madeira. Curitiba, 2002.
- [25] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Projeto 31:000.05-001/2: Painéis de madeira compensada Parte 2: Requisitos. Rio de Janeiro, 2004.
- [26] Iwakiri, S., Vargas, C.A., Parchen, C.F.A., Weber, C., Batista, C.C., Garbe, E.A., Cit, E.J. e Prata, J.G. ‘Avaliação da qualidade de painéis compensados produzidos com lâminas de *Schizolobium amazonicum*’. *Floresta*, 41 (3) (2011) 451-458.