

PRODUÇÃO DE LÂMINAS E MANUFATURA DE COMPENSADOS A PARTIR DA MADEIRA DE GUAPURUVU (*Schizolobium parayba* Blake.) PROVENIENTE DE UM PLANTIO MISTO DE ESPÉCIES NATIVAS

Geraldo Bortoletto Júnior¹, Ugo Leandro Belini²

RESUMO: O objetivo deste estudo foi avaliar o potencial da madeira de guapuruvu (*Schizolobium parayba*), proveniente de plantios mistos de espécies nativas, para produção de lâminas e compensados. O rendimento do processo de laminação foi de aproximadamente 61% em lâminas verdes. As lâminas obtidas, depois de guilhotinadas e secas, foram classificadas segundo a NBR 9531/1986, obtendo o seguinte resultado: 2% das lâminas na classe A, 24% na classe B, 48% na classe C e 26% na classe D. Foram manufaturados compensados do tipo B/C/B, colados com adesivo à base de uréia-formaldeído e avaliadas as suas propriedades de flexão estática (MOR e MOE) e resistência da linha de cola ao esforço de cisalhamento (seco e úmido). Os tratamentos (1, 2 e 3) se referem às formulações da cola (35%, 50% e 65% de farinha de trigo em relação ao adesivo puro). Os resultados indicaram que a madeira de guapuruvu tem potencial para produção de lâminas e manufatura de compensados. Os compensados apresentaram diferença significativa entre os tratamentos nos ensaios de flexão estática (MOR no sentido perpendicular) e de cisalhamento (seco e úmido). O compensado produzido apresenta possibilidade de uso interior (IR) e intermediário (IM) para as formulações 1 e 2, e uso interior (IR) para a formulação 3. O compensado de guapuruvu tem potencial para uso em móveis, embalagens e caixotaria.

Palavras-chave: madeira, guapuruvu, *Schizolobium*, lâmina, compensado, propriedades.

VENEER AND PLYWOOD PRODUCTION OF GUAPURUVU WOOD (*Schizolobium parayba* Blake.) COMING FROM A MIXED PLANTATION OF BRAZILIAN TREE SPECIES

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the potential of the guapuruvu wood (*Schizolobium parayba*), coming a mixed plantings of Brazilian native species, for veneer and plywood production. The peeling yield was 61%, linking green veneer and peeling wood. The obtained veneers, after clipped and dried, they were graded according to Brazilian Standards (NBR 9531/1986). The following grades o veneer were obtained: 2% of grade A, 24% of grade B, 48% of grade C and 26% of grade D. After, it was manufactured plywood of grade B/C/B, glued with urea-formaldehyde adhesive, and their properties of static bending (MOR and MOE) and bonding line strength in shear

¹ Professor do Departamento de Ciências Florestais/ESALQ/USP, Caixa Postal 09, 13418-900, Piracicaba, SP, gbor-toll@esalq.usp.br

² Curso de Engenharia Florestal/ESALQ/USP, Bolsista PIBIC/CNPq, Av. Pádua Dias 11, 13418-900, Piracicaba, SP, ubelini@esalq.usp.br

test (dry and wet) were appraised. Treatments (1, 2 and 3) varied according to the formulation of the glue (35, 50 and 65% of wheat flour in relation to the pure adhesive). The results indicated that the guapuruvu wood has potential for veneer and plywood production. The plywood showed significant difference between treatments in the static bending (perpendicular MOR) and shear (dry and wet). The plywood presents possibility of interior and intermediate use for the formulations 1 and 2, and interior use for the formulation 3. The plywood has potential for use in furniture, packing and box factory.

Key words: Wood, guapuruvu, Schizolobium, veneer, plywood, properties.

1 INTRODUÇÃO

O plantio misto de espécies nativas em áreas degradadas tem como objetivos recompor a vegetação, melhorar as condições ambientais e manter a diversidade genética. Isso pode ser feito com a escolha de espécies adequadas, previamente testadas por meio de experimentos que visam a avaliação de seus comportamentos florestais.

Um ponto importante é procurar espécies que possam desempenhar bem seu papel ambiental e, ainda, gerar algum retorno financeiro para o proprietário da floresta por meio de um possível aproveitamento para fins madeireiros.

O guapuruvu (*Schizolobium parayba*) é reconhecido entre os pesquisadores como uma espécie de rápido desenvolvimento e boa produtividade. Segundo a EMBRAPA (1988), em plantios experimentais, o guapuruvu impressiona pelo crescimento inicial e pela forma das plantas. Quando plantado em espaçamento adequado, permite consórcio com cultivos permanentes ou de ciclo curto. Silva & Torres (1992) observaram que o guapuruvu, entre diversas espécies nativas plantadas, destacou-se aos 10 e 14 anos de idade, no espaçamento 3 x 3, apresentando desenvolvimento rápido ($DAP_{\text{médio}} = 21,2\text{cm}$ e $HT_{\text{média}} = 12,75\text{m}$; $DAP_{\text{médio}} = 24,4\text{cm}$ e $HT_{\text{média}} = 13,7\text{m}$, respectivamente). Salgado et al. (1989) constataram ser possível obter grande volume de madeira num prazo relativamente curto (10 anos) com o cultivo do guapuruvu, no espaçamento 4 x 4m, em solo do tipo latossolo roxo, correspondendo a 600 m³/ha.

Richter et al. (1975) concluíram que o compensado obtido a partir da madeira de guapuruvu, originária de floresta nativa, encontra-

aplicações tais como formas de concreto, embalagens pesadas e fabricação de móveis. De acordo com Paula & Alves (1997), a madeira de guapuruvu é adequada para confecção de aeromodelos, brinquedos, palitos, caixotes, barcos, bem como para papel.

Em função do sucesso alcançado nos plantios até então conduzidos, que inclui a utilização de espécies que apresentam potencial econômico em relação às suas industrializações, como exemplo o guapuruvu, surgiu como proposta um estudo visando o aproveitamento dessa espécie, proveniente de plantios mistos com espécies nativas, para fins madeireiros.

Assim, estabeleceu-se o objetivo geral do presente estudo que é avaliar o potencial de produção de lâminas e de manufatura de compensados a partir da madeira do guapuruvu. Os objetivos específicos foram: a) produzir lâminas e avaliar o rendimento do processo de laminação; b) avaliar a qualidade das lâminas produzidas; c) manufaturar compensados a partir das lâminas obtidas, utilizando três formulações distintas de adesivo à base de uréia-formaldeído; d) avaliar as propriedades do compensado (massa específica aparente, flexão estática e resistência da linha de cola ao esforço de cisalhamento), verificando o efeito das formulações de adesivo utilizadas, a qualidade das chapas e definir possíveis usos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Na área do Projeto de Recomposição da Vegetação com Espécies Arbóreas Nativas, da Usina Mário Lopes Leão, pertencente à Companhia de Geração de Energia Elétrica Tietê (antiga

CESP), implantado no município de Promissão, SP, foram selecionadas aleatoriamente e abatidas três árvores (designadas A, B e C) com 16 anos de idade. De cada uma das duas primeiras árvores foram retiradas três toras (A1, A2, A3 e B1, B2 e B3, respectivamente) e da última árvore duas toras (C1 e C2), totalizando oito toras de 1,5m de comprimento, destinadas à laminação. Logo acima da base de cada árvore foi amostrado 1 disco de madeira, do qual foram retiradas duas cunhas, opostas pelo vértice, para a determinação da massa específica básica.

Para determinação do volume saturado das cunhas foi utilizado o método de imersão em água, obtendo a variação do peso do líquido, conforme descrito em Vital (1984). A massa seca das cunhas foi obtida em balança gravimétrica, após as mesmas terem atingido massa constante, acondicionadas em estufa com temperatura de $103 \pm 2^\circ\text{C}$.

2.1 Preparo das toras

As toras permaneceram submersas em água dentro de um tanque, por um período de 60 dias antes do processamento, com a finalidade de evitar o ataque de fungos e organismos xilófagos, preservando a integridade da madeira. Além disso, tal procedimento pode proporcionar o alívio das tensões de crescimento, conforme cita Aguiar (1986) para o caso da madeira de eucalipto, cujo tempo de submersão em água não deve ser inferior a 30 dias, como sugere o autor.

A operação de laminação foi precedida pelo descascamento e aquecimento das toras. A temperatura de aquecimento foi dada em função da massa específica básica da espécie utilizada e o tempo de aquecimento em função do diâmetro das toras. Para definição da magnitude desses dois parâmetros, temperatura e tempo de aquecimento, baseou-se em recomendações existentes nos trabalhos de Lutz (1974) e Feihl & Godin (1975), respectivamente. Segundo tais recomendações, foi utili-

zada a temperatura de aquecimento de 45°C por um período de 14 horas.

2.2 Produção de lâminas e determinação do rendimento da laminação

As lâminas foram obtidas em torno desenrolador com espessura nominal de 2,00mm. A regulação das variáveis do torno baseou-se nas recomendações de Feihl & Godin (1970): ângulo de afiação da faca de 21° ; ângulo da faca de $90^\circ 00'$ variando automaticamente para $89^\circ 00'$; abertura horizontal de 1,8mm e abertura vertical de 0,45mm. A lâmina contínua de cada tora, na saída do torno, foi enrolada numa bobina de madeira para, posteriormente, ser guilhotinada.

A determinação do rendimento da laminação foi realizada pela metodologia descrita por Medina (1986). Para tanto, foram efetuadas medidas dos diâmetros das toras com casca e sem casca, da tora arredondada e do rolo resto.

2.3 Guilhotinagem

Durante a operação de guilhotinagem para produção das lâminas individuais (0,002 x 1,00 x 1,05m), foram coletadas amostras com dimensões de 0,002 x 0,04 x 1,05m conforme ilustrado na Figura 1. As amostras foram coletadas a cada três lâminas produzidas a partir das toras da base das árvores A1, B1 e C1. No total foram coletadas 23 amostras que se destinaram à determinação do valor da contração máxima tangencial, radial e volumétrica das lâminas de madeira de guapuruvu. O coeficiente de anisotropia foi calculado a partir da relação entre a contração tangencial e radial das lâminas.

Para o cálculo das contrações foram medidas a largura e espessura das amostras, nos três pontos indicados na Figura 1; inicialmente na condição verde (acima do ponto de saturação das fibras) e, posteriormente, na condição seca (0% de umidade). A contração volumétrica aproximada foi estimada pelo somatório das contrações tangencial e radial. A contração longitudinal foi desconsiderada.

O valor das contrações foi calculado por meio das seguintes expressões:

$$C_T = [(L_V - L_S)/L_V] \times 100;$$

onde:

C_T = contração tangencial (%);

L_V = largura verde;

L_S = largura seca;

$$C_R = [(E_V - E_S)/E_V] \times 100;$$

onde:

C_R = contração radial (%);

E_V = espessura verde;

E_S = espessura seca;

$$C_V = C_T + C_R;$$

onde:

C_V = contração volumétrica (%).

2.4 Secagem e classificação das lâminas

Logo após a guilhotinagem, as lâminas obtidas foram dispostas em suportes de madeira para secagem natural, em local coberto. A perda de umidade durante a secagem foi acompanhada por meio de pesagens periódicas de amostras de lâminas. Quando as amostras não apresentaram

mais variação em seus pesos, as lâminas foram retiradas dos suportes. Nesta oportunidade, o teor de umidade médio determinado para as lâminas foi de 11%.

As lâminas secas foram classificadas em classes de qualidade decrescente (N, A, B, C e D), segundo a NBR 9531 (ABNT, 1986) e depois empilhadas, permanecendo assim até o momento da manufatura dos compensados.

2.5 Manufatura dos compensados

A partir das lâminas secas e classificadas, foram manufaturados compensados de 5 camadas do tipo B/C/B, ou seja, capas com lâminas da classe B e miolo com lâminas da classe C.

O adesivo utilizado foi à base de resina uréia-formaldeído, preparado em três diferentes formulações, que constituíram os respectivos tratamentos.

As formulações utilizadas na produção dos painéis seguiram as recomendações do fabricante da resina, conforme o Boletim Técnico Cascamite PL-2040 (Alba Química, 1999) e são apresentadas na Tabela 1.

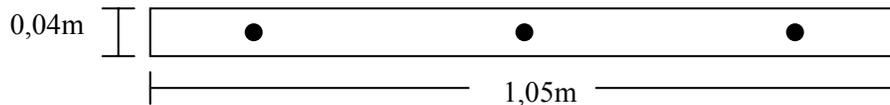


Figura 1. Amostra de lâmina para determinação das contrações máximas

Figure 1. Veneer sample for determining the maximum shrinkage

Tabela 1. Formulação do adesivo.

Table 1. Adhesive formulation.

Ingredientes	Tratamento 1	Tratamento 2	Tratamento 3
Resina	100	100	100
Farinha de trigo	35	50	65
Água	35	65	75
Catalisador*	2,5	2,5	2,5

Os números referem-se a partes por peso. * Sulfato de amônia.

Para cada tratamento, foram produzidos três painéis. A gramatura utilizada em todos os tratamentos foi de 360 g/m², sendo o adesivo aplicado em linha dupla. A viscosidade do adesivo foi estimada antes do uso, por meio de um Copo Ford 8. O tempo de escoamento do adesivo foi de 60", para todos os tratamentos. A variável entre os tratamentos foi a diferente percentagem de farinha de trigo (35%, 50% e 65%) em relação ao adesivo puro.

O tempo de assemblagem foi de 15 minutos, conforme recomendação do fabricante da resina. Durante a assemblagem foram colocados pesos de concreto sobre os painéis, a fim de melhorar o contato entre lâminas e facilitar a transferência e penetração do adesivo na madeira, bem como o carregamento da prensa. Segundo Jankowsky (1980), o tempo de assemblagem é aquele decorrido entre a aplicação do adesivo e o momento em que a prensa é fechada e deve ser tal que permita a transferência do adesivo da lâmina com cola para a lâmina sem cola, a penetração do adesivo nos poros e capilares e o umedecimento da estrutura submicroscópica da madeira.

O ciclo de prensagem, adotado baseou-se nas informações do fabricante da resina e foi o seguinte: temperatura de 105°C, pressão específica de 6 kgf/cm² e tempo de prensagem de 11 minutos.

Após a prensagem, os compensados foram mantidos na posição vertical até restabelecerem a temperatura ambiente. Posteriormente, foram empilhados, distanciados entre si pelo uso de separadores, em local coberto e protegido de intempéries, por um período de aproximadamente 30 dias para climatização em condições de temperatura e umidade relativa ambiente. Após este período, os compensados foram esquadrejados com dimensões finais de 0,01 x 0,9 x 0,9m.

2.6 Ensaios físicos e mecânicos

As chapas esquadrejadas foram destinadas à retirada aleatória dos corpos-de-prova para os ensaios físicos e mecânicos previstos.

Nesta etapa foram seguidas as recomendações da Norma Brasileira NBR 9531 (ABNT, 1986). Assim, foram retirados de cada chapa 10 corpos-de-prova para ensaios de flexão estática: 5 com a direção das fibras das lâminas das capas paralela ao comprimento do corpo-de-prova e 5 com a direção das fibras perpendicular; 6 para massa específica e 14 para o ensaio de resistência da linha de colagem ao esforço de cisalhamento, sendo 7 para ensaio na condição seca e 7 para o ensaio na condição úmida.

2.7 Análise estatística

Na análise estatística dos dados obtidos por meio dos ensaios realizados, considerouse o efeito dos tratamentos sobre as propriedades avaliadas. Para obtenção desses resultados realizou-se uma análise da variância e, posteriormente, um teste de médias de *Tukey*, conduzido a 95% de confiança, para identificar médias que diferiram entre si. Para a realização da análise da variância empregou-se o programa estatístico denominado *Statistica*.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Massa específica básica da madeira

A massa específica básica média da madeira de guapuruvu foi de 0,39 g/cm³ (16 anos). Salgado et al. (1989) obtiveram uma massa específica básica média de 0,302 g/cm³ para madeira da mesma espécie, proveniente de plantio homogêneo com idade de 10 anos.

O resultado da avaliação da massa específica básica, bem como o dos topos das toras e das lâminas obtidas, são concordantes com Jankowsky (1990), que afirma ser a madeira do guapuruvu muito leve e de cor branco-palha, apresentando manchas amareladas e rosadas, com o cerne e alborno indistintos, cheiro e sabor imperceptíveis.

3.2 Contrações

Os valores médios das contrações e do coeficiente de anisotropia das amostras de lâminas são apresentados na Tabela 2. De maneira geral, madeiras com baixo valor da relação T/R (valores próximos a 1) são consideradas estáveis. O valor da relação T/R (média de 4,79) encontrado para as lâminas de guapuruvu pode ser considerado alto.

Richter et al. (1975a) encontraram valor médio de 6,5% para contração tangencial (parcial) em lâminas de guapuruvu nativo, secas da condição saturada até um teor de umidade final médio de 7,37%. Pode-se dizer que o valor médio da contração tangencial encontrado pelos autores não é incompatível com o obtido no presente estudo (8,31%), no qual o teor de umidade final das lâminas foi de 0% e resultou num maior aumento relativo do percentual de contração tangencial (máxima).

Jankowsky (1990) cita valores médios de 5,5%, 1,8% e 8,4% para as respectivas contrações máximas tangencial, radial e volumétrica da madeira de guapuruvu e um coeficiente de anisotropia de 3,06 (considerado alto). Entretanto, esses resultados foram obtidos a partir de blocos de madeira, cuja forma e dimensões são absolutamente diferentes da forma e dimensões das amostras de lâminas avaliadas no presente estudo.

Bariska (1966), Bosshard (1956) e U.S. FPL (1961), citados por Tsoumis (1991), observaram experimentalmente que a relação entre

mudança de umidade e contração é influenciada pelas dimensões das amostras de madeira; distintos modelos de distribuição da umidade em amostras com dimensões diferentes e as conseqüentes tensões desenvolvidas são as explicações para as constatações dos autores. De fato, pode-se dizer que os valores citados por Jankowsky e aqueles obtidos no presente estudo são diferentes, especialmente o valor da contração tangencial. Isso consiste em evidência ou confirmação do que dispõe a literatura sobre a influência das dimensões das amostras sobre os resultados de contração da madeira.

3.3 Rendimento da laminação

A Figura 2 apresenta as perdas percentuais nas quatro etapas do processo de laminação, por tora e a Tabela 3, o rendimento em lâminas.

O descascamento manual das toras foi considerado fácil e a espessura média da casca foi de 0,8 cm. Verificou-se que a etapa de arredondamento foi a que gerou maior perda (22,9%), a qual está relacionada com a conicidade das toras em geral, mas também com a tortuosidade e a forma elíptica presente em duas toras. Esses problemas podem ser minimizados pela seleção de matrizes com boa forma, bem como do correto acompanhamento da implantação e condução dos povoamentos.

Tabela 2. Valores médios de contração da madeira.

Table 2. *Veneer shrinkage average values.*

Árvore/tora	Contração tangencial (T) (%)	Contração radial (R) (%)	Contração volumétrica (%)	Coeficiente de anisotropia (T/R) (%)
A1	10,99	1,81	12,8	6,07
B1	6,47	1,60	8,07	4,04
C1	7,49	1,75	9,24	4,28
Média	8,31	1,72	10,03	4,79

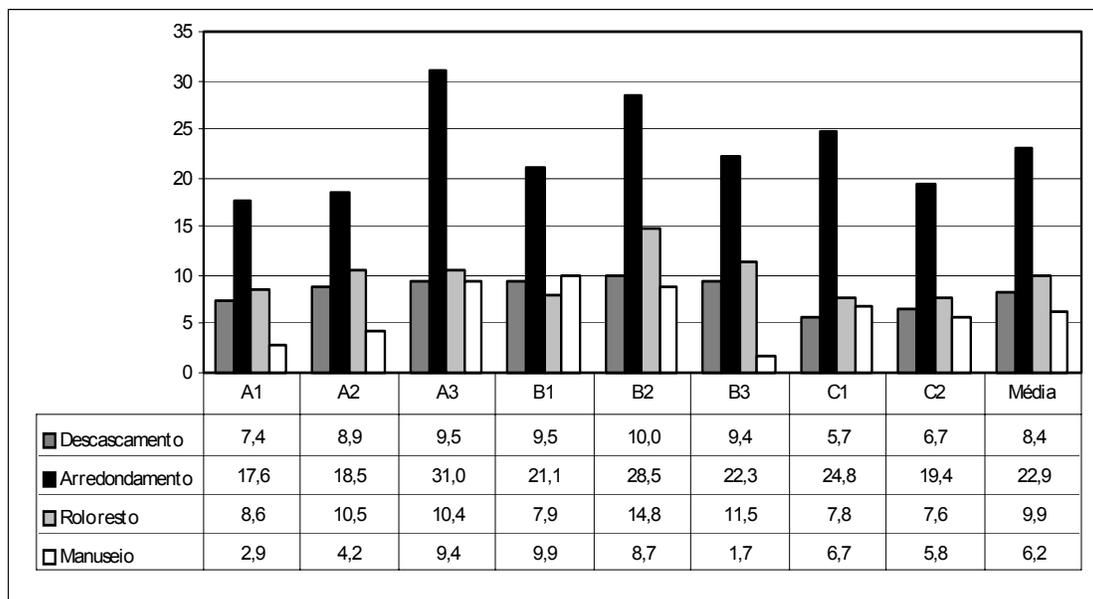


Figura 2. Perdas percentuais nas etapas de laminação.

Figure 2. Percentage of losses in lamination stages.

Tabela 3. Rendimento da laminação.

Table 3. Peeling yield.

Árvore	Tora	Nº de lâminas	Rendimento (%)	
			Com casca	Sem casca
A	A1	28	63,57	70,94
	A2	24	57,25	66,17
	A3	16	39,68	49,21
B	B1	26	51,52	61,02
	B2	19	38,05	48,05
	B3	21	55,11	64,53
C	C1	29	54,93	60,66
	C2	30	60,64	67,31
Média			52,59	60,98

A perda bruta (perda no descascamento + perda do rolo-resto) foi de 18,3%, compatível com o valor encontrado por Richter et al. (1975a), que foi de 17,5%. Segundo esses autores, perda bruta de tal magnitude pode ser considerada bastante baixa, comparando-se com outras madeiras tropicais, as quais alcançam valores entre 25% e 38%.

O rendimento do processo de laminação é apresentado na Tabela 3, expresso em percentagem, relacionando-se lâminas verdes inteiras, obtidas após a guilhotinagem, portanto, considerando as perdas no manuseio, e tora com e sem casca.

Ao se considerar o volume das toras com casca, o rendimento médio da laminação foi de 52,59% e, desconsiderando a casca, foi de 60,98%. Esse último valor é pouco superior ao encontrado por Richter et al. (1975) quando do desenrolamento do guapuruvu, proveniente de mata nativa, que foi de 58% sem considerar as perdas no manuseio. Segundo esses autores, rendimento de aproximadamente 60% pode ser considerado bom. Rendimentos baixos, como os apresentados pelas toras A3 e B2, foram decorrentes da forma tortuosa e elíptica das mesmas, o que ocasionou maiores perdas na etapa de arredondamento, conforme comentado anteriormente.

Ressalta-se que, no presente estudo, não houve problemas relacionados com podridão da porção central das toras, ao contrário do que observaram Richter et al. (1975), para algumas toras de guapuruvu provenientes de floresta nativa.

3.4 Qualidade das lâminas

A espessura média das amostras de lâminas verdes foi de 2,03 mm, valor muito próximo à espessura nominal de 2,00 mm, sendo um indício de que a regulagem do torno foi adequada, resultando em uma boa uniformidade de espessura durante a laminação.

Durante o processo de secagem natural das lâminas foi possível verificar o surgimento

de rachaduras longitudinais, ocorrência de colapso e rachaduras em favo de mel (ambos também verificados nas cunhas utilizadas para determinação da massa específica básica da madeira), principalmente nas lâminas originárias da região próxima à medula das toras (madeira juvenil). Entretanto, esses defeitos, tanto em quantidade como em magnitude, não comprometeram seriamente a manufatura do compensado. As ondulações verificadas nas lâminas secas, aparentemente resultantes da ocorrência do colapso, ocasionaram a formação de pequenos cavalos durante a prensagem a quente do painel, especialmente em suas bordas, os quais foram eliminados após o esquadreamento das chapas.

Foram observados nós, vivos e firmes, com diâmetro entre 2,0 e 5,0mm, presentes em quantidades entre 12 e 20 por lâmina, vistos com maior facilidade nas lâminas de coloração mais clara.

O resultado da classificação das lâminas é apresentado em número de lâminas por classe e tora, podendo ser visto na Figura 3. O percentual de lâminas em cada classe, expresso em relação ao número total obtido, foi o seguinte: 2% das lâminas na classe A, 24% na classe B, 48% na classe C e 26% na classe D.

Ao todo, foram classificadas 193 lâminas, as quais permitiriam a produção de painéis compensados dos tipos B/C/B, de maior valor agregado e industrial C/D/C. Observa-se que foram produzidas lâminas predominantemente da classe C, entretanto, o rendimento em lâminas da classe B pode ser considerado bom. A somatória das lâminas das classes B e C (138 lâminas) equivale a 72% do número total de lâminas obtidas, as quais são adequadas para compor as capas de compensados. Richter et al. (1975), embora não tenham utilizado a mesma classificação empregada no presente estudo, obtiveram 60% de lâminas designadas pelos autores como “próprias” para serem utilizadas como “capas”.

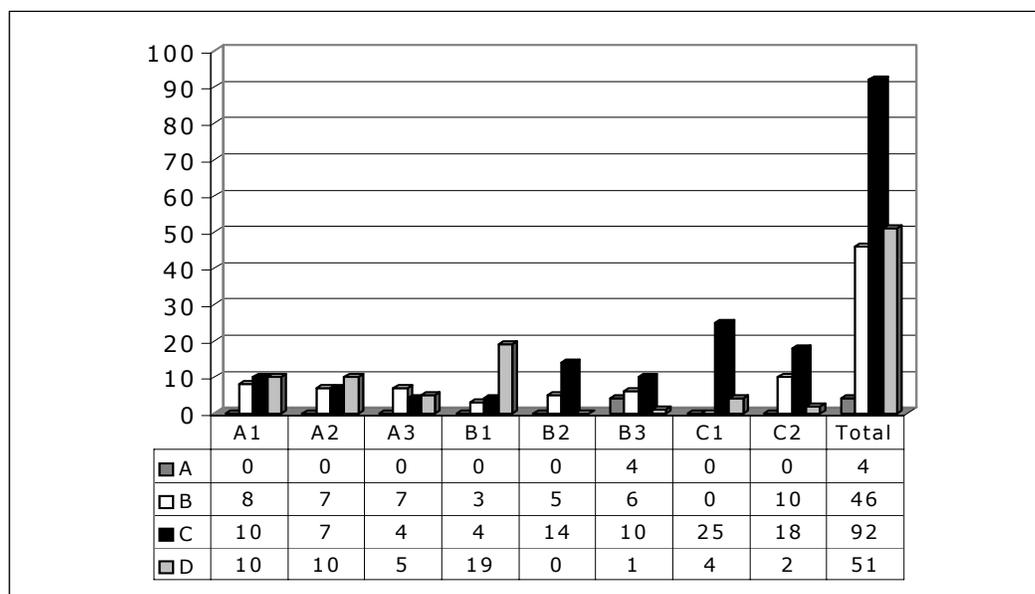


Figura 3. Classificação e número de lâminas, por tora

Figure 3. Classification and veneer quantity, for each log

3.5 Propriedades dos painéis

A Tabela 4 apresenta os valores médios das propriedades físicas e mecânicas dos compensados. Nessa tabela pode ser observado que não houve diferença significativa para as massas específicas dos compensados entre os tratamentos considerados.

Nos ensaios de flexão estática, apenas o MOR perpendicular apresentou diferença estatística entre os tratamentos. Para essa mesma propriedade, os tratamentos 2 e 3 (50% e 65%) foram estatisticamente equivalentes e diferiram do tratamento 1 (35%). Esse resultado pode estar relacionado com a melhor qualidade da formulação utilizada no tratamento 1, que utilizou menor percentagem de farinha de trigo em relação ao adesivo puro. Possivelmente pelo mesmo motivo, o tratamento 1 também apresentou tendência de melhor performance em todas as demais propriedades, exceto para o MOE perpendicular em relação ao tratamento 3.

A Tabela 5 apresenta os valores médios da massa específica e do MOR paralelo de painéis compensados, produzidos a partir de diferentes espécies e a comparação destes por meio da relação entre resistência e massa específica.

Observando-se os valores da relação estabelecida entre resistência e massa específica para os compensados da Tabela 5, verifica-se que a mesma é superior no caso do guapuruvu. Isso demonstra que o compensado de guapuruvu apresenta resistência relativamente alta. Richter et al. (1975) verificaram o mesmo fato comparando o compensado de guapuruvu nativo com os de pinheiro do Paraná (*Araucaria angustifolia*) e *Pinus elliotii*.

Com relação ao ensaio de cisalhamento seco, houve diferença significativa entre os tratamentos. Os tratamentos 2 e 3 (50% e 65%) foram estatisticamente equivalentes e diferiram do tratamento 1 (35%). No ensaio de cisalhamento úmido houve diferença significativa entre os

três tratamentos. Levando em consideração que o ensaio de cisalhamento, entre os demais, é o que revela com maior precisão a qualidade da colagem, os resultados da tensão de ruptura

comprovam a excelência da formulação utilizada no tratamento 1, especialmente no ensaio úmido.

Tabela 4. Valores médios das propriedades físicas e mecânicas dos compensados.

Table 4. Average values of physical and mechanical plywood properties.

Tratamentos	M.E (g/cm ³)	TU (%)	Flexão estática		Flexão estática		Cisalhamento		Falha	
			MOR (kgf/cm ²)		MOE (kgf/cm ²)		tensão de ruptura (kgf/cm ²)		na madeira (%)	
			//	⊥	//	⊥	Seco	Úmido	Seco	Úmido
1 (35%)	0,467 A	8,1	531 A	275 A	65548 A	17822 A	18,2 A	13,8 A	63	22
2 (50%)	0,468 A	8,3	509 A	234 B	64745 A	15086 A	15,0 B	11,5 B	45	24
3 (65%)	0,450 A	8,2	510 A	242 B	62465 A	18094 A	12,2 B	9,8 C	51	11
Média	0,462	8,2	517	250	64253	17000	15,1	11,7	53	19

*Médias acompanhadas da mesma letra não diferem estatisticamente, comparadas pelo teste de Tukey a 95 % de confiança; M.E. – massa específica aparente; TU – teor de umidade; MOR – módulo de ruptura; MOE – módulo de elasticidade.

Tabela 5. Comparação entre compensados obtidos a partir de diferentes espécies de madeira por meio da relação entre resistência e massa específica.

Table 5. Comparison among plywood obtained from wood of different species through the relationship between strength and apparent specific mass.

Compensado	M.E (g/cm ³)	Flexão estática paralela MOR (kgf/cm ²)	Relação
			_____MOR_____ 1000 x M.E.
<i>Guapuruvu</i> *	0,462	517	1,12
<i>Pinus spp</i> **	0,635	395	0,62
<i>Eucalyptus Saligna</i> ***	0,783	855	1,09

*Valores médios extraídos da Tabela 4; **Fonte: ABIMCI (2001), compensado produzido por diversos fabricantes, com 9mm de espessura, composto por 5 lâminas, sem especificação do adesivo utilizado; ***Fonte: Bortoletto Júnior (2003), compensado produzido em laboratório, com 10mm de espessura, composto por 5 lâminas coladas com adesivo fenólico.

De acordo com a NBR 9532 (ABNT, 1986), considerando-se os resultados do ensaio de cisalhamento seco, apenas o tratamento 1 atende às especificações que enquadram o compensado para uso interior (IR), pois apresentou uma percentagem de falha na madeira superior a 60%. Segundo a mesma norma, considerando os resultados do ensaio úmido, o compensado de nenhum dos tratamentos enquadra-se na categoria de uso intermediário (IM), devido à percentagem de falha na madeira ter sido inferior a 60%. Cabe comentar que a norma em referência vem sendo considerada inadequada nesse caso particular e encontra-se em processo de revisão e atualização, com forte tendência no sentido da adoção das especificações da norma européia EN 314-2 (1993), cujos requisitos de colagem encontram-se na Tabela 6. Essa norma européia considera não só o valor de falha na madeira, mas também o valor da tensão de ruptura em conjunto e, portanto, proporciona uma avaliação mais completa e adequada sobre a qualidade da colagem.

Com base nos requisitos da norma EN 314-2 (1993), os valores obtidos no ensaio de cisalhamento seco permitem classificar o compensado de guapuruvu na categoria de uso interior (IR), considerados todos os tratamentos. Os valores obtidos no ensaio de cisalhamento úmido, somente permitem classificar o compensado de guapuruvu dos tratamentos 1 e 2 na categoria de uso intermediário (IM). O compensado resultante do tratamento 3, cuja tensão de ruptura média foi de 9,8 kgf/cm² com uma percentagem de falha na madeira de 11%, a qual deveria ser igual ou superior a 40%, não atende aos requisitos da norma em referência para classificá-lo como de uso intermediário (IM).

Tabela 6. Requisitos de colagem (valores médios).

Table 6. Bonding requirements (average values).

Resistência da linha de colagem ao esforço do cisalhamento	
Tensão de ruptura kgf/cm ²	Ruptura ou falha na madeira (%)
2,0 ≤ TR < 4,1	≥ 80
4,1 ≤ TR < 6,1	≥ 60
6,1 ≤ TR < 10,2	≥ 40
10,2 ≤ TR	Sem exigência

Fonte: EN 314-2 (1993)

4 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente estudo permitem concluir o seguinte:

O rendimento do processo de laminação das toras de guapuruvu (*Schizolobium parayba* Blake.) foi de 60,98% e pode ser considerado expressivo. As lâminas geradas foram classificadas nas classes A (2%), B (24%), C (48%) e D (26%), conforme a norma NBR 9531 (1986), as quais permitiriam a produção de painéis compensados dos tipos B/C/B, de maior valor agregado e industrial do tipo C/D/C;

Os tratamentos empregados na manufatura dos compensados resultaram em diferença estatística nos ensaios de flexão estática (MOR ⊥) e resistência ao cisalhamento da linha de cola (ensaio seco e úmido). A formulação do adesivo utilizada no tratamento 1 (35% de farinha de trigo em relação ao adesivo puro) foi a que exibiu melhor performance;

De acordo com a norma EN 314-2 (1993), o compensado de guapuruvu apresenta possibilidade de uso interior (IR) e intermediário (IM) quando produzido com as formulações 1 e 2 (35% e 50%) e somente uso interno (IR) com a formulação 3 (65%);

A madeira de guapuruvu (*Schizolobium parayba* Blake.), proveniente de plantios mistos

de espécies nativas, tem potencial para produção de lâminas e fabricação de compensados. O compensado de guapuruvu, produzido conforme as condições especificadas no presente estudo, apresenta potencial para uso em móveis, embalagens e caixotaria.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Usina Hidroelétrica Mário Lopes Leão pela doação da madeira e à Alba Química pela doação do adesivo, ambas matérias-primas indispensáveis ao desenvolvimento do presente trabalho.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE - ABIMCI. PNQC – Programa Nacional de Qualidade de Compensado. Curitiba, 2001. CD-ROM.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **Chapas de madeira compensada:** classificação. Norma Brasileira NBR 9531. Rio de Janeiro, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **Chapas de madeira compensada:** especificação. Norma Brasileira NBR 9532, Rio de Janeiro, 1986.

AGUIAR, O. J. R. **Método para controle das rachaduras de topo em toras de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden, visando a produção de lâminas por desenrolamento.** 1986. 104 p. Dissertação (Mestre em ciências) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

ALBA QUÍMICA. **Cascamite PL-2040.** São Paulo, 1999. 5 p. (Boletim Técnico, 55).

BORTOLETTO JÚNIOR, G. Produção de compensados com 11 espécies do gênero *Eucalyptus*,

avaliação das suas propriedades físico-mecânicas e indicações para utilização. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 63, p. 65-78, jun. 2003.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa Florestal. **Zoneamento ecológico para plantios florestais no estado de Santa Catarina.** Curitiba – PR, 1988. 113 p. (EMBRAPA-CNPF. Documento ; 21).

EN – European Standard. Plywood. **Bonding quality.** Part 2: Requirements. EN 314-2, 1993. CEN members, 1993.

FEIHL, O.; GODIN, V. **Heating veneer logs:** a practical guide. Ottawa: Canadian Forestry Service, 1975. (Technical Report ; n. 9).

FEIHL, O.; GODIN, V. **Setting veneer lathes with aid of instruments.** Ottawa: Canadian Forestry Service, 1970. (Publication n.1206).

JANKOWSKY, I. P. **Variação da resistência à flexão estática do compensado de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, em função da quantidade de extensor e tempo de montagem.** Piracicaba: IPEF, 1980. 8 p. (Circular Técnica IPEF ; n. 124).

JANKOWSKY, I. P. **Madeiras brasileiras.** Caxias do Sul: Spectrum, 1990. v. 1, 172 p.

LUTZ, J. F. **Techniques for peeling, slicing and drying veneer.** Ottawa: USDA. Forest Service, 1974. (USDA. FPL Research Paper, n.228).

MEDINA, J. C. **Efeito da temperatura de aquecimento na obtenção de lâminas por desenrolamento e sobre a qualidade da colagem de compensados fenólicos de *Pinus elliottii* Engelm.** 1986. 113 p. Dissertação (Mestre em Ciências) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

PAULA, J. E.; ALVES, J. L. H. **Madeiras nativas**: anatomia, dendrologia, dendrometria, produção, uso. Brasília: Fundação Mokiti Okada, 1997. 541 p.

RICHTER, H. G.; TOMASELLI, I.; MORESCHI, J. C. Estudo tecnológico do guapuruvu (*Schizolobium parayba* Blake.). Parte II: fabricação de compensados. **Floresta**, Curitiba, v. 6, n. 1, p. 14-23, jun. 1975.

SALGADO, A. L. B.; CIARAMELLO, D.; AZZINI, A. O guapuruvu: desenvolvimento, produtividade e características celulósicas. **O Agrônomo**, Campinas, v. 41, n. 2, p. 104- 109, maio/ago. 1989.

SILVA, L. B. X.; TORRES, M. A. V. Espécies florestais cultivadas pela COPEL – PR (1974 – 1988). **Revista do Instituto Floresta**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 585-594, mar. 1992.

TSOUMIS, G. **Science and technology of wood. Structure, properties, utilization**. New York: Chapman & Hall, 1991. 494 p.

VITAL, B. R. **Métodos de determinação da densidade da madeira**. Viçosa: UFV, 1984. 21 p. (SIF. Boletim Técnico ; n. 1).