

Utilização da madeira de *Pterocarpus violaceus*
na produção de painéis aglomeradosUtilization of *Pterocarpus violaceus* wood
in the particleboard productionCamila Laís Farrapo¹, Rafael Farinassi Mendes²,
José Benedito Guimarães Júnior³ e Lourival Marin Mendes⁴**Resumo**

Para atender a crescente demanda de madeira pela indústria de painéis é necessário, além de aumentar a área plantada, buscar outras espécies de rápido crescimento que possam contribuir para o desenvolvimento e geração de novos produtos. Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar o potencial de utilização da madeira de *Pterocarpus violaceus* para a produção de painéis aglomerados. O delineamento experimental se constituiu de cinco tratamentos. As percentagens da madeira de *Pterocarpus violaceus* foram de 0, 10, 20, 30 e 40% associados à madeira de *Pinus oocarpa*. Para cada tratamento, foram produzidos três painéis com densidade nominal de 0,65 g/cm³, 8% de adesivo uréia-formaldeído e com ciclo de prensagem de 40kgf/cm² de pressão, 160°C de temperatura e tempo de 8 minutos. A substituição da madeira de *Pinus oocarpa* pela madeira de *Pterocarpus violaceus*, na manufatura de painéis aglomerados, não proporcionou efeito significativo nas propriedades físicas e mecânicas. Sendo assim, a utilização de partículas de madeira de *Pterocarpus violaceus*, em até 40% de substituição do *Pinus oocarpa* para produção de painéis aglomerados, se mostrou viável tecnicamente.

Palavras-chave: aglomerados, *Pinus oocarpa*, *Pterocarpus violaceus*.

Abstract

In order to meet the growing demand for wood-based panel industry it is necessary, in addition to increase the planted area, search for other fast growing species that may contribute to the development and generation of new products. In this context, the aim of this study was to evaluate the potential use of *Pterocarpus violaceus* wood for particleboard manufacturing. The experiment consisted of five treatments. The percentages *Pterocarpus violaceus* wood were 0, 10, 20, 30 and 40% associated with *Pinus oocarpa* wood. For each treatment, three panels were produced with nominal density of 0.65 g / cm³, 8% urea-formaldehyde adhesive and pressing cycle of 40kgf/cm² pressure, 160 °C of temperature and time of 8 minutes. The replacement of *Pinus oocarpa* wood by *Pterocarpus violaceus* wood provided no significant effect on the physical and mechanical properties. The use of *Pterocarpus violaceus* wood, replacing up to 40% *Pinus oocarpa* for the production of particleboard, proved technically feasible.

Keywords: particleboard, *Pinus oocarpa*, *Pterocarpus violaceus*.

INTRODUÇÃO

A produção de painéis particulados possui uma tendência crescente, devido a fatores como escassez de madeira de grandes diâmetros e ao acelerado desenvolvimento tecnológico quanto à produção de painéis, além da forte pressão ambiental e a aceitação do mercado quanto à substituição dos produtos advindos de madei-

ra sólida por painéis de madeira reconstituída (VIEIRA et al., 2012).

Os painéis aglomerados ocupam lugar de grande importância dentre os painéis de madeira reconstituída, apresentando menor exigência em relação à qualidade da matéria prima, sendo utilizados quase que totalmente pela indústria moveleira. Segundo dados da ABIPA (2012), entre 2005 e 2010 a capacidade de produção do

¹Engenheira Florestal. UFLA – Universidade Federal de Lavras. Caixa Postal 3037 – 37200-000, Lavras, MG. E-mail: camilafarrapo@hotmail.com

²Professor Doutor do Departamento de Engenharia. UFLA - Universidade Federal de Lavras. Caixa Postal 3037 - 37200-000 Lavras, MG. E-mail: rafaelfarinassi@gmail.com

³Professor do departamento de Ciência e Tecnologia da Madeira. UFG – Universidade Federal de Goiás – Campus de Jataí – BR 364, km 192, n. 3800 - 75801-615 -Parque Industrial, Jataí, GO. E-mail: jbguimaraesjr@hotmail.com

⁴Professor do Departamento de Ciências Florestais. UFLA - Universidade Federal de Lavra. Caixa Postal 3037 - 37200-000 Lavras, MG. E-mail: lourival@dcf.ufla.br

setor de painéis aumentou de 5,1 milhões para 9,2 milhões de m³, crescimento esse de 80%.

As principais espécies utilizadas no Brasil na produção de painéis aglomerados são as do gênero *Pinus* e *Eucalyptus*. Entretanto, para atender a demanda do mercado, é necessário não só aumentar a área plantada das espécies utilizadas, mas também ampliar a oferta de matéria prima com novas espécies de rápido crescimento.

Segundo Trianoski (2010), algumas espécies não convencionais, de rápido crescimento, têm apresentado elevado potencial para a produção de painéis de madeira aglomerada; no entanto, por serem oriundas de plantios experimentais ou de pequenas áreas florestais, são ainda incipientes para suprir a necessidade industrial. Neste contexto, uma das alternativas para introdução de novas espécies em escala comercial seria a sua utilização em mistura com as espécies tradicionais. De acordo com Iwakiri et al. (2010) a mistura de diferentes espécies na composição do painel aglomerado é muito importante no sentido de ampliar a oferta de matéria-prima para estas indústrias que requerem grandes volumes de madeira.

Uma espécie que merece destaque é a *Pterocarpus violaceus*, conhecida popularmente como aldrago e pau sangue. Espécie pertencente à família fabaceae, bem adaptada à insolação direta e de fácil multiplicação. Sua ocorrência está distribuída nas regiões sul, sudeste e nordeste. Apresenta como característica a densidade básica média de 0,55 g/cm³, grã direita e albúrnio e cerne indistintos. No entanto, até o presente momento, não foi encontrado nenhuma publicação científica com relação a sua caracterização tecnológica e/ou utilização, apesar de ser utilizada comumente para moirões e caixotaria em algumas regiões do Piauí. Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar o potencial de utilização da madeira de *Pterocarpus violaceus* para a produção de painéis aglomerados.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta do material

Para produção dos painéis foram utilizadas madeiras de *Pinus oocarpa* e de *Pterocarpus violaceus*. A madeira de *Pinus oocarpa* foi obtida com 28 anos de idade no campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA), na cidade de Lavras – Minas Gerais. A madeira de *Pterocarpus violaceus* foi obtida em Santa Luz – Piauí, com árvores com DAP médio de 15 cm.

Obtenção das partículas

As árvores de *Pinus oocarpa* foram divididas em toras, as quais passaram pelo processo de cozimento (65°C por período de 18 horas) e posterior laminação, obtendo lâminas de 1,5 mm de espessura. As lâminas foram “rasgadas” manualmente e trituradas em moinho martelo, com peneira de 6 mm de abertura, para obtenção das partículas do tipo “sliver”.

Para a obtenção das partículas da madeira de *Pterocarpus violaceus*, as árvores foram totalmente divididas em discos, de 3 cm de espessura, até atingir o diâmetro de 8 cm (limite mínimo considerado para o aproveitamento da tora). Com o uso de um facão, os discos tiveram a casca retirada e posteriormente foram picados em cavacos, os quais foram triturados em moinho martelo, com a peneira de mesma abertura citada anteriormente.

As partículas de ambas as espécies foram peneiradas em peneira vibratória com abertura de 1,0 mm² para a eliminação dos finos. Após este processo, as mesmas foram submetidas à secagem em estufa com circulação de ar forçada até atingir a umidade de 3%.

Produção dos painéis aglomerados

O delineamento experimental se constituiu de cinco tratamentos. Sendo avaliadas as percentagens de substituição de 0, 10, 20, 30 e 40% da madeira de *Pinus oocarpa* pela madeira de *Pterocarpus violaceus*. Para cada tratamento foram produzidos três painéis com densidade nominal de 0,65 g/cm³.

Para manufatura dos painéis de todos os tratamentos foi utilizado 8% de adesivo uréia-formaldeído (base massa seca das partículas), com viscosidade de 218 cP, teor de sólidos de 51%, “gel time” de 80 segundos e pH de 8,9. O adesivo foi aplicado via aspersão, através de uma pistola de ar comprimido em um tambor giratório do tipo encoladeira.

As partículas encoladas foram então depositadas em uma caixa com dimensões de 48 cm de largura x 48 cm de comprimento, na qual passaram por uma pré-prensagem a 5 kgf/cm² por período de 4 minutos. Após a formação do colchão, foram colocados espaçadores metálicos para que os painéis ficassem com a espessura de 15 mm durante a prensagem a quente, a qual teve como ciclo de prensagem a temperatura de 160°C, pressão de 40 kgf/cm² e tempo de prensagem de 8 minutos.

Avaliação das propriedades dos painéis

Depois de climatizados, os painéis foram esquadrejados em serra circular e, posteriormente, procedeu-se a retirada dos corpos-de-prova que foram utilizados nos testes físicos e mecânicos. Os procedimentos de ensaio e as dimensões dos corpos-de-prova de umidade, inchamento em espessura após 2 e 24 horas (IE2h e IE24h), absorção de água após 2 e 24 horas de imersão (AA2h e AA24h), taxa de não retorno em espessura (TNRE), compressão e ligação interna (LI), foram definidos de acordo com a norma ASTM – D1037 (ASTM, 2006). Enquanto que os ensaios para Módulo de elasticidade (MOE) e Módulo de ruptura (MOR) à flexão estática foram realizados conforme a norma DIN 52362 (DIN, 1982). A densidade do painel foi determinada através da média das densidades dos corpos-de-prova de todos os testes físicos e mecânicos.

A análise estatística foi conduzida em um experimento em delineamento inteiramente casualizado. Para a avaliação do efeito da percentagem de madeira de *Pterocarpus violaceus* em associação a madeira de *Pinus oocarpa*, sobre as propriedades físicas (AA, IE e TNRE) e mecânicas (Compressão, LI, MOR e MOE) dos painéis aglomerados, foi utilizada análise de variância e de regressão, ambas a 5% de significância. Enquanto que para a análise das propriedades de densidade aparente, razão de compactação e umidade dos painéis, foi utilizada análise de variância e teste de média Scott-knott, ambos a 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Densidade básica da madeira, densidade aparente dos painéis, razão de compactação e umidade

Os valores médios obtidos para a densidade básica da madeira de *Pinus oocarpa* e de *Pterocarpus violaceus* foram de 0,420 ($\pm 0,02$) e 0,631 ($\pm 0,03$) g/cm³, respectivamente. Os valores médios da densidade aparente, da razão de compactação e da umidade, de cada tratamento, estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores médios de densidade aparente, razão de compactação e umidade.

Table 1. Mean values of bulk density, compaction ratio and humidity.

% <i>Pterocarpus violaceus</i>	Densidade aparente do painel (g/cm ³)	Razão de Compactação	Umidade
0	0,620 (0,016) A	1,48 (0,04) B	9,93 (0,08) A
10	0,630 (0,020) A	1,43 (0,05) B	10,00 (0,07) A
20	0,625 (0,009) A	1,35 (0,02) A	9,91 (0,23) A
30	0,641 (0,007) A	1,33 (0,01) A	9,93 (0,01) A
40	0,655 (0,022) A	1,30 (0,04) A	9,91(0,12) A

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância. Os valores entre parênteses correspondem ao desvio padrão.

Os valores médios da densidade aparente variaram de 0,620 a 0,655 g/cm³. Sendo assim, todos os painéis são classificados como painéis de média densidade, que se referem a painéis com densidade aparente entre 0,59 a 0,80 g/cm³ (IWAKIRI, 2005). Não foram observadas diferenças estatísticas entre as densidades médias dos painéis.

A razão de compactação de todos os tratamentos ficou dentro da faixa ideal de 1,3 a 1,6 (KELLY, 1977; MALONEY, 1993; TSOUMIS, 1991). Os tratamentos com a menor percentagem de *Pterocarpus violaceus* (0 e 10%) apresentaram a maior razão de compactação e foram estatisticamente diferentes dos demais tratamentos. O que é explicado devido à densidade da madeira de *Pterocarpus violaceus* ser superior a de *Pinus oocarpa*.

Os valores de umidade variaram entre 9,91 a 10,00%, não sendo observada diferença significativa entre os tratamentos.

Absorção de água

Os modelos de regressão ajustados em função do aumento da percentagem de *Pterocarpus violaceus* para os valores de absorção de água após duas e vinte e quatro horas de imersão (AA2h e AA24h) estão apresentados na Figura 1 e 2, respectivamente. Em ambos os casos, as propriedades não foram afetadas significativamente pelo aumento da madeira de *Pterocarpus violaceus* em relação à madeira de *Pinus oocarpa*. Os valores médios de AA2h e AA24h, obtidos para os diferentes tratamentos, variaram entre 70,1 a 73,4% e entre 81,2 a 85,0%, respectivamente.

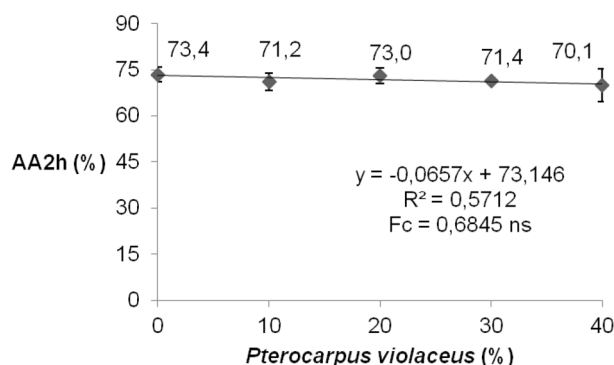


Figura 1. Valores médios de absorção de água após 2 horas de imersão. ns - Valor de F calculado não significativo ao nível de 5% de significância.

Figure 1. Mean values of water absorption after 2 hours immersion.

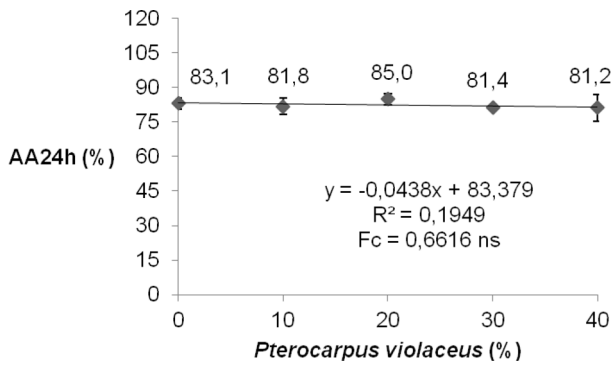


Figura 2. Valores médios de absorção de água após 24 horas de imersão. ns - Valor de F calculado não significativo ao nível de 5% de significância.

Figure 2. Mean values of water absorption after 24 hours immersion.

Guimarães Junior et al. (2013), em estudo sobre o efeito do teor de parafina em painéis aglomerados confeccionados com *Pinus oocarpa* e 8% do adesivo uréia-formaldeído, encontraram para aqueles painéis que não foram aplicados parafina, valores médios de AA2h de 116,1% e AA24h de 120,5%. Iwakiri et al. (2001) ao estudarem a produção de painéis aglomerados com cinco espécies diferentes de pinus, encontraram para os painéis de *Pinus oocarpa* com 8% de adesivo uréia-formaldeído, valores de 69,6% e 82,8% para AA2h e AA24h, respectivamente.

Inchamento em espessura e taxa de não retorno em espessura

Os modelos de regressão ajustado em função do aumento da percentagem de *Pterocarpus violaceus* para os valores de inchamento em espessura após duas e vinte e quatro horas de imersão (IE2h e IE24h) e para taxa de não retorno em espessura (TNRE) estão apresentados nas Figuras 3, 4 e 5, respectivamente. Para as três propriedades (IE2h, IE24h e TNRE) não foram observadas relações significativas com a porcentagem de substituição de madeira.

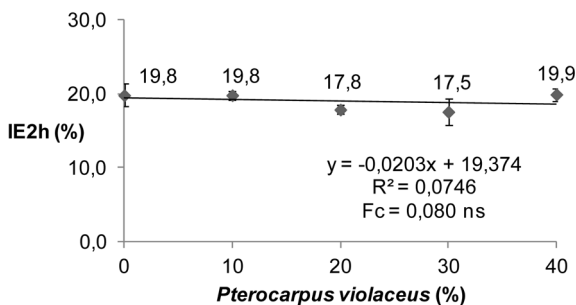


Figura 3. Valores médios de inchamento em espessura após 2 horas de imersão. ns - Valor de F calculado não significativo ao nível de 5% de significância.

Figure 3. Mean values of thickness swelling after 2 hours immersion.

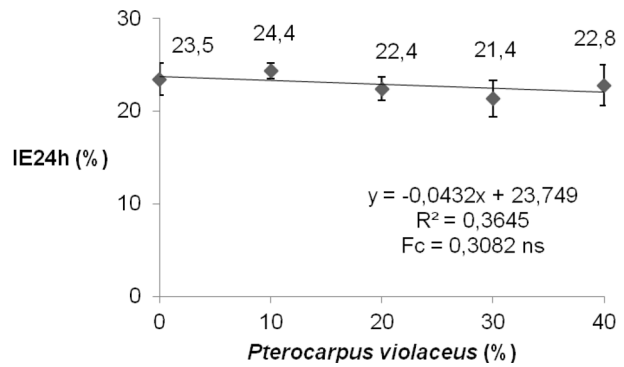


Figura 4. Valores médios de inchamento em espessura após 24 horas de imersão. ns - Valor de F calculado não significativo ao nível de 5% de significância.

Figure 4. Mean values of thickness swelling after 24 hours immersion.

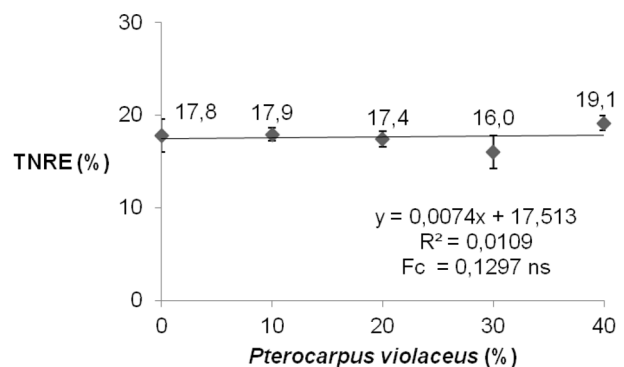


Figura 5. Valores médios de taxa de não retorno em espessura. ns - Valor de F calculado significativo ao nível de 5% de significância.

Figure 5. Mean values of non-return thickness.

Iwakiri et al. (2001) estudando as propriedades de painéis aglomerados produzidos com cinco espécies de pinus a 8% de adesivo uréia-formaldeído, encontraram valores de inchamento em espessura após 2 horas de imersão variando de 25,2 a 34,8% e após 24 horas variando de 32,7 a 39,7%. Trianoski (2010) ao avaliar cinco espécies arbóreas, encontrou para os painéis produzidos com *Pinus taeda*, os valores médios para o IE2h de 13,0%, para o IE24h de 18,6% e para a TNRE de 21,5%.

Os valores médios de para IE2h, IE24h e TNRE, obtidos para os diferentes tratamentos, variaram entre 17,5 a 19,9%, entre 21,4 a 24,4% e entre 16,0 a 19,1%, respectivamente. Desta forma, os resultados obtidos foram satisfatórios em comparação com os dados encontrados em literatura. Além disso, todos os tratamentos atenderam a norma de comercialização CS 236-66 (1968) que estipula o valor máximo de 35% para o IE24h.

Observa-se ainda, que apesar da diferenciação estatística entre os tratamentos quanto à razão de compactação dos painéis (Tabela 1), esta diferença não foi suficiente para afetar, de

forma significativa, as propriedades físicas de absorção de água e inchamento em espessura dos painéis, conforme é referenciado em outros trabalhos com painéis aglomerados (MALONEY, 1993; MENDES et al., 2013). O que pode estar associado ao fato que todos os tratamentos apresentam-se dentro do limite de 1,3 a 1,6 de razão de compactação, faixa está determinada como ideal por Kelly (1977), Maloney (1993) e Tsoumis (1991).

Ligação interna

O modelo de regressão, ajustado em função do aumento da percentagem de *Pterocarpus violaceus*, para a propriedade ligação interna está apresentado na Figura 6.

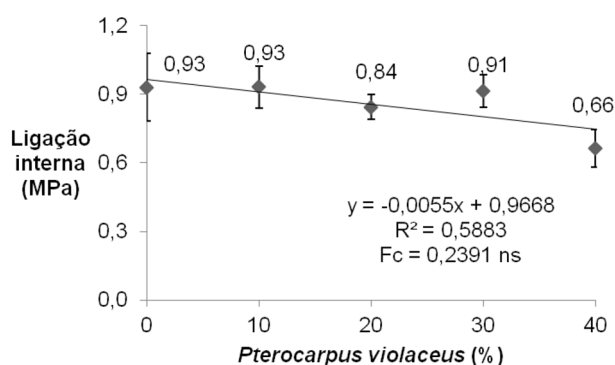


Figura 6. Valores médios de ligação interna. ns - Valor de F calculado não significativo ao nível de 5% de significância.

Figure 6. Mean values of internal bond.

Os valores de ligação interna não apresentaram relações significativas com a porcentagem de substituição de madeira. Porém, percebe-se certa tendência de decréscimo dessa propriedade com o aumento da percentagem de *Pterocarpus violaceus*. Esse fato pode ser explicado pela diminuição da razão de compactação quando se aumenta a percentagem da madeira de *Pterocarpus violaceus* (Tabela 1), reduzindo assim o volume de partículas, haja visto o maior valor de densidade básica, e promovendo menor compactação das mesmas. Esta relação direta entre a razão de compactação e a propriedade ligação interna é relatada por diversos autores, tais como Maloney (1993), Mendes et al. (2010), Iwakiri et al. (2010) e Mendes et al. (2013).

Iwakiri et al. (2001) ao avaliarem painéis aglomerados de *Pinus oocarpa* produzidos com 8% de adesivo uréia-formaldeído encontraram o valor médio para ligação interna de 0,82 MPa. Já Del Menezzi (1996) encontrou o valor médio de 0,77 MPa para a ligação interna de painéis comerciais produzidos com *Pinus elliotti* e 7% de adesivo uréia-formaldeído.

Os valores médios de ligação interna obtidos para os diferentes tratamentos variaram entre 0,66 a 0,93 MPa. Além dos valores encontrados, para todos os tratamentos, estarem coerentes com aqueles obtidos em literatura, eles também estão acima do valor mínimo exigido pela norma CS 236-66 (1968), que é de 0,41 MPa.

Compressão

O modelo de regressão ajustado, em função do aumento da percentagem de *Pterocarpus violaceus*, para a propriedade compressão está apresentado na Figura 7.

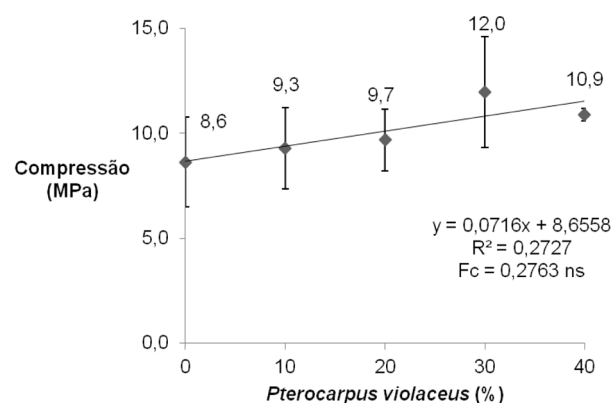


Figura 7. Valores médios da compressão. ns - Valor de F calculado não significativo ao nível de 5% de significância.

Figure 7. Mean values of compression.

Não foi observada relação significativa entre a percentagem de substituição de madeira e a propriedade compressão. No entanto, foi observada uma tendência de aumento dos valores de compressão com o acréscimo de madeira de *Pterocarpus violaceus* em substituição do *Pinus oocarpa*. Tal fato não é explicado em função do aumento da razão de compactação dos painéis (Tabela 1), uma vez que o aumento da porcentagem da madeira de *Pterocarpus violaceus* proporcionou a diminuição da razão de compactação dos painéis. Sendo assim, isto pode estar relacionado às características químicas e anatômicas dos diferentes tipos de madeira, fato que merece destaque nos próximos estudos.

Guimarães Junior et al. (2013) ao avaliarem painéis produzidos com a madeira de *Pinus oocarpa* com diferentes percentagens de parafina e com 8% de adesivo uréia-formaldeído, obtiveram valor médio de 15,4 MPa para a propriedade compressão. Iwakiri et al. (2008) ao avaliarem painéis produzidos com a madeira de *Pinus spp.* e com 8% de adesivo uréia-formaldeído, constataram valores para compressão de 6,6 e 10,2 MPa para os painéis com densidade de 0,600 e 0,700 g/cm³, respectivamente.

Os valores médios de compressão obtidos para os diferentes tratamentos variaram entre 8,6 a 12,0 MPa. Sendo assim, nota-se que os resultados obtidos quando se substitui partículas de *Pinus oocarpa* por *Pterocarpus violaceus* na produção de painéis aglomerados estão próximos ao encontrado em literatura.

Módulo de elasticidade (MOE) e módulo de ruptura (MOR) à flexão estática

Os modelos de regressão, ajustados em função do aumento da percentagem de *Pterocarpus violaceus*, para as propriedades módulo de elasticidade (MOE) e módulo de ruptura (MOR) estão apresentados nas Figuras 8 e 9, respectivamente. Para ambas as propriedades não foram observadas relação significativa entre a porcentagem de substituição de madeira e os valores médios de MOR e MOE.

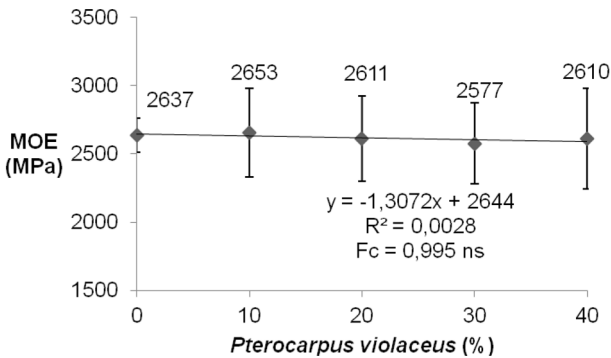


Figura 8. Valores médios do MOE (módulo de elasticidade). ns - Valor de F calculado não significativo ao nível de 5% de significância.

Figure 8. Mean values of modulus of rupture.

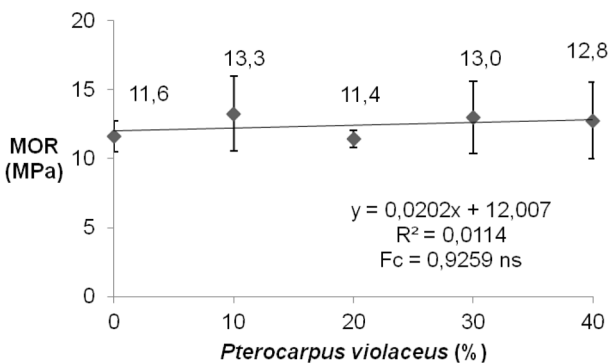


Figura 9. Valores médios do MOR (módulo de ruptura). ns - Valor de F calculado não significativo ao nível de 5% de significância.

Figure 9. Mean values of modulus of elasticity.

Trianoski (2010) estudando cinco espécies arbóreas em associação com a madeira de *Pinus taeda* para produção de painéis aglomerados com o adesivo ureia-formaldeído, encontrou valores para o MOR variaram de 7,0 a 19,8 MPa e para MOE de 1474,6 a 2427,3 MPa.

Mendes et. al. (2012) avaliando a produção de painéis aglomerados com a madeira de *Pinus oocarpa* associado ao bagaço de cana nas porcentagens de 25, 50 e 75%, obtiveram valores variando entre 9,5 a 11,4 MPa e de 825,7 a 842,5 MPa para MOE e MOR, respectivamente. Assim como o observado nesse trabalho, os autores não verificaram efeito da razão de compactação sobre as propriedades MOE e MOR à flexão estática.

Os valores médios obtidos de MOE e MOR, obtidos para os diferentes tratamentos, variaram entre 2577 a 2653 MPa e entre 11,4 a 13,3 MPa, respectivamente. Nesse contexto, os valores de MOE e MOR obtidos nesse estudo, para todos os tratamentos, se mostraram coerentes com os resultados obtidos em literatura e também atenderam, em média, a norma de comercialização CS 236-666 (1968), que define o valor mínimo de 2402,6 MPa e de 11,0 MPa para MOE e MOR, respectivamente.

CONCLUSÕES

A substituição da madeira de *Pinus oocarpa* pela madeira de *Pterocarpus violaceus* proporcionou efeito significativo apenas sobre a razão de compactação, não afetando de forma significativa as demais propriedades físicas e as propriedades mecânicas dos painéis aglomerados.

Todos os tratamentos atenderam a norma de comercialização CS 236-66 (1968) em todos os critérios referenciados.

A utilização de partículas de madeira de *Pterocarpus violaceus* em até 40% de substituição do *Pinus oocarpa* para produção de painéis aglomerados se mostrou viável tecnicamente.

Sugere-se a avaliação da qualidade de painéis aglomerados produzidos com maiores porcentagens de utilização da madeira de *Pterocarpus violaceus*, inclusive de forma pura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIPA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PAINÉIS DE MADEIRA. Números. 2010. Disponível em: <<http://www.abipa.org.br/meioambiente.php>> Acesso em: 29 nov. 2012.

ASTM - American Society for Testing and Materials. Standard Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials. West Conshohocken, 2006.

CS - COMMERCIAL STANDARD. CS 236-66: mat formed wood particleboard. [S.I.], 1968.

- DEL MENEZZI, C. H. S.; SOUZA, M. R.; GONÇALEZ, J. C. Fabricação e avaliação tecnológica da chapa aglomerada de mistura de *Eucalyptus urophylla* T. S. Blake e *Pinus oocarpa* Shiede. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 20, n. 3, p. 371-379, 1996.
- DIN - *Deutsches Institut für Normung*. Testing of wood chipboards; bending test, determination of bending strength. Berling, 1982.
- GUIMARÃES JUNIOR, J. B.; MENDES, L. M.; MENDES, R. F.; GUIMARÃES, B. M. R.; MELO, R. R.; Efeito do teor de parafina nas propriedades físico-mecânicas de painéis aglomerados de *Pinus oocarpa*. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 4, n. 1, p. 72-82, 2013.
- IWAKIRI, S. **Painéis de madeira reconstituída**. Curitiba: FUPEF, 2005. 247 p.
- IWAKIRI, S.; OLANDOSKI, D. P.; LEONHARDT, G.; BRAND, M. A. Produção de chapas de madeira compensada com cinco espécies de pinus tropicais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 71-77, 2001.
- IWAKIRI, S.; STINGHEN, A. B. M.; SILVEIRA, E. L.; ZAMARIAN, E. H. C.; PRATA, J. G.; BRONOSKI, M. Influência da massa específica sobre as propriedades mecânicas de painéis aglomerados. **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 3, p. 487-493, 2008.
- IWAKIRI, S.; ZELLER, F.; PINTO, J. A.; RAMIREZ, M. G. L.; SOUZA, M. M.; SEIXAS, R. Avaliação do potencial de utilização da madeira de *Schizolobium amazonicum* "Paricá" e *Cecropia hololeuca* "Embaúba" para produção de painéis aglomerados. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 40, n. 2, p. 303-308, 2010.
- KELLY, M. W. A Critical literature review of relationships between processing parameters and physical properties of particleboards. **USDA Forest Service FPL General Technical Report**, Madison, n. 10, 1977, p.1-65.
- MALONEY, T. M. **Modern particleboard and dry-process fiberboard manufacturing**. 2.ed., São Francisco: Miller Freeman, 1993. 689 p.
- MENDES, R. F.; BALEEIRO, N. S.; MENDES, L. M.; SCATOLINO, M. V.; OLIVEIRA, S. L.; PROÁTASIO, T. P. Propriedades físico-mecânicas de painéis aglomerados produzidos com a madeira de *Eucalyptus grandis* em diferentes posições radiais. **Scientia Forestalis**, v. 41, n. 99, p. 417-423, 2013.
- MENDES, R. F.; MENDES, L. M. M.; ABRANCHES, R. A. S.; SANTOS, R. C.; GUIMARÃES JÚNIOR, J. B. Painéis aglomerados produzidos com bagaço de cana em associação com madeira de eucalipto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 86, p. 285-295, 2010.
- MENDES, R. F.; MENDES, L. M. M.; GUIMARÃES JÚNIOR, J. B.; SANTOS, R. C.; CÉSAR, A. A. S. Efeito da associação de bagaço de cana, do tipo e do teor de adesivo na produção de painéis aglomerados. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 1, p. 161-170, 2012.
- TRIANOSKI, R. **Avaliação do potencial de espécies florestais alternativas, de rápido crescimento, para produção de painéis de madeira aglomerada**. 2010. 260 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2010.
- TSOUMIS, G. **Science and technology of wood: structure, properties, utilization**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. 494 p.
- VIEIRA, M. C.; BRITO, E. O.; GONÇALVES, F. G. Evolução econômica do painel compensado no Brasil e no mundo. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 19, n. 3, p. 277-285, 2012.

Recebido em 14/11/2013

Aceito para publicação em 25/03/2014

