

Viabilidade da utilização de *Acrocarpus fraxinifolius* em diferentes proporções com *Pinus* spp. para produção de painéis aglomeradosFeasibility of using of *Acrocarpus fraxinifolius* in different proportion with *Pinus taeda* for production of particleboardRosilani Trianoski¹, Setsuo Iwakiri², Jorge Luis Monteiro de Matos³ e José Guilherme Prata⁴

Resumo

A utilização de misturas de diferentes espécies na composição do painel aglomerado é muito importante, pois, pode ampliar a oferta de matéria-prima e contribuir para a melhoria das propriedades dos painéis. Neste contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade de utilização da espécie *Acrocarpus fraxinifolius* em diferentes proporções de mistura com o *Pinus taeda* para a produção de painéis aglomerados. Para atender este objetivo foram produzidos painéis aglomerados a partir de 100% de partículas de *Acrocarpus fraxinifolius*, 100% de partículas de *Pinus taeda*, e misturas destas duas espécies nas proporções de 75:25; 50:50 e 25:75. Os painéis foram produzidos com densidade nominal de 0,75 g/cm³, resina uréia-formaldeído (8%) e parafina (1%). Os parâmetros do ciclo de prensagem foram temperatura de 160°C, pressão de 4 MPa e tempo de 8 minutos. As propriedades físicas e mecânicas dos painéis foram avaliadas de acordo com os ensaios de massa específica aparente (EN 323:2002), absorção de água e inchamento em espessura (EN 317:2002), tração perpendicular (EN 319:2002), Flexão estática (EN 310:2002) e Resistência ao arrancamento de parafuso (NBR 14812-3:2006). Os resultados obtidos demonstraram que a espécie *Acrocarpus fraxinifolius*, bem como as misturas em diferentes proporções com o *Pinus taeda*, apresentam viabilidade técnica para produção de painéis aglomerados, contribuindo, assim, como matéria-prima para fins industriais.

Palavras-chave: Painéis de madeira aglomerada, espécies alternativas; mistura de espécies.

Abstract

The use of mixtures of different species in the composition of the particleboard is very important because it can increase the supply of raw materials and contribute to the improvement of the properties of the boards. In this context, this study was developed to evaluating the feasibility of using *Acrocarpus fraxinifolius* in different proportions mixed with *Pinus taeda*, for the production of particleboard. To meet this objective particleboards were manufactured from 100% of the particles of *Acrocarpus fraxinifolius*, 100% of the particles of *Pinus taeda*, and mixtures these two species in the proportions of 75: 25%; 50:50; and 25:75. The boards were manufactured with a nominal density of 0.75 g/cm³, urea-formaldehyde resin (8%) and wax (1%). The cycle parameters were: pressing temperature of 160°C, specific pressure of 4MPa and press time of 8 minutes. The physical and mechanical properties of the boards were evaluated according to the testing of specific gravity (EN 323:2002), water absorption and thickness swelling (EN 317:2002), internal bond (EN 319:2002), static bending (EN 310:2002) and screw pullout strength (NBR 14812-3:2006). The results showed that the species of *Acrocarpus fraxinifolius*, as well as mixtures in different proportions with *Pinus taeda*, presented technical feasibility for the production of particleboards; therefore contributing to the raw material for industrial purposes.

Keywords: particleboard, alternative wood species, mixtures of species.

¹Professora do Departamento de Engenharia Florestal, UFPR. Av. Prof. Lothário Meissner 632, Jardim Botânico, Curitiba, PR - E-mail: rosilani@ufpr.br

²Professor, Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, UFPR. Av. Prof. Lothário Meissner 632, Jardim Botânico, Curitiba, PR - E-mail: setsuo@ufpr.br

³Professor, Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, UFPR. Av. Prof. Lothário Meissner 632, Jardim Botânico, Curitiba, PR - E-mail: jmatos@ufpr.br

⁴Professor, Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, UFPR. Av. Prof. Lothário Meissner 632, Jardim Botânico, Curitiba, PR - E-mail: prata@ufpr.br

INTRODUÇÃO

O segmento produtor de painéis de madeira, entre eles o de aglomerados, tem demonstrado elevado dinamismo como reflexo das altas taxas de crescimento da indústria moveleira, principal demandante deste tipo de painel (MACEDO; ROQUE, 2011), com um consumo de 89% da produção de 2,5 milhões/m³ (ABIPA, 2011).

Em consequência da elevada capacidade produtiva das indústrias deste segmento, a demanda de suprimento é cada vez maior. Atualmente, a madeira de *Pinus* é a principal matéria-prima (IWAKIRI, 2005), e em menor proporção a de *Eucalyptus* (CABRAL *et al.*, 2007). Outras espécies, conforme mencionado por Keinert Junior e Matos (1987), são também utilizadas para esta finalidade.

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.* (2010b) 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. Segundo este mesmo autor, diferentes características físico-químicas das espécies podem ser consorciadas através da mistura homogênea das partículas de madeira para viabilizar o processo de colagem e formação do painel.

Frente a esta concepção, diversos pesquisadores têm efetuado trabalhos a partir da mistura de diferentes espécies. Como exemplo, é possível citar Haygreen e French (1971) que estudando a produção de painéis aglomerados de *Simaruba amara* e *Virola koschyni* em proporções iguais, concluíram que não houve alterações significativas nas propriedades dos painéis constituídos em misturas quando comparados com os painéis puros, e que estas espécies podem ser misturadas em várias proporções sem alterar as propriedades. Vital *et al.* (1974) avaliaram a produção de painéis aglomerados a partir de *Paulownia tomentosa*, *Virola* sp., *Terminalia superba* e *Pericopsis elata* e constataram que a mistura destas espécies apresentou painéis com propriedades aceitáveis. Haselein (1989) estu-

dou a produção de painéis aglomerados a partir da mistura de *Eucalyptus grandis* e *Cecropia* sp., e concluiu que os painéis confeccionados com 50% de cada espécie apresentaram, em geral, melhores propriedades do que os painéis produzidos com cada espécie isoladamente. Iwakiri *et al.* (1995) avaliaram a mistura de espécies de *Pinus elliotti* e *Mimosa scabrella* para a produção de painéis waferboard, e constataram que o tratamento constituído com 50% de cada espécie produziu painéis superiores, considerando a avaliação global dos resultados médios de todas as propriedades estudadas, e, ainda, Iwakiri *et al.* (1996) em estudo da viabilidade de utilização da madeira de *Pinus elliotti* e *Eucalyptus dunnii* para a produção de aglomerados concluíram que as mesmas podem ser utilizadas individualmente ou em misturas nesta finalidade.

Painéis de partículas com misturas de espécies foram também produzidos por Hillig *et al.* (2002) que estudaram as propriedades de painéis aglomerados estruturais de *Pinus*, *Eucalyptus* e *Acácia* em diferentes proporções e concluíram que a mistura de espécies proporcionou vantagens para as propriedades mecânicas dos painéis. Iwakiri *et al.* (2001) avaliaram a utilização de *Pinus* tropicais para a produção de aglomerados e constataram que a mistura de *Pinus oocarpa*, *Pinus caribaea*, *Pinus chiapensis*, *Pinus maximinoi* e *Pinus tecunumanii* indicou adequabilidade técnica ampliando a diversificação de espécies de *Pinus* para plantios e usos industriais.

Estudos recentes neste âmbito foram também conduzidos por Naumann *et al.* (2008), que estudaram as propriedades de painéis de madeira aglomerada fabricadas com partículas de *Eucalyptus urophylla* e *Schizolobium amazonicum*. Segundo estes autores, a utilização de um maior percentual de partículas de *Schizolobium* proporcionou maior estabilidade dimensional e resultou em maior resistência mecânica. Bianche (2009) avaliou as propriedades de painéis aglomerados confeccionados com *Eucalyptus urophylla*, *Sida* spp. e *Schizolobium amazonicum* e encontrou valores superiores para painéis originados a partir de misturas do que quando produzidos isoladamente com cada espécie. Iwakiri *et al.* (2010) em avaliação do potencial de utilização da madeira de *Schizolobium amazonicum* e *Cecropia hololeuca* concluíram que as madeiras destas duas espécies são tecnicamente viáveis para produção de aglomerados, e de maneira geral, as propriedades dos painéis são estatisticamente iguais ou superiores ao *Pinus*, tradi-

cionalmente utilizado em processos industriais. Iwakiri *et al.* (2010a) analisando a qualidade de painéis aglomerados produzidos com *Pinus caribaea* var. *caribaea*, *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, obtiveram resultados que permitiram concluir que a mistura destas duas espécies em alguns casos contribuiu para a melhoria das propriedades físicas e mecânicas.

Em relação a espécie estudada, o *Acrocarpus fraxinifolius* pertence a Família Caesalpiniaceae, nativa das regiões tropicais de alta pluviosidade da Ásia. Apresenta rápido crescimento, sendo muito promissora para reflorestamentos (RAÍ, 1976), é candidata a produção de madeira de curta rotação (MAGHEMBE; PRINS, 1994), além de possuir os requisitos fundamentais para o desenvolvimento de projetos financeiramente viáveis (MARTÍNEZ; GARCÍA, 2004). Em termos de produtividade, plantios experimentais no Brasil apresentaram um incremento médio de 14 a 45 m³/ha/ano, onde as regiões mais recomendadas para seu plantio são o Norte do Paraná, Sudeste e Centro-Oeste (CARVALHO, 1998).

Em relação às propriedades tecnológicas da madeira, o *Acrocarpus* apresenta massa específica básica de 0,458 g/cm³ (TRIANOSKI, 2010), baixa estabilidade dimensional e boa resistência mecânica (UFPR, 2009). É de baixa durabilidade natural, facilmente impregnável com produtos preservantes (LAMPRECHT, 1990), de fácil processamento e colagem (HONORATO *et al.*, 2005). É empregada para a produção de embalagens, móveis, pisos, carpintaria, postes, cabos de ferramentas, celulose e papel (HONORATO *et al.*, 2005).

Com o intuito de avaliar novas fontes de matéria-prima e maximizar o uso dos recursos florestais disponíveis, bem como contribuir para o incremento das propriedades físicas e mecânicas de painéis reconstituídos, este trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade de utilização da espécie *Acrocarpus fraxinifolius* em diferentes proporções de mistura com o *Pinus taeda* para a produção de painéis aglomerados.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste trabalho foram coletadas 5 árvores de *Acrocarpus fraxinifolius* em um plantio experimental com 19,5 anos de idade, localizado em Corupá - SC (26°23'19,32''O, 49°16'50,74''S), de propriedade da Empresa Battistella Florestal. As árvores foram seccionadas, retirando-se discos a cada 0,40 m ao longo do fuste para determinação da massa específica básica. Os

procedimentos para obtenção desta propriedade seguiram a metodologia recomendada pela Norma COPANT 461/1972 (COPANT, 1972).

O restante do material foi processado em laboratório, num picador de disco para geração de cavacos, com dimensões nominais de 25mm de comprimento, 0,7mm de espessura e largura variável. O *Pinus taeda* utilizado na composição das misturas e como tratamento testemunha para fins comparativos, foi coletado na forma de partículas para camada interna em processo industrial de painéis aglomerados.

Todo o material foi reprocessado em moinho de martelo, para obtenção das partículas tipo "sliver". As partículas foram classificadas em peneiras com granulometrias entre 8 e 30 mesh. Após esta classificação, foi efetuada a secagem final, obtendo-se um teor de umidade próximo a 3%.

Após a obtenção dos cavacos destinados a produção dos painéis, foram amostradas quantidades de material (TAPPI 257:2002) (TAPPI, 2002a) para determinação do pH (TAPPI 252:2002) (TAPPI, 2002b), cuja preparação das partículas seguiu os procedimentos da TAPPI 264:1997 (TAPPI, 1997).

Os painéis foram produzidos a partir de um delineamento inteiramente casualizado com duas repetições (painéis) por tratamento, conforme Tabela 1.

Tabela 1. Delineamento experimental.
Table 1. Experimental Design.

Tratamento	Composição
1	100% <i>Pinus taeda</i> (Pt)
2	100% <i>Acrocarpus fraxinifolius</i> (Af)
3	75% <i>Acrocarpus fraxinifolius</i> (Af) 25% <i>Pinus taeda</i> (Pt)
4	50% <i>Acrocarpus fraxinifolius</i> (Af) 50% <i>Pinus taeda</i> (Pt)
5	25% <i>Acrocarpus fraxinifolius</i> (Af) 75% <i>Pinus taeda</i> (Pt)

Para a produção dos painéis foi utilizada resina uréia-formaldeído, com teor de sólidos de 63,9%, viscosidade Brookfield de 668 cP, pH de 8,57, densidade de 1,28 g/cm³ e tempo de gelatinização de 1,06 min, e, 1% de parafina. A resina foi aplicada na proporção de 8% de sólidos, base peso seco de partículas.

Os painéis foram produzidos de forma homogênea com dimensões de 500x500x15 mm, massa específica nominal de 0,75 g/cm³, e consolidados utilizando-se os seguintes parâmetros de prensagem: temperatura de 160°C, pressão específica de 4 MPa e tempo de 8 minutos. Após

a produção dos painéis, os mesmos foram conduzidos à câmara de climatização com temperatura de $20 \pm 2^\circ\text{C}$ e umidade relativa de $65 \pm 5\%$, até atingirem a umidade de equilíbrio.

As propriedades físicas e mecânicas dos painéis foram determinadas de acordo com a metodologia proposta pela Norma Européia EN 323, 317, 310 e 319, (CEN, 2002a, 2002b, 2002c, 2002d), e pela Norma NBR 14810-3:2006 (ABNT, 2006), respectivamente para massa específica aparente, absorção de água e inchamento em espessura após 2 e 24 horas, flexão estática, ligação interna e resistência ao arrancamento de parafuso. Os valores experimentais foram comparados com os requisitos propostos pela Norma EN 312:2003 (CEN, 2003) e pela Norma NBR 14810-2:2006 (ABNT, 2006b), e com os valores obtidos a partir do tratamento de referência (T1 – 100% *Pinus taeda*).

Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística (95% de probabilidade) por meio dos testes de Grubbs, Kolmogorov Smirnov, Bartlett, Análise de Variância, e Comparação de Média de Tukey. Para os dados de Absorção de Água e Inchamento em Espessura após 2 e 24 horas houve a necessidade de transformação de dados por função logarítmica para atendimento dos requisitos à distribuição normal.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Propriedades da madeira

De acordo com a Tabela 2, a massa específica básica da madeira de *Acrocarpus fraxinifolius* e a massa específica ponderada das composições apresentaram valores médios entre 0,452 e 0,458 g/cm^3 , indicando desta forma, faixa média de densidade com potencial de utilização em processos produtivos de painéis aglomerados.

Os valores de pH da madeira variaram entre 4,56 e 5,14, o *Acrocarpus fraxinifolius* indicou o maior potencial hidrogeniônico. A maior acidez foi constatada no *Pinus taeda*, e à medida que se aumentou o percentual de *Pinus* nas composições propostas, os valores tenderam ao caráter ácido. Considerando os processos industriais de painéis colados com resina uréia-formaldeído, onde esta polimeriza em meio ácido (pH 3,0-3,5), verifica-se a necessidade de adição de catalisadores, os quais irão promover as reações de acidificação, acelerando a polimerização do adesivo e garantindo produtividade. Observou-se também que as duas espécies, bem como, as misturas de espécies, apresentaram valores adequados ao intervalo des-

crito por Stamm (1964), que relata que o pH da madeira deve se situar na faixa de 3,0 a 5,5.

Tabela 2. Resultados médios da massa específica e pH da madeira nas diferentes composições

Table 2. Average values of wood density and pH in different compositions.

Tratamento	Massa específica (g/cm^3)	pH
T1 – 100% Pt	0,450	4,56 c
T2 – 100% Af	0,458	5,14 a
T3 – 75% Af - 25% Pt	0,456	5,08 a
T4 – 50% Af - 50% Pt	0,454	4,82 b
T5 – 25% Af - 75% Pt	0,452	4,64 c

Massa específica das composições determinadas de acordo com MOS-LEMI (1974); Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna são estatisticamente iguais pelo Teste de Tukey a 95% de probabilidade.

Propriedades físicas dos painéis

Os valores médios da massa específica aparente dos painéis apresentaram variação de 0,663 a 0,685 g/cm^3 , conforme apresentado na Tabela 3. Embora tenha ocorrido perdas durante o processo de manufatura dos painéis, estas perdas podem ser consideradas pequenas e de certa forma homogêneas, não sendo constatada diferença estatística significativa para esta propriedade entre os tratamentos propostos.

Em relação à razão de compactação, verificou-se pela análise de variância que não houve diferença estatística significativa entre as médias dos tratamentos e que todos apresentaram valores dentro do intervalo de 1,3 a 1,6 conforme preconizado por Moslemi (1974) e Maloney (1993), indicando com isso, contato adequado entre as partículas.

Na Tabela 4 são apresentados os resultados médios de absorção de água e inchamento em espessura após 2 e 24 horas de imersão.

Tabela 3. Resultados médios de massa específica aparente e razão de compactação dos painéis para as diferentes composições.

Table 3. Average values of board density and compaction ratio for different compositions.

Tratamento	Massa específica aparente (12%) (g/cm^3)	Razão de Compactação
T1 – 100% Pt	0,680 a (4,80)	1,51 a (4,86)
T2 – 100% Af	0,679 a (4,34)	1,48 a (4,35)
T3 – 75% Af - 25% Pt	0,685 a (7,97)	1,50 a (8,01)
T4 – 50% Af - 50% Pt	0,679 a (6,32)	1,50 a (6,25)
T5 – 25% Af - 75% Pt	0,663 a (7,46)	1,48 a (7,50)

Médias seguidas de mesma letra em uma mesma coluna são estatisticamente iguais pelo Teste de Tukey a 95% de probabilidade. Valores entre parenteses referem-se ao Coeficiente de variação.

Tabela 4. Resultados médios de absorção de água e inchamento em espessura após 2 e 24 horas de imersão para diferentes composições.

Table 4. Average values of water absorption and thickness swelling after 2 and 24 hours in water soaking for different compositions.

Tratamento	AA 2H (%)	AA 24H (%)	IE 2H (%)	IE 24H (%)
T1 – 100% Pt	7,36 d (24,65)	20,58 e (13,42)	3,61 c (21,54)	8,53 c (12,60)
T2 – 100% Af	26,66 a (23,18)	64,07 a (9,17)	6,59 a (17,59)	18,85 a (13,06)
T3 – 75% Af - 25% Pt	17,90 b (30,48)	41,94 b (21,85)	5,21 b (11,93)	12,16 b (16,38)
T4 – 50% Af - 50% Pt	12,69 c (15,49)	33,53 c (20,70)	5,00 b (17,42)	11,41 b (12,60)
T5 – 25% Af - 75% Pt	11,41 c (17,93)	27,07 d (23,10)	4,58 b (23,77)	9,56 c (12,84)

Médias seguidas de mesma letra em uma mesma coluna são estatisticamente iguais pelo Teste de Tukey a 95% de probabilidade. Valores entre parenteses referem-se ao Coeficiente de variação.

Os resultados médios de absorção de água variaram entre 7,36% a 26,66% e 20,58% a 64,07% após 2 e 24 horas, respectivamente. O maior valor médio para ambos os tempos de imersão foi demonstrado pelo tratamento constituído com 100% de partículas de *Acrocarpus fraxinifolius*, que apresentou valor médio superior aos demais tratamentos.

Para a propriedade de inchamento em espessura os valores médios apresentaram variação entre 3,61% a 6,59% e 8,53% a 18,85%, para 2 e 24 horas respectivamente. Verifica-se também, neste caso, que o tratamento 2, produzido com 100% de partículas de *Acrocarpus*, apresentou em ambas as condições de ensaio, valores médios estatisticamente superiores aos demais tratamentos.

De maneira geral observa-se, que para os tratamentos compostos a partir da mistura das duas espécies, o aumento do percentual de partículas de *Pinus taeda* proporcionou uma melhoria nas propriedades de estabilidade dimensional, podendo-se concluir, que a elevada absorção de água e inchamento em espessura, neste caso, são características inerentes a espécie - *Acrocarpus*.

Considerando os resultados apresentados por outros pesquisadores, é possível afirmar que os resultados de estabilidade dimensional deste trabalho são bem mais adequados aos descritos por Iwakiri *et al.* (2001) que obtiveram valores de 75,43% e 84,60% para absorção de água e 34,80% a 39,70% para inchamento em espessura após 2 e 24 horas respectivamente, quando avaliaram as propriedades de painéis aglomerados produzidos a partir da mistura de 5 espécies de *Pinus* tropicais. Também aos resultados de Naumann *et al.* (2008) que encontraram valores entre 87,80% a 100,90% e 97,20% a 127,00% para absorção de água e 11,50% a 20,20% e 14,20% a 23,30% para inchamento em espessura

após 2 e 24 horas de imersão em painéis de *Eucalyptus urophylla* e *Schizolobium amazonicum*; e, de maneira geral, aos mencionados por Bianche (2009) que obteve valores médios no intervalo de 17,41% a 84,45% e 57,62% a 107,38% para absorção de água e valores entre 13,13% a 44,49% e 33,02% a 57,44% para inchamento (2 e 24 horas) a partir de avaliação de painéis aglomerados produzidos com *Eucalyptus urophylla*, *Sida* spp. e *Schizolobium amazonicum*.

Propriedades mecânicas dos painéis

Na Tabela 5 podem ser visualizados os valores médios obtidos para as propriedades mecânicas. Para o Módulo de Ruptura, verifica-se que os valores variaram entre 11,82 MPa e 16,64 MPa, onde o valor médio mais elevado foi apresentado pelo tratamento 3, constituído de 75% de partículas de *Acrocarpus* e 25% de partículas de *Pinus*, sendo este de média significativamente superior aos demais. Para o Módulo de Elasticidade, os valores apresentaram-se na faixa de 1.742,14 MPa e 2.312,57 MPa, onde o tratamento 3 demonstrou valor médio absoluto superior, porém, estatisticamente igual ao tratamento testemunha.

Em relação aos requisitos normativos, apenas os tratamentos 2, 3 e 4, atenderam aos requisitos mínimos especificados pela Norma EN 312:2003 (CEN, 2003) de 13 MPa e 1800 MPa para Módulo de Ruptura e Módulo de Elasticidade, respectivamente.

Em comparação com os resultados disponíveis em literatura, nota-se que os tratamentos propostos demonstraram, na maioria dos casos, valores médios superiores aos descritos por Naumann *et al.* (2008), que obtiveram valores entre 4,26 MPa e 13,96 MPa para Módulo de Ruptura e valores entre 696,80 MPa a 1873,40 MPa para Módulo de Elasticidade. Por outro lado, valo-

Tabela 5. Resultados médio das propriedades mecânicas dos painéis para as diferentes composições.
Table 5. Average values of mechanical properties of panels for different compositions.

Tratamento	Flexão estática		Tração Perpendicular (MPa)	Arrancamento de Parafuso	
	MOR (MPa)	MOE (MPa)		Superfície (N)	Topo (N)
T1 – 100% Pt	12,88 b (12,89)	1948,22 ab (13,03)	0,86 b (12,58)	1031,86 b (14,94)	846,06 b (16,11)
T2 – 100% Af	13,09 b (11,64)	1861,25 b (8,65)	1,12 a (10,75)	1482,96 a (11,76)	1088,18 ab (15,36)
T3 - 75% Af - 25% Pt	16,64 a (13,36)	2312,57 a (13,91)	1,27 a (18,50)	1491,89 a (15,21)	1163,85 a (22,25)
T4 – 50% Af - 50% Pt	13,63 b (15,68)	1917,57 b (16,35)	0,92 b (14,74)	1209,75 b (15,88)	1005,48 ab (19,92)
T5 – 25% Af - 75% Pt	11,82 b (12,10)	1742,14 b (15,10)	0,90 b (12,86)	1049,86 b (19,49)	903,61 ab (15,26)

Médias seguidas de mesma letra em uma mesma coluna são estatisticamente iguais pelo Teste de Tukey a 95% de probabilidade. Valores entre parenteses referem-se ao Coeficiente de variação.

res médios superiores aos mencionados neste estudo foram obtidos por Iwakiri *et al.* (2010a) onde painéis aglomerados de *Pinus caribaea* var. *caribaea* e *Pinus caribaea* var. *bahamensis* apresentaram valores médios entre 16,36 MPa a 18,08 MPa e 2.105 MPa a 2.515 MPa para Módulo de Ruptura e Elasticidade, respectivamente.

Para a propriedade de tração perpendicular, os valores médios variaram no intervalo de 0,86 MPa e 1,27 MPa. Os tratamentos 2 e 3 apresentaram os melhores resultados, sendo estes de médias significativamente superiores aos demais. Em referência aos requisitos mínimos prescritos pela EN 312:2003 (CEN, 2003), todos os tratamentos atingiram o valor mínimo de 0,35 MPa, demonstrando adequabilidade técnica.

Em relação aos estudos conduzidos por outros pesquisadores, nota-se que as médias de tração perpendicular foram superiores aos resultados encontrados por Bianche (2009) que em avaliação de painéis de *Eucalyptus urophylla*, *Sida* spp. e *Schizolobium amazonicum* obteve valores médios entre 0,34 MPa e 0,75 MPa, e similares aos obtidos por Iwakiri *et al.* (1996) para painéis de *Pinus elliottii* e *Eucalyptus dunnii* com valores entre 0,81 MPa e 1,08 MPa, e Iwakiri *et al.* (2010a) para painéis de *Pinus caribaea* var. *caribaea* e *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, com resultados entre 1,07 MPa e 1,30 MPa.

Os resultados de resistência ao arrancamento de parafuso apresentaram variação no intervalo de 1031,86 N a 1.491,89 N para o ensaio na face superficial e de 846,06 N a 1.163,85 N para o ensaio de topo. A partir destes resultados, e considerando a especificação mínima preconizada pela Norma NBR 14810-2 (ABNT, 2006b), de 1.020 N e 800 N para superfície e topo respectivamente, todos os tratamentos demonstraram-se adequados aos requisitos técnicos. Considerando os resultados disponíveis em literatura para esta propriedade, notam-se resultados compa-

ráveis com Bianche (2009), com variação de 1.027,51 N a 1.376,00 N e Trianoski (2010) com intervalo de 735,20 N a 2005,85 N.

CONCLUSÕES

A espécie *Acrocarpus fraxinifolius*, bem como as misturas em diferentes proporções com o *Pinus taeda*, demonstraram viabilidade técnica para produção de painéis aglomerados indicando a possibilidade de contribuir como matéria prima para fins industriais.

Em relação à estabilidade dimensional, o aumento do percentual de partículas de *Pinus taeda* proporcionou uma redução da absorção de água e do inchamento em espessura.

Em relação as propriedades mecânicas, o tratamento constituído com 75% de partículas de *Acrocarpus fraxinifolius* e 25% de partículas de *Pinus taeda*, demonstrou o melhor desempenho.

É possível afirmar que, qualquer composição de *Acrocarpus fraxinifolius* e *Pinus taeda*, além das avaliadas neste trabalho, é tecnologicamente viável para a produção de painéis aglomerados.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seus agradecimentos a Battistella Florestal pelo uso do plantio experimental de *Acrocarpus fraxinifolius*, à Arauco do Brasil pela doação das partículas de *Pinus* spp., resina e parafina, e ao CNPq, pela concessão de bolsa de estudos.

REFERÊNCIAS

ABIPA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PAINÉIS DE MADEIRA. Disponível em: <<http://www.abipa.org.br/meioambiente.php>> Acesso em: 19 jan. 2011.

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14810 – 3 - Chapas de madeira aglomerada – Parte 3 – Métodos de Ensaio. Rio de Janeiro, 2006a.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14810 – 2 - Chapas de madeira aglomerada – Parte 2 – Requisitos. Rio de Janeiro, 2006b
- BIANCHE, J.J. **Propriedades de aglomerados fabricados com partículas de Eucalipto (*Eucalyptus urophylla*), Paricá (*Schizolobium amazonicum*) e vassoura (*Sida* spp.).** 2009. 81p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.
- CABRAL, C.P.; VITAL, B.R.; LUCIA, R.M.D.; PIMENTA, A.S. Propriedades de chapas de aglomerado confeccionadas com misturas de partículas de *Pinus* spp e *Pinus elliottii*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.31, n.5, p.897-905, 2007.
- CARVALHO, P.E. Espécies introduzidas alternativas às do gênero *Pinus* e *Eucalyptus* para reflorestamento no Centro-Sul do Brasil. In: GALVÃO, A.P.M. (Coord.) **Espécies não tradicionais para plantios com finalidades produtivas e ambientais.** Colombo: Embrapa Florestas, 1998. p.75-99.
- CEN - EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. EN 312 - **Particleboards – Specifications.** Brussels, 2003.
- CEN - EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. EN 323 - **Determinação da massa volúmica.** Lisboa, 2002a.
- CEN - EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. EN 317 - **Determination of swelling in thickness after immersion in water.** Brussels, 2002b.
- CEN - EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. EN 310 - **Wood based panels. Determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength.** Lisboa, 2002c.
- CEN - EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **Determinação da resistencia à tração perpendicular às faces da placa .** EN 319. Lisboa, 2002d.
- COPANT - Comissão Panamericana de Normas Técnicas. COPANT 461. **Determinación del peso específico aparente.** La Paz, 1972.
- HASELEIN, C.R. **Análise de parâmetros para a fabricação de chapas de partículas aglomeradas de madeira de eucalipto (*Eucalyptus grandis*) W. Hill ex- Maiden) e embaúba (*Cecropia* sp.).** 1989. 75p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1989.
- HAYGREEN, J.G.; FRENCH, D.W. Some characteristics of particleboards from four tropical hardwoods of Central America. **Forest Products Journal**, Madison, v.21, n.2, p.30-33, 1971.
- HILLIG, E.; HASELEIN, C.R.; SANTINI, E.J. Propriedades mecânicas de chapas aglomeradas estruturais fabricadas com madeiras de *Pinus*, Eucalipto e Acácia-Negra. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.12, n.1, p.59-70, 2002.
- HONORATO, S.J.A.; QUINTANAR O.; J.F.C. PARRAGUIRRE L.H.M.; RODRÍGUEZ C. **Cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*) una opción agroforestal para la sierra Norte del estado de Puebla.** Folleto Técnico INIFAP, Cpyacan, n.1, p.41, 2005.
- IWAKIRI, S. **Painéis de madeira reconstituída.** Curitiba: Fupef, 2005. 247p.
- IWAKIRI, S.; MANHIÇA, A.A.; PARCHEN, C.F.A.; CIT, E.J.; TRIANOSKI, R. Use of from *Pinus caribaea* var. *caribaea* and *Pinus caribaea* var. *bahamensis* for production of particleboards panels. **Cerne**, Lavras, v.16, n.2, p.193-198, 2010a.
- IWAKIRI, S.; SILVA, J.R.M.; MATOSKI, S.L.S.; LEONHARDT, G.; CARON, J.; Produção de chapas de Madeira aglomerada de cinco espécies de *Pinus* tropicais. **Floresta e ambiente**, Seropédica, v.8, n.1, p.137-142, 2001.
- 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* “Embauba” para a produção de painéis aglomerados. **Acta Amazonica**, Manaus, v.40, n.2, p.303-308, 2010b.
- IWAKIRI, S. KLOCK, U.; ROCHA, M.P.; SEVERO, E.T.D.; RINCOSKI, C.R.; BORTOLETTO JUNIOR, G.; PIO, N.S. Mistura de espécies na produção de chapas de partículas estruturais “waferboard”. **Revista do Setor de Ciência Agrárias**, Curitiba, v.14, n.1-2, p.107-114, 1995.

- IWAKIRI, S.; LATORRACA, J.V.F.; SILVA, D.A.; GABARDO, J.L.; KLITZKE, R.J.; FOFANO JUNIOR, A.; FABROWSKI, F.; INTERAMNENSE, M.T.; Produção de chapas de partículas de madeira aglomerada de *Pinus elliottii* (Engelm.) e *Eucalyptus dunnii* (Maid). **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, Curitiba, v.15, n.1, p.33-41, 1996.
- KEINERT JUNIOR, S.; MATOS, J.L.M. Utilização de *Pinus pinaster* para fabricação de chapas de partículas. **Floresta**, Curitiba, v.17, n.1-2, p.113-120, 1987.
- LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas – possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado**. Rossdorf: GTZ – Verl.-Ges, 1990. 343p.
- MACEDO, A.R.P.; ROQUE, C.A.L. **Painéis de madeira**. Disponível em: <www.bndes.gov.br>. Acesso em: 15 jan. 2011.
- MAGHEMBE, J.A.; PRINS, H. Performance of multipurpose trees for agroforestry two years after planting at Makoka, Malawi. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.64, n.2-3, p.171-182, 1994.
- MALONEY, T.M. Modern particleboard and dry-process fiberboard manufacturing. São Francisco: Miller Freeman, 1993. 689p.
- MARTÍNEZ, P.E.; GARCIA, J.M. Evaluación de cinco tratamientos fitosanitarios en la producción de Plántulas de Cedro Rosado (*Acrocarpus fraxinifolius* Wight & Arn) en Etapa de Semillero en Tuxpan, Veracruz, México. **Revista UDO Agrícola**, v.4, n.1, p.27-30, 2004.
- MOSLEMI, A.A. **Particleboard**. London: Southern Illinois University Press, 1974. 245p.
- NAUMANN, R.B.; VITAL, B.R.; CARNEIRO, A.C.O.; LUCIA, R.M.D.; 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 parahyba* Herb. **Revista Árvore**, Viçosa, v.32, n.6, p.1143-1150, 2008.
- RAÍ, S.N. Pré-treatment of *Acrocarpus fraxinifolius* seeds. **Indian Forester**, Dehradun, v.102, n.8, p.488-491, 1976.
- STAMM, A.J. **Wood and cellulose science**. New York: The Ronald Press Company, 1964. 549p.
- TAPPI - TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. **TAPPI 257:2002 - Sampling and preparing wood for analysis**. Atlanta, 2002a.
- TAPPI - TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. **TAPPI 252:2002 - pH and electrical conductivity of hot water extracts of pulp, paper, and paperboard**. Atlanta, 2002b.
- TAPPI - TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. **TAPPI 264:1997 - Preparation of wood for chemical analysis**. Atlanta, 1997.
- TRIANOSKI, R. **Avaliação do potencial de espécies florestais alternativas de rápido crescimento para produção de painéis de madeira aglomerada**. 2010. 260p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.
- UFPR – UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. Laboratório de Tecnologia da Madeira. **Banco de dados do Laboratório de Tecnologia da Madeira**. Curitiba: UFPR, 2009.
- VITAL, B.R.; LEHMANN, W.E.; BOONE, R.S. How species and board densities affect properties of exotic hardwood particleboards. **Forest Products Journal**, Madison, v.24, n.12, p.37-45, 1974.

Recebido em 18/04/2011
Aceito para publicação em 18/08/2011