

# Produção de painéis aglomerados de *Hevea brasiliensis* (Clone RRIM 600) em mistura com três espécies de *Eucalyptus* utilizadas pelas indústrias de São Paulo

Production of particleboard of *Hevea brasiliensis* (Clone RRIM 600) in mixture with three species of *Eucalyptus* used by São Paulo's industries

Setsuo Iwakiri<sup>1</sup>, Rosilani Trianoski<sup>2</sup>, Renan Zunta Raia<sup>3</sup>, André Christian Keinert<sup>4</sup>,  
Caroline Rodrigues Pereira de Paula<sup>3</sup>, Giuliana Ribeiro Protzek<sup>3</sup>,  
Renata Kobylarz<sup>3</sup> e Vinicius Rosa Schweitzwer<sup>5</sup>

---

## Resumo

Este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade de painéis aglomerados produzidos com madeira de *Hevea brasiliensis* em diferentes proporções de mistura de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus urograndis*, empregadas pelas indústrias do Estado de São Paulo. Os painéis experimentais foram produzidos com partículas de madeiras de *Hevea/Eucalyptus*, nas proporções de 100/0%, 80/20%, 60/40%, 40/60%, 20/80% e 0/100%, totalizando seis tratamentos. Os painéis foram produzidos com densidade nominal de 0,75 g/cm<sup>3</sup>, 8% de resina ureia-formaldeído e 1% de emulsão de parafina. A qualidade dos painéis foi avaliada por meio de ensaios de absorção de água e inchamento em espessura 2 e 24 horas, Tração perpendicular (ligação interna), flexão estática (MOE e MOR) e arrancamento de parafuso. Os resultados das propriedades mecânicas dos painéis indicaram a viabilidade de uso da madeira de *Hevea brasiliensis* (Clone RRIM 600), pura e em mistura com as três espécies de *Eucalyptus*, empregadas pelas indústrias do Estado de São Paulo, para produção de painéis aglomerados para uso interior em ambiente seco.

**Palavras-chave:** resina ureia-formaldeído; seringueira; madeira de *Hevea*.

## Abstract

The objective of this study was to evaluate the quality of particleboard produced with *Hevea brasiliensis* wood in different mixing proportions of *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* and *Eucalyptus urograndis*, employed by the industries of the State of São Paulo. The experimental panels were produced with wood particles from *Hevea / Eucalyptus*, in the proportions of 100/0%, 80/20%, 60/40%, 40/60%, 20/80% and 0/100%, totaling six treatments. The panels were produced with a nominal density of 0.75 g/cm<sup>3</sup>, 8% of urea-formaldehyde resin content and 1% paraffin emulsion. The quality of the panels was evaluated by water absorption and thickness swelling tests after 2 and 24 hours, internal bond, static bending (MOE and MOR) and screw pulling. The results of the mechanical properties of the panels indicated the feasibility of use of the wood of *Hevea brasiliensis* (Clone RRIM 600), pure and in combination with the three *Eucalyptus* species, used by the industries of the State of São Paulo, for the production of particleboard for interior fittings and dry conditions.

**Keywords:** urea-formaldehyde resin; rubber tree; wood of *Hevea*.

---

## INTRODUÇÃO

No Brasil, as espécies do gênero *Pinus* e *Eucalyptus* provenientes de plantios florestais são as mais empregadas para a produção de painéis aglomerados. Pesquisas vêm sendo desenvolvidas para avaliar o potencial de uso de várias espécies alternativas de rápido crescimento como suprimento

---

<sup>1</sup>Professor titular do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. UFPR - Universidade Federal do Paraná / Setor de Ciências Agrárias. Av. Lothário Meissner, 3400 - Jardim Botânico - 80210170 - Curitiba, PR, Brasil. E-mail: [setsuo.ufpr@gmail.com](mailto:setsuo.ufpr@gmail.com).

<sup>2</sup>Professora Adjunta do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. UFPR - Universidade Federal do Paraná / Setor de Ciências Agrárias. Av. Lothário Meissner, 3400 - Jardim Botânico - 80210170 - Curitiba, PR, Brasil. E-mail: [rosillani@gmail.com](mailto:rosillani@gmail.com).

<sup>3</sup>Mestrando(a) em Engenharia Florestal. UFPR - Universidade Federal do Paraná / Setor de Ciências Agrárias. Av. Lothário Meissner, 3400 - Jardim Botânico - 80210170 - Curitiba, PR, Brasil. E-mail: [renan.raia@hotmail.com](mailto:renan.raia@hotmail.com); [carolrodrigues.floresta@gmail.com](mailto:carolrodrigues.floresta@gmail.com); [giu\\_rp@hotmail.com](mailto:giu_rp@hotmail.com); [renatakobylarz@hotmail.com](mailto:renatakobylarz@hotmail.com).

<sup>4</sup>Coordenador de Desenvolvimento de Painéis. Duratex S.A. Estrada Eduardo Zuccari, Km 10, s/n - 18603-970 - Itatinga, Botucatu, SP, Brasil. E-mail: [andre.keinert@duratex.com.br](mailto:andre.keinert@duratex.com.br).

<sup>5</sup>Doutorando em Engenharia Florestal. UFPR - Universidade Federal do Paraná / Setor de Ciências Agrárias. Av. Lothário Meissner, 3400 - Jardim Botânico - 80210170 - Curitiba, PR, Brasil. E-mail: [florestalvinicius@gmail.com](mailto:florestalvinicius@gmail.com).

de madeiras para as indústrias de painéis aglomerados, as quais demandam grande volume de madeiras. A literatura menciona algumas espécies já estudadas para produção de painéis aglomerados ao nível de laboratório, cujos resultados foram altamente promissores, tais como: *Acrocarpus fraxinifolius*, *Toona ciliata* e *Melia azedarach* (TRIANOSKI et al., 2011); *Cryptomeria japonica* (TRIANOSKI et al., 2013); *Sequoia sempervirens* (IWAKIRI, et al., 2014); *Grevillea robusta* (TRIANOSKI et al., 2016).

A seringueira, *Hevea brasiliensis*, é uma espécie nativa da região amazônica do Brasil, onde são conhecidas cerca de dez espécies. É uma árvore dicotiledônia da família das Euphorbiaceae, lenhosa e arbórea (SAMBUGARO, 2007). A seringueira é muito explorada comercialmente para a obtenção de borracha natural devido a sua alta produção de látex (SOUZA et al., 2005). No final da sua vida produtiva, entre 25 a 30 anos, as árvores, no Brasil, são abatidas para reformulação do plantio e a sua madeira é utilizada como lenha (SERVOLO FILHO, 2013).

Os critérios para escolha de espécies para a produção de painéis aglomerados dependem de alguns parâmetros importantes da madeira como a densidade, pH e extrativos. A densidade da madeira é um dos principais requisitos na escolha das espécies, tendo em vista a sua influência na razão de compactação do painel. Segundo Moslemi (1974), a razão de compactação é a relação entre a densidade do painel e densidade da madeira e deve ser de no mínimo 1,3 para assegurar uma área de contato adequada entre as partículas e promover a densificação suficiente do painel. Maloney (1993) afirma que, para painéis de mesma densidade, os que forem produzidos com madeira de baixa densidade apresentarão propriedades mecânicas superiores, entretanto, a sua estabilidade dimensional será prejudicada. Moslemi (1974) afirma que as espécies com densidade de até 0,55 g/cm<sup>3</sup> são as mais adequadas para produção de painéis de partículas de madeira, por atingirem uma razão de compactação entre 1,3 e 1,6.

O pH e os extrativos presentes na madeira podem influenciar na cura da resina e, conseqüentemente, na qualidade dos painéis produzidos (MARRA, 1992). Madeiras com pH muito ácido podem causar a pré-cura da resina ureia-formaldeído na fase de fechamento da prensa, prejudicando a adesão entre as partículas e reduzindo as propriedades dos painéis (MALONEY, 1993; MOSLEMI, 1974). O teor de extrativos pode impactar na polimerização e cura do adesivo. Madeiras de espécies com elevados teores de extrativos podem afetar negativamente o processo de colagem das partículas e reduzir a resistência da ligação adesiva (MALONEY, 1993). Por outro lado, madeiras com pH pouco ácido requer quantidade um pouco maior de catalisador para acelerar a cura da resina ureia-formaldeído. Quanto à influência dos extrativos na polimerização e cura da resina, Maloney (1993) afirma que, madeiras com elevados teores de extrativos apresentam dificuldades de colagem resultando em baixa resistência da ligação adesiva entre as partículas.

A mistura de espécies de madeira na composição de painéis de partículas aglomeradas possibilita a combinação de densidades elevadas e mais baixas. As características físico-químicas das diferentes espécies de madeira podem ser combinadas na mistura homogênea das partículas para formação do painel, contribuindo para o aumento na oferta de matéria-prima para as indústrias de painéis de madeira que demandam grande volume de madeiras (BIANCHE et al., 2012; IWAKIRI et al., 2010).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial de uso da madeira de *Hevea brasiliensis* em mistura com as madeiras de três espécies de *Eucalyptus* utilizadas pelas indústrias do Estado de São Paulo para a produção de painéis aglomerados.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas nesta pesquisa, madeiras de *Hevea brasiliensis*, *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus urograndis*.

As árvores de *Hevea brasiliensis* (Seringueira) foram coletadas nos plantios destinados à produção de látex, com 27 anos de idade, localizados no Município de Paranapoema, Estado do Paraná.

Já as madeiras de três espécies de eucaliptos foram obtidas de plantios florestais da empresa Duratex, localizados na região sudoeste do Estado de São Paulo, as quais são utilizadas para a produção industrial de painéis aglomerados.

Para a colagem de partículas foi empregada a resina ureia-formaldeído, com teor de sólidos de 64%, viscosidade de 420 Cp e pH de 8,5; foi utilizada também a emulsão parafínica, com a finalidade de reduzir a higroscopicidade da madeira.

As partículas de madeira foram geradas num picador de disco, com 0,7 mm de espessura e 30 mm de comprimento. Após a secagem ao teor de umidade de 3%, as partículas foram reprocessadas no moinho de martelos para redução nas suas dimensões e classificadas em peneira de malha 8 para remoção de finos.

Os painéis foram produzidos com as dimensões de 50,0 x 38,0 x 1,3 cm e densidade nominal de 0,75 g/cm<sup>3</sup>, com a mistura de partículas de *Hevea* e as três espécies de *Eucalyptus* (1/3 de cada espécie) nas proporções de 100/0, 80/20, 60/40, 40/60, 20/80 e 0/100, conforme o plano experimental apresentado na Tabela 1. Para a colagem, foi aplicada 8% de resina ureia-formaldeído e 1% de emulsão de parafina.

**Tabela 1.** Plano Experimental.

**Table 1.** Experimental plan.

Tratamento	<i>Hevea brasiliensis</i> + Mistura <i>Eucalyptus</i> *
T1	100% + 0%
T2	80% + 20%
T3	60% + 40%
T4	40% + 60%
T5	20% + 80%
T6	0% + 100%

\* *Eucalyptus grandis*, *saligna* e *urograndis*.

Os painéis foram prensados à temperatura de 160°C, pressão específica de 40 kgf/cm<sup>2</sup> e tempo de prensagem de 8 minutos. Foram produzidos três painéis por tratamento, perfazendo um total de 18 painéis experimentais. Após a prensagem, os painéis foram esquadrejados e acondicionados na câmara climática à temperatura de 20±3°C e umidade relativa de 65±5% até atingir a umidade de equilíbrio aproximado de 12%.

Posteriormente, foram retirados os corpos de prova para determinação das seguintes propriedades físicas e mecânicas dos painéis: densidade, absorção de água e inchamento em espessura após 2 e 24 horas de imersão em água, tração perpendicular, flexão estática e arrancamento de parafuso. Os ensaios foram conduzidos de acordo com os procedimentos descritos nas normas EN 323 (EN, 2002a), EN 317 (EN, 2002b), EN 319 (EN, 2002c), EN 310 (EN, 2002d) e NBR 14810 (ABNT, 2006), respectivamente.

Os resultados obtidos foram submetidos aos testes de Grubb's e Kolmogorov Smirnov, para verificação de *outliers* e distribuição normal dos dados e, em seguida, foi realizada a ANOVA e testes de Tukey ao nível de probabilidade de 95%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Massa específica aparente das espécies estudadas

Na Tabela 2 estão apresentados os valores médios de massa específica aparente das madeiras de *Hevea brasiliensis* e das três espécies de *Eucalyptus* estudadas.

**Tabela 2.** Valores médios de massa específica aparente das espécies.

**Table 2.** Mean values of apparent density of species.

Espécie	ME (g/cm <sup>3</sup> )	C.V. (%)
<i>Eucalyptus grandis</i>	0,478	10,64
<i>Eucalyptus urograndis</i>	0,437	5,48
<i>Eucalyptus saligna</i>	0,513	4,00
<i>Hevea brasiliensis</i>	0,572	23,89

C.V. – Coeficiente de variação.

Os valores de massa específica das espécies variaram de 0,437 g/cm<sup>3</sup> para *Eucalyptus urograndis* e 0,572 g/cm<sup>3</sup> para *Hevea brasiliensis*. Os resultados estão compatíveis com os apresentados na literatura, onde Lorenzi (2000) encontrou para *Hevea brasiliensis*, valores entre 0,560 a 0,650 g/cm<sup>2</sup> e de 0,478, 0,502 e 0,462 g/cm<sup>2</sup> para os *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus urograndis* e *Eucalyptus saligna*, respectivamente.

Segundo Melo et al. (1990), madeiras com massa específica abaixo de 0,5 g/cm<sup>3</sup>, de 0,50 g/cm<sup>3</sup> a 0,72 g/cm<sup>3</sup> e acima de 0,72 g/cm<sup>3</sup>, são classificadas respectivamente como baixa, média e alta massa específica. Portanto, as madeiras de *E. grandis* e *E. urograndis* são classificadas como baixa massa específica, e as madeiras de *E. saligna* e *Hevea brasiliensis* como média massa específica.

De acordo com Moslemi (1974), madeiras de média a baixa massa específica são as mais indicadas para a produção de painéis particulados de madeira, o que assegura a viabilidade de uso das espécies em estudo para esta finalidade.

### Propriedades físicas dos painéis

Na Tabela 3 estão apresentados os valores médios de massa específica dos painéis produzidos com as espécies em estudo.

**Tabela 3.** Valores médios de massa específica dos painéis.

**Table 3.** Mean values of board density.

Tratamento	Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )
T1 (H100/E0)	0,751 ab (5,7)
T2 (H80/E20)	0,761 a (5,89)
T3 (H60/E40)	0,747 abc (4,48)
T4 (H40/E60)	0,728 d (7,24)
T5 (H20/E80)	0,741 bcd (4,51)
T6 (H0/E100)	0,734 cd (6,38)

H: *Hevea brasiliensis*; E: *Eucalyptus*. Médias seguidas de mesma letra na coluna são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade. Valores entre parênteses referem-se ao coeficiente de variação.

Os valores médios da massa específica dos painéis variaram de 0,728 g/cm<sup>3</sup> para painéis produzidos com 40% de *Hevea* e 60% de *Eucalyptus* (T4) a 0,761 g/cm<sup>3</sup> para painéis produzidos com 80% de *Hevea* e 20% de *Eucalyptus* (T2).

As médias de massa específica de diferentes tratamentos apresentaram se estatisticamente diferentes, sendo as maiores médias obtidas para painéis com maiores percentagens de partículas de *Hevea* na composição. Estas diferenças podem ser atribuídas a diversos fatores como perda de materiais durante a formação do colchão e retorno em espessura do painel após a prensagem e acondicionamento.

Na Tabela 4 estão apresentados os valores médios de absorção de água e inchamento em espessura após 2 e 24 horas de imersão em água dos painéis produzidos com as espécies em estudo.

**Tabela 4.** Valores médios de absorção de água e inchamento em espessura dos painéis após 2 e 24 horas de imersão.

**Table 4.** Mean values of water absorption and thickness swelling of the boards after 2 and 24 hours soaking.

Tratamento	AA-2 (%)	AA-24 (%)	IE-2 (%)	IE-24 (%)
T1 (H100/E0)	26,52 c	76,77 d	9,71 b	35,55 c
T2 (H80/E20)	19,74 b	68,05 c	7,76 a	31,59 b
T3 (H60/E40)	15,00 a	61,49 b	7,09 a	27,12 a
T4 (H40/E60)	14,94 a	58,95 a	7,99 a	28,75 a
T5 (H20/E80)	14,90 a	61,67 b	8,30 a	33,25 bc
T6 (H0/E100)	13,45 a	61,06 ab	8,36 a	32,08 b

H: *Hevea brasiliensis*; E: *Eucalyptus*. Médias seguidas de mesma letra nas colunas são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

Os valores médios de absorção de água após 2 horas de imersão variaram de 13,45% para painéis produzidos com 100% de *Eucalyptus* (T6) a 26,52% para painéis produzidos com 100% de *Hevea* (T1), sendo as médias estatisticamente diferentes. Os tratamentos com até 60% de *Hevea* em mistura com *Eucalyptus* apresentaram médias estatisticamente iguais entre si e inferiores em comparação aos demais tratamentos.

Para absorção de água após 24 horas de imersão, os valores médios variaram de 58,95% para painéis produzidos com 40% de *Hevea* e 60% de *Eucalyptus* (T4) a 76,77% para painéis produzidos com 100% de *Hevea* (T1), sendo as médias estatisticamente diferentes. Os painéis produzidos com 40% de *Hevea* e 60% de *Eucalyptus* (T4) apresentaram média estatisticamente igual em relação aos painéis produzidos com 100% de *Eucalyptus* (T6) e inferiores em comparação aos demais tratamentos.

Os resultados indicaram maiores percentuais de absorção de água com o aumento na proporção de partículas de *Hevea* na composição dos painéis, sendo indicativo da influência da maior massa específica da madeira de *Hevea* e consequente redução na razão de compactação dos painéis, facilitando a entrada de água. As proporções de até 60% de *Hevea* demonstraram ser aceitáveis quando comparadas aos painéis produzidos integralmente com as partículas industriais de *Eucalyptus*.

Os valores médios de inchamento em espessura após 2 horas de imersão variaram de 7,09% para painéis produzidos com 40% de *Hevea* e 60% de *Eucalyptus* (T4) 9,71% para painéis produzidos com 100% de *Hevea* (T1), sendo as médias estatisticamente diferentes. Os tratamentos com até 80% de *Hevea* em mistura com *Eucalyptus* apresentaram médias estatisticamente iguais entre si e inferiores em comparação ao tratamento com 100% de *Hevea*.

Para inchamento em espessura após 24 horas de imersão, os valores médios variaram de 27,12% para painéis produzidos com 60% de *Hevea* e 40% de *Eucalyptus* (T3) a 35,55% para painéis produzidos com 100% de *Hevea* (T1), sendo as médias estatisticamente diferentes. Os painéis produzidos com 40% e 60% de *Hevea* em mistura com *Eucalyptus* (T3 e T4) apresentaram média estatisticamente iguais entre si e inferiores em comparação aos demais tratamentos.

Os resultados de inchamento em espessura 2 horas demonstraram a possibilidade de mistura de até 80% de partículas de *Hevea* com *Eucalyptus*. Entretanto, para o inchamento em espessura após 24 horas, não foram constatadas indicações claras da proporção adequada de *Hevea* para mistura com *Eucalyptus*. As diferentes massas específicas das espécies e razão de compactação dos painéis não influenciaram significativamente nos resultados de inchamento em espessura, sendo esta constatação importante para o uso da madeira de *Hevea* para produção de painéis aglomerados.

Os resultados de absorção de água obtidos nesta pesquisa foram satisfatórios quando comparados a algumas referências apresentadas na literatura sobre painéis aglomerados experimentais de espécies provenientes de plantios florestais. Naumann et al. (2008) encontraram para painéis aglomerados de *Eucalyptus urophylla* e *Schizolobium amazonicum*, valores de absorção 24 horas de 97,2% e 117,9%, respectivamente. Iwakiri et al. (1996) encontraram para painéis aglomerados de *Pinus taeda* e *Eucalyptus dunnii*, valores de absorção de água 24 horas de 75,04% e 80,05%, respectivamente. Bianche et. al. (2012) encontraram para painéis de *Eucalyptus urophylla* valores 17,41% e 57,62% para absorção de água após 2 e 24 horas, respectivamente.

O mesmo pode ser observado com relação ao inchamento em espessura 24 horas, onde Naumann et al. (2008) encontraram para painéis de *Eucalyptus urophylla* e *Schizolobium amazonicum*, valores de 30,50% e 35,09%, respectivamente. Iwakiri et al. (1996) encontraram para painéis de *Pinus taeda* e *Eucalyptus dunnii*, valores de 30,50% e 35,09%. Bianche et. al. (2012) encontraram para painéis de *Eucalyptus urophylla* valores de 13,13% e 33,54% para inchamento em espessura após 2 e 24 horas, respectivamente.

Nenhum tratamento atendeu ao requisito da norma EN 312 (EN, 2003) de 15% para inchamento em espessura após 24 horas de imersão em água. Entretanto, com relação à norma ABNT NBR 14810-2 (ABNT, 2006), todos os tratamentos apresentaram valores próximos a 8% com relação ao inchamento em espessura após 2 horas de imersão.

### **Propriedades mecânicas dos painéis**

Na Tabela 5 estão apresentados os valores médios de ligação interna dos painéis produzidos com as espécies em estudo.

Os valores médios de ligação interna variaram de 0,74 MPa para painéis produzidos com 40% de *Hevea* e 60% de *Eucalyptus* (T4) a 0,78 MPa para painéis com 100% de *Hevea* (T1), sendo as médias estatisticamente diferentes. Os tratamentos com 100% e 80% de *Hevea* em mistura com *Eucalyptus* apresentaram médias estatisticamente iguais entre si e superiores em comparação aos demais tratamentos. Esta diferença pode ser atribuída à maior massa específica da madeira de *Hevea* e, portanto, menor área superficial das partículas e consequente aumento na distribuição de resina.

**Tabela 5.** Valores médios de ligação interna dos painéis.  
**Table 5.** Mean values of internal bonding of the boards.

Tratamento	Ligação interna (MPa)
T1 (H100/E0)	0,78 a
T2 (H80/E20)	0,78 a
T3 (H60/E40)	0,75 b
T4 (H40/E60)	0,74 b
T5 (H20/E80)	0,75 b
T6 (H0/E100)	0,74 b

H: *Hevea brasiliensis*; E: *Eucalyptus*. Médias seguidas de mesma letra nas colunas são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

Os resultados obtidos foram inferiores aos apresentados por Trainoski et al. (2011) para painéis aglomerados de *Acrocarpus fraxinifolius*, *Melia azedarach* e *Toona ciliata*, com valores de 1,50 MPa, 1,88 MPa e 1,65 MPa, respectivamente, porém superiores aos obtidos por Colli et al. (2010) de 0,22 MPa para painéis de *Schizolobium amazonicum* e, de 0,75 MPa obtido por Iwakiri et al. (2000) para painéis produzidos com mistura de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus maculata* e *Eucalyptus tereticornis*.

Todos os tratamentos atenderam ao requisito mínimo de 0,35 MPa conforme estabelecido pela norma EN 312 (EN, 2003).

Na Tabela 6 estão apresentados os valores médios de módulo de elasticidade (MOE) e módulo de ruptura (MOR) dos painéis produzidos com as espécies em estudo.

**Tabela 6.** Valores médios de módulo de elasticidade e de ruptura dos painéis.  
**Table 6.** Mean values of modulus of elasticity and rupture of the boards.

Tratamento	MOE (MPa)	MOR (MPa)
T1 (H100/E0)	2.205 c	14,5 c
T2 (H80/E20)	2.485 b	16,9 b
T3 (H60/E40)	2.605 ab	18,5 b
T4 (H40/E60)	2.687 a	20,2 a
T5 (H20/E80)	2.725 a	21,4 a
T6 (H0/E100)	2.676 a	21,7 a

H: *Hevea brasiliensis*; E: *Eucalyptus*. Médias seguidas de mesma letra nas colunas são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

Os valores médios de MOE variaram de 2.205 MPa para painéis produzidos com 100% de *Hevea* (T1) a 2.725 MPa para painéis produzidos com 20% de *Hevea* e 80% de *Eucalyptus* (T5), sendo as médias estatisticamente diferentes. Os painéis produzidos com até 60% de *Hevea* em mistura com *Eucalyptus* apresentaram médias estatisticamente iguais entre si e superiores em comparação aos demais tratamentos.

Para o MOR, os valores médios variaram de 14,5 MPa para painéis produzidos com 100% de *Hevea* (T1) a 21,7 MPa para painéis produzidos com 100% de *Eucalyptus* (T6), sendo as médias estatisticamente diferentes. Os painéis produzidos com até 40% de *Hevea* em mistura com *Eucalyptus*, apresentaram média estatisticamente iguais entre si, e superiores em comparação aos demais tratamentos.

Tanto para o MOE, quanto para o MOR, pode-se constatar que os valores médios destas propriedades aumentam para maiores proporções de *Eucalyptus* na mistura, indicando os efeitos da menor massa específica destas espécies e consequente aumento na razão de compactação dos painéis.

Os resultados de MOE e MOR obtidos nesta pesquisa estão compatíveis com os valores apresentados na literatura. Bianche et al. (2012) encontraram para painéis produzidos com diferentes composições de madeiras de *Eucalyptus Urophylla*, *Shizolobium amazonicum* e *Sida* spp., valores médios entre 1154,15 MPa e 2.955 MPa. Trainoski et al. (2011), encontraram para painéis aglomerados produzidos com madeiras de *Acrocarpus fraxinifolius*, *Melia azedarach* e *Toona ciliata*, MOE médio de 2.134 MPa, 2.191 MPa e 2.427 MPa, respectivamente para as três espécies estudadas.

Com relação ao MOR, Cabral et al. (2007) encontraram valores de 15,3 MPa e 17,7 MPa, respectivamente, para painéis produzidos com *Eucalyptus grandis* e mistura de *Eucalyptus urophylla* e *Pinus elliottii*. Naumann et al. (2008) encontraram para painéis aglomerados produzidos com madeira de *Eucalyptus urophylla* e *Schizolobium amazonicum*, valores de 4,26 MPa e 13,96 MPa. Trainoski et al. (2011), encontraram para painéis aglomerados produzidos com madeiras de *Acrocarpus fraxinifolius*, *Melia azedarach* e *Toona ciliata*, MOR médio de 18,19 MPa, 18,56 MPa e 19,83 MPa, respectivamente.

Todos os tratamentos atenderam ao requisito mínimo de 1.600 MPa para o MOE e 13 MPa para o MOR, conforme estabelecido pela norma EN 312 (EN, 2003).

Na Tabela 7 estão apresentados os valores médios de resistência ao arrancamento de parafusos na face (RAP-face) e no topo (RAP-topo) dos painéis produzidos com as espécies em estudo.

**Tabela 7.** Valores médios de resistência ao arrancamento de parafuso dos painéis.

**Table 7.** Mean values of screw withdrawing strength of the boards.

Tratamento	Resistência - Face (N)	Resistência - Topo (N)
T1 (H100/E0)	1.491 a	1.574 ab
T2 (H80/E20)	1.445 a	1.693 a
T3 (H60/E40)	1.368 a	1.421 bc
T4 (H40/E60)	1.406 a	1.511 abc
T5 (H20/E80)	1.419 a	1.588 ab
T6 (H0/E100)	1.390 a	1.388 c

H: *Hevea brasiliensis*; E: *Eucalyptus*. Médias seguidas de mesma letra nas colunas são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

Os valores médios de RAP-face variaram de 1.368 N para painéis produzidos com 60% de *Hevea* e 40% de *Eucalyptus* (T3) a 1.491 N para painéis produzidos com 100% de *Hevea* (T1). Não foram constatadas diferenças estatísticas entre as médias dos diferentes tratamentos.

Para a RAP-topo, os valores médios variaram de 1.388 N para painéis produzidos com 100% de *Eucalyptus* (T6) a 1.693 N para painéis produzidos com 80% de *Hevea* e 20% de *Eucalyptus* (T2), sendo as médias estatisticamente diferentes. Os painéis produzidos com 20, 40, 80 e 100% de *Hevea* em mistura com *Eucalyptus*, apresentaram média estatisticamente iguais entre si, e superiores em comparação aos demais tratamentos. Cabe ressaltar que os painéis produzidos com 100% de *Eucalyptus* apresentaram menor valor de RAP-topo.

Tanto para a face, quanto para o topo dos painéis, todos os valores de resistência ao arrancamento de parafusos obtidos para as espécies em estudo atenderam aos requisitos mínimos de 1.020 N e 800 N, respectivamente, conforme estabelecidos pela norma ABNT-NBR 14810-2: (ABNT, 2006).

Os resultados da resistência ao arrancamento de parafuso obtidos neste estudo foram satisfatórios em comparação à algumas referências apresentadas na literatura. Trianoski et al. (2016) encontraram para painéis aglomerados de *Pinus taeda*, valores na faixa de 990 N a 1.137 N para a superfície, e de 824 N a 1.042 N para o topo dos painéis. Cunha et al. (2014) encontraram para painéis produzidos com madeiras de *Eucalyptus benthamii*, *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus grandis*, puras e em misturas das três espécies, valores de resistência ao arrancamento de parafusos na faixa de 915 N a 1.472 N para o topo e de 1.042 a 1.351 N para a face dos painéis.

## CONCLUSÕES

A massa específica da madeira de *Hevea brasiliensis* situa-se na classe média e adequada para produção de painéis aglomerados.

As propriedades físicas e mecânicas dos painéis produzidos com *Hevea brasiliensis*, pura e em mistura com as três espécies de *Eucalyptus*, apresentaram resultados compatíveis em comparação aos apresentados na literatura para diversas espécies de madeiras provenientes de plantios florestais.

Com base nos resultados de propriedades mecânicas dos painéis e dos requisitos normativos da EN 312 (EN, 2003) para uso interior e em ambiente seco (incluindo móveis), pode-se afirmar que a madeira de *Hevea brasiliensis* (Clone RRIM 600) pode ser empregada na produção de painéis aglomerados, de forma pura ou em mistura com as três espécies de *Eucalyptus* utilizadas pelas indústrias do Estado de São Paulo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14810-2: Chapas de madeira aglomerada Parte 2: Requisitos. Rio de Janeiro, 2006. 51 p.

BIANCHE, J. J.; CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B. R.; PEREIRA, F. A.; SANTOS, R. C.; SORATTO, D. N. Propriedades de painéis aglomerados fabricados com partículas de eucalipto (*Eucalyptus urophylla*), paricá (*Schizolobium amazonicum*) e vassoura (*Sida spp.*). *Cerne*, Lavras, v. 18, n. 4, p. 623-630, 2012.

CABRAL, C. P.; VITAL, B. R.; DELLA LUCIA, R. M.; PIMENTA, A. S. Propriedades de chapas de aglomerados confeccionados com misturas de partículas de *Eucalyptus spp.* e *Pinus elliottii*. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 897-905, 2007.

COLLI, A.; VITAL, B. R.; CARNEIRO, A. C. O.; SILVA, J. C.; CARVALHO, A. N. M. L.; DELLA LUCIA, R. M. Propriedades de chapas fabricadas com partículas de madeira de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke) e fibras de coco (*cocos mucifera* L.) *Revista Árvore*, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 333-338, 2010.

CUNHA, A. B.; LONGO, B. L.; RODRIGUES, A. A.; BREHMER, D. R. Produção de painéis de madeira aglomerada de *Eucalyptus benthamii*, *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus grandis*. *Scientia Forestalis*, v. 42, n. 102, p. 259-267, 2014.

EN - EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. EN 310: Determination of modulus of elasticity and modulus of rupture in static bending. Brussels, 2002.

EN - EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. EN 312: Particleboards – Specifications. Brussels, 2003.

EN - EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. EN 323: Determination of density. Brussels, 2002a.

EN - EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. EN 317: Determination of swelling in thickness after immersion in water. Brussels, 2002b.

EN - EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. EN 319: Determination of perpendicular tension strength. Brussels, 2002c.

IWAKIRI, S.; LATORRACA, J. V. F.; SILVA, D. A.; GABARDO, J. L.; KLITZKE, R. J.; FOFANO, A.; FABROWSKI, F.; INTERANMENSE, M. T. Produção de chapas de Madeira aglomerada de *Pinus taeda taeda elliottii* (Engelm) and *Eucalyptus dunnii* (Maid). *Revista do Setor de Ciências Agrárias*, Curitiba, v. 15, n. 1, p. 33-41, 1996.

IWAKIRI, S.; ZELLER, F.; PINTO, J. A.; RAMIREZ, M. G.; MOURA, M. A.; SEIXAS, R. Avaliação do potencial de utilização da madeira de *Schizolobium amazonicum* "Paricá" e *Cecropia hololeuca* "Embauba" para a produção de painéis aglomerados. *Acta Amazonica*, Manaus, v. 40, n. 2, p. 303-308, 2010.

IWAKIRI, S.; TRIANOSKI, R.; CUNHA, A. B.; CASTRO, V. G.; BRAZ, R. L.; VILLAS BOAS, B. T.; SANCHES, F. L.; BELLON, K. R. R. Evaluation of the quality of particleboard panels manufactured with wood from *Sequoia sempervirens* and *Pinus taeda*. *Cerne*, Lavras, v. 20, p. 209-216. 2014.

LORENZI, H. *Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Nova Odessa: Plantarum, 2000.

MALONEY, T. M. *Modern particleboard and dry-process fiberboard manufacturing*. San Francisco: M. Freeman, 1993. 689 p.

MARRA, F. S. *Tecnology of wood bonding – Principles in practice*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992. 453 p.



MELO, J. E.; CORADIN, V. R. ; MENDES, J. C. Classes de densidade para madeiras da Amazônia brasileira. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO. 6., 1990, Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão: SBS, 1990. v. 3, p. 695-705.

MOSLEMI, A. A. **Particleboard**: Materials. London: Southern Illinois University Press, v. 1, 1974. 244 p.

NAUMANN, R. B.; VITAL, B. R.; CARNEIRO, A. C. O.; DELLA LUCIA, R. M.; SILVA, J. C.; CARVALHO, A. M. M. L.; COLLI, A. Propriedades de chapas fabricadas com partículas de Madeira de *Eucalyptus urophylla* S.T.Blake e de *Schizolobium amazonicum* Herb. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 1143–1150, 2008.

SAMBUGARO, R. Estágios foliares, fenologia da seringueira (*Hevea* spp.) e interação com *Microcyclus ulei* (Mal das folhas). 2007. 94 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho". Botucatu, 2007.

SERVOLO FILHO, H. J. Propriedades mecânicas da madeira de clones de seringueira (*Hevea brasiliensis*-RRIM600 E GT1) analisadas em duas épocas do seu ciclo fenológico anual. 2013. 93 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

SOUZA, A. D.; OLIVEIRA, R.S.; FURTADO, L. E.; KAGEYAMA, P. Y.; FREITAS, R. G. S.; FERRAZ, P. A. Seringueira: *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss.) Müll. Arg. In: SHANLEY, P.; MEDINA, G. **Frutíferas e plantas úteis na vida amazônica**. Belém: CIFOR. 2005. p. 137-144.

TRIANOSKI, R.; IWAKIRI, S.; MATOS, J. L. M. Potential use of planted fast-growing species for production of particleboard. **Journal of Tropical Forest Science**, Kepong, v. 23, p. 311–317, 2011.

TRIANOSKI, R.; PICCARDI, A. B. R.; IWAKIRI, S.; MATOS, J. L. M.; BONDUELLE, G. M. Incorporação de *Grevilea robusta* na produção de painéis aglomerados de *Pinus* spp. **Floresta & Ambiente**, Seropédica, v. 23, p. 278-285, 2016.

TRIANOSKI, R.; IWAKIRI, S.; MATOS, J. L. M.; CHIES, D. Utilização da madeira de *Cryptomeria japônica* para produção de painéis aglomerados. **Scientia Forestalis**, v. 41, n. 97, p. 29-64, 2013.

Recebido em 22/05/2017

Aceito em 31/07/2017

