

Painéis de partículas monocamadas fabricados
com resíduo de madeira e fibra de coco verdeMonolayers particleboards manufactured
with wood waste and green coconut fiberJuliano Fiorelli¹, Andre Luis Christoforo², Francisco Antonio Rocco Lahr³,
Maria Fátima do Nascimento⁴, Diogo Donizette Curtolo⁵,
Diogo de Lucca Sartori⁶ e Ugo Leandro Belini⁷**Resumo**

Este trabalho objetivou investigar as propriedades físicas e mecânicas de painéis de partículas fabricados com maravalha de *Pinus spp* e fibras da casca de coco verde com o intuito de agregar valor a esses subprodutos agroindustriais. Os fatores e níveis experimentais investigados consistiram no tipo de adesivo [resina poliuretana bicomponente derivada de mamona (PU-mamona) e ureia-formaldeído] e nas proporções de fibras da casca de coco verde [0% (100% de maravalha de *Pinus spp*), 25%, 50%, 75% e 100%], conduzindo a um planejamento fatorial completo do tipo 5¹2¹, fornecendo 10 tratamentos distintos. Os resultados da análise estatística permitiram concluir que os painéis produzidos com resina PU-mamona apresentaram resultados de propriedades físico-mecânicas superiores aos produzidos com resina ureia-formaldeído e a inclusão de partículas da casca do coco verde acarretou na redução da absorção de água e do módulo de elasticidade, para alguns tratamentos.

Palavras-chave: painéis; resina de mamona; planejamento de experimentos.

Abstract

This study aimed to investigate physical and mechanical properties of hybrid particleboards manufactured with *Pinus spp* wood particles and green coconut fibers in order to add value to these industrial wastes. The experimental factors and levels investigated consisted of adhesive type: bi-component polyurethane resin castor oil based (PU-castor oil) and urea-formaldehyde, and the proportions of green shell coconut: 0% (100% *Pinus spp*), 25% , 50%, 75% and 100%, leading to a full factorial design of the 5¹2¹ type, providing ten different treatments. Statistical analysis results indicated that PU-castor oil gave best results for mechanical properties; while the inclusion of green shell coconut particles resulted in the reduction of water absorption and bending modulus of elasticity for some treatments.

Keywords: particleboards; castor oil-resin; design of experiments.

INTRODUÇÃO

O setor produtivo da agroindústria utiliza locais para “área de despejo” de seus subprodutos, gerados durante os ciclos produtivos. A elimi-

nação dos resíduos, quando quantificada, controlada e tratada torna se facilmente passível de depuração em determinado tempo. Caso contrário, este processo pode levar milhares de anos ou, até mesmo, deixar de ocorrer pela ausência

¹Doutor em Engenharia em Ciência de Materiais. USP - Universidade de São Paulo /FZEA - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos - Departamento de Engenharia de Biossistemas. Av. Duque de Caxias Norte, 225 - Pirassununga, SP. E-mail: julianofiorelli@usp.br.

²Doutor em Engenharia de Estrutura. UFSCar - Universidade Federal de São Carlos - Departamento de Engenharia Civil. Rod. Washington Luís, km 235 - São Carlos, SP. E-mail: alchristoforo@yahoo.com.br.

³Professor Titular do Departamento de Engenharia de Estruturas. USP - Universidade de São Paulo / EESC - Escola de Engenharia de São Carlos. Av. Trabalhador São-carlense, 400 - São Carlos, SP. E-mail: frocco@sc.usp.br.

⁴Doutora em Engenharia e Ciência de Materiais. USP - Universidade de São Paulo / EESC - Escola de Engenharia de São Carlos. Av. Trabalhador São-carlense, 400 - São Carlos, SP. E-mail: fati@sc.usp.br.

⁵Graduando em Engenharia de Biossistemas. USP - Universidade de São Paulo /FZEA - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos - Departamento de Engenharia de Biossistemas. Av. Duque de Caxias Norte, 225 - Pirassununga, SP. E-mail: diego_curtolo@hotmail.com.

⁶Doutorando em Zootecnia. USP - Universidade de São Paulo /FZEA - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos. Av. Duque de Caxias Norte, 225 - Pirassununga, SP. E-mail: diogosartori@outlook.com.

⁷Doutor em Recursos Florestais. UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina. Rodovia Ulysses Gaboardi, km 3 - Curitiba, SC. E-mail: ugo.belini@ufsc.br.

de mecanismos específicos na natureza. Uma das alternativas que vem sendo estudada como solução para agregar valor aos resíduos agroindustriais consiste na fabricação de painéis de partículas aglomeradas (GULER; COPUR; TASCIOGLU, 2008; ASHORIA; NOURBAKHSB, 2008; GIRODSA et al., 2009; FIORELLI et al., 2012a; BERTOLINI et al., 2013).

Os painéis aglomerados surgiram na Alemanha, no início da década de 40 em face da dificuldade de obtenção de espécies de boa qualidade para produção de lâminas para compensados, devido ao isolamento do país durante a segunda Guerra Mundial (MENDES et al., 2010). Esses painéis são geralmente fabricados a partir de partículas de madeira ou por qualquer outro material lignocelulósico que lhes confira alta resistência mecânica e densidade pré-estabelecida, aglutinadas com adesivo sintético ou outro aglomerante, sendo o conjunto prensado a quente, por tempo suficiente para que a cura da resina se efetue (IWAKIRI et al., 2004).

Com relação aos adesivos utilizados na fabricação de painéis, a resina poliuretana à base de óleo de mamona, mesmo não sendo utilizada industrialmente, apresenta-se como solução alternativa para as resinas ureia-formaldeído, comumente utilizadas pelas indústrias de painéis, principalmente por se tratar de um material livre de formol (SILVA et al., 2012; SILVA et al., 2013).

A expressiva quantidade de resíduos gerados no processamento do coco (MARTINS; JESUS JUNIOR, 2011) e da madeira (YAMAJI; BONDUELLE, 2004) tem motivado o desenvolvimento de pesquisas, com objetivo de agregar valor a estes rejeitos, por meio da fabricação de novos materiais.

Da cultura de coco verde, é importante destacar seu avanço no Brasil: em 1990 o país ocupava a décima posição no ranking mundial, com uma produção em torno de 477 mil toneladas. Atualmente, o país é o quarto maior produtor mundial de coco, com uma produção aproximada de 2,8 milhões de toneladas (EMBRAPA, 2011).

Brito et al. (2004) avaliaram painéis de madeira e partículas de fibra de *Cocus nucifera* em combinação com partículas convencionais de *Pinus elliottii* em proporções de 0% a 30% da fibra da casca de coco e diferentes teores do adesivo ureia-formaldeído (6% e 8%), como matriz polimérica. O melhor resultado para o módulo de elasticidade na flexão (MOE) foi 2779 MPa apresentado pelo tratamento com 100% partículas de *Pinus* e 8% de adesivo. Ape-

sar dos valores de algumas propriedades mecânicas estarem abaixo dos valores mínimos estabelecidos pela norma CS 236-66, as fibras de coco apresentaram potencial para fabricação de painéis de partículas. O módulo de ruptura em flexão (MOR) foi afetado pela composição das partículas e teor de adesivo. Os painéis fabricados com 8% de adesivo apresentaram valor médio de MOR superior àqueles encontrados nos painéis com 6% de adesivo.

Khedari et al. (2004) confeccionaram painéis de partículas à base de fibra de casca do coco e resinas ureia-formaldeído (12%) e fenol-formaldeído (6%). Concluíram que ambos os painéis apresentaram baixa condutividade térmica e propriedades mecânicas abaixo daquelas recomendadas pela norma CS 236-66 (MOR de 11,2 MPa e MOE de 2450 MPa). Sendo assim, os autores recomendam sua utilização como isolante térmico em forros e paredes.

Passos (2005) avaliou o comportamento físico-mecânico de chapas de partículas de madeira com substituição parcial por fibra da casca do coco. Foram utilizados teores de fibra que variaram de 10 a 30% da massa. Os resultados de MOR, MOE e Adesão Interna (AI) indicam valores médios de 14 MPa, 1500 MPa e 0,4 MPa, respectivamente. Os resultados de Absorção de Água (AA) indicam valores médios de 80% após 2 h e 95% após 24 h. Já os valores de Inchaço (IE) indicam 20% após 2 h e 25% após 24 h. Pelas conclusões do autor, as propriedades físico-mecânicas desses painéis são semelhantes àquelas obtidas na literatura.

Fiorelli et al. (2012b) fabricaram e avaliaram painéis de partículas de fibra da casca de coco verde e resina poliuretana bicomponente à base de óleo de mamona, com densidade 800 kg m⁻³. Os resultados obtidos pelos autores permitem indicar a aplicação desse painel de partículas para uso na construção civil.

Resíduos madeireiros de todo o setor de processamento secundário tem sua aplicação limitada à queima e uso como "cama" para produção animal (YAMAJI; BONDUELLE, 2004). Assim como os resíduos do coco verde, estes também apresentam potencial para a fabricação de painéis, evidenciado pela pesquisa desenvolvida por Ramos et al. (2011).

Seguindo a tendência de desenvolvimento de produtos sustentáveis, por meio da utilização de resíduos da agroindústria, como proposta para agregar valor a estes materiais, de modo a evitar o descarte ou mesmo emprego de baixo valor

agregado, o presente trabalho teve como finalidade desenvolver um estudo para avaliar a viabilidade de produção de painéis de partículas de maravalha de *Pinus spp* com substituição parcial por fibras da casca do coco verde, utilizando resinas poliuretana bicomponente à base de óleo de mamona (PU-mamona) e ureia-formaldeído, possibilitando avaliar também a viabilidade do uso da resina PU-mamona em substituição a resina ureia-formaldeído.

MATERIAL E MÉTODOS

As fibras da casca de coco verde utilizadas foram fornecidas pela indústria de reciclagem de resíduos sólidos (Pós-Coco) localizada no município de São Paulo-SP e os resíduos de maravalha de *Pinus spp* foram fornecidos por indústria moveleira localizada na região de Macatuba-SP. A resina PU-mamona foi fornecida pela Plural Indústria e Comércio de Produtos Químicos e a resina ureia-formaldeído fornecida pela Momentive.

As etapas de fabricação dos painéis de partículas a partir do emprego de resíduos da agroindústria e da indústria moveleira incluíram os passos resumidamente comentados a seguir, detalhado por Maloney (1996). O processo foi iniciado com a coleta dos resíduos, sendo posteriormente secos até atingirem teor de umidade variando de 6-10%. As partículas de maravalha de *Pinus spp*, com densidade real de 1,24 g/cm³, não foram processadas, e utilizadas com dimensões nominais médias de 10 x 4 mm. As fibras da casca do coco, com densidade real de 1,30 g/cm³, foram processados em moinho de facas em partículas com dimensões de até 8 mm (Figura 1d).

Os resíduos, já processados, foram introduzidos em um misturador planetário por contato e, sobre a massa de partículas, foram aplicadas por meio de aspersão, as resinas PU-mamona e ureia-formaldeído em teores de 10 e 12%, respectivamente e homogeneizados por um tempo de 10 min. (Figura 1e). O adesivo PU-mamona é composto por dois componentes: (A) um derivado vegetal e (B) um isocianato aromático, misturados em partes iguais. O componente A é um poliól para obtenção de poliuretanas, derivado de óleos vegetais, com aspecto líquido colorido e densidade 1,0 – 1,2 1,24 g/cm³. Já o componente B é um isocianato di ou polifuncional, com aspecto líquido marrom escuro e densidade de 1,24 g/cm³.

Para os painéis produzidos com resina ureia-formaldeído, foi acrescentado 1 % de parafi-

na em relação à massa de partículas e 1,5% de hidróxido de sódio (catalisador) em relação à massa da resina.

Após a mistura, o material foi colocado em um molde formador (Figura 1f) e o colchão resultante (Figura 1g) inserido em prensa termohidráulica (Figura 1h) a uma temperatura / tempo de prensagem de 100°C / 10 min. (painéis com resina poliuretana à base de óleo de mamona) e 130°C / 8 min. (painéis com resina ureia-formaldeído). A pressão média utilizada foi de 5,0 MPa, para garantir a formação do painel de partícula (Figura 1i), esse valor de pressão vem se mostrando adequado quando são incorporados resíduos agroindustriais (fibra de coco) na produção de painéis de partículas (Fiorelli et al., 2012b). Foram produzidos painéis com densidade de 0,80 g/cm³. Após a saída da prensa, os painéis foram empilhados por 72 h, período em que ocorre a continuação do processo de cura das resinas.

Os fatores experimentais investigados foram o tipo de resina (PU-mamona e ureia-formaldeído) e a proporção em massa de partículas secas da fibra da casca de coco verde [0% (100% maravalha de *Pinus spp*), 25% (75% maravalha de *Pinus spp*), 50% (50% maravalha de *Pinus spp*), 75% (25% maravalha de *Pinus spp*) e 100% (0% maravalha de *Pinus spp*)], conduzindo a um planejamento fatorial completo do tipo 5¹2¹, fornecendo 10 tratamentos (T) distintos, explicitados na Tabela 1.

Tabela 1. Condições experimentais investigadas.
Table 1. Experimental conditions investigated.

T	Resina	Coco (%)	<i>Pinus</i> (%)
T1	PU - mamona	0	100
T2	PU - mamona	25	75
T3	PU - mamona	50	50
T4	PU - mamona	75	25
T5	PU - mamona	100	0
T6	Uréia-formaldeído	0	100
T7	Uréia-formaldeído	25	75
T8	Uréia-Formaldeído	50	50
T9	Uréia-formaldeído	75	25
T10	Uréia-formaldeído	100	0

As propriedades físicas e mecânicas investigadas foram: densidade aparente (ρ_{ap}), inchamento em espessura após 2 horas (IE-2h), absorção de água após 2 horas (Abs-2h), módulo e elasticidade na flexão (MOE), módulo de resistência na flexão (MOR) e adesão interna (AI), ambas obtidas de acordo com as premissas e métodos de cálculo da norma brasileira ABNT (2006) (Chapas de madeira aglomerada). Para tanto, foram fabricados 30 painéis por tratamento, nas di-

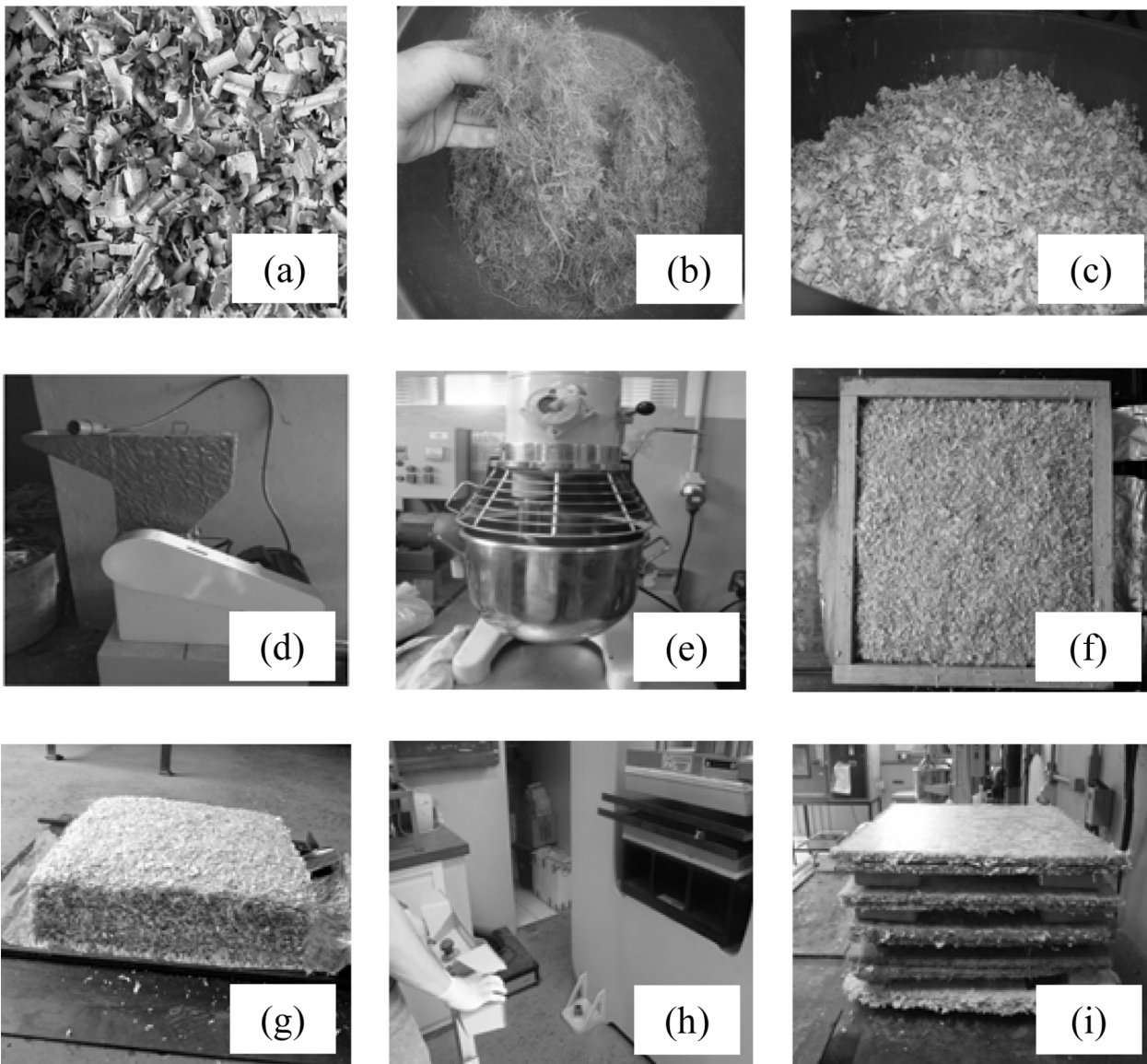


Figura 1. Etapas de fabricação dos painéis de partículas. a) Maravalha de *Pinus* spp. b) Fibra da casca do coco verde. c) Partículas de maravalha e fibra de coco. d) Moinho de facas. e) Misturador planetário. f) Molde formador de colchão. g) Colchão de partícula. h) Prensa termo-hidráulica. i) Painéis de partículas.
Figure 1. Steps of particleboards production: a) *Pinus* spp wood particles; b) Coconut fiber; c) *Pinus* spp wood particles and coconut fiber; d) Knife Mill; e) Planetary Mixer; f) Mold maker mattress; g) Particle mattress; h) Thermo hydraulic press; i) Particle board.

mensões 400×400×10 mm, sendo extraídos dez corpos de prova por tratamento e por resposta investigada. A adesão interna, diferente das demais variáveis-resposta, foi avaliada apenas para os materiais fabricados com a resina PU-mamona, com objetivo de verificar a eficiência da colagem dessa resina, não sendo utilizada como parâmetro de comparação entre os tratamentos.

O planejamento experimental completo ($5^1 2^1$) foi delineado com o auxílio do software Minitab® versão 14, possibilitando, através da análise de variância (ANOVA), investigar a influência dos dois fatores e da interação de ambos em cada variável-resposta. Acusada significância da interação entre os fatores pela ANOVA, na sequência são apresentados os gráficos de

interação, possibilitando melhor visualizar os resultados (médias) obtidos por tratamento, e o teste de comparações múltiplas de Tukey para o agrupamento dos níveis do fator fixo, com o intuito de verificar os melhores tratamentos por propriedade física e mecânica investigada. No caso de apenas os fatores individuais serem significativos, são apresentados posteriormente os gráficos de efeitos principais e o teste de Tukey como forma de eleger o melhor tratamento. A ANOVA foi formulada ao nível de significância de 5%, e a sua validação se deu com a verificação da normalidade das distribuições pelo teste de Anderson-Darling e da homogeneidade entre variâncias pelo teste de Bartlett, ambos ao nível de 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta os resultados das propriedades físicas e mecânicas investigadas, sendo a média amostral e *cv* o coeficiente de variação.

Os valores limites de referência estipulados pela norma EN (2003) para o IE, MOR e MOE são respectivamente 16%, 16 MPa e 2300 MPa. Pela norma ABNT (2006) IE e MOR são iguais a 8% e 18 MPa respectivamente, não sendo apresentado por esta norma requisito para o MOE.

Com relação a especificação da norma europeia, com exceção dos tratamentos T2, T4, T8, T9 e T10, o IE-2h foi inferior ao valor limite (16%). Apenas os painéis fabricados com o adesivo PU-mamona apresentaram resultados para o MOR superiores aos recomendados pela norma ABNT (2006). Já, em relação aos painéis produzidos com a resina ureia-formaldeído, apenas os painéis com 100% de partículas de casca de coco atenderam as exigências da referida norma para MOE.

Com exceção dos tratamentos T7, T8 e T9, todos os demais apresentaram valores próximos ou superiores ao MOE dos materiais fabricados por Fiorelli et al. (2012b) e Ramos et al. (2011),

que avaliaram respectivamente painéis de partículas homogêneas com fibra da casca de coco verde e maravalha de *Pinus spp* aglomeradas com adesivo PU-mamona.

Com o intuito de verificar a influência dos fatores assim como da interação entre ambos nas respostas de interesse foi utilizada a análise de variância. A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos da ANOVA para as médias das variáveis respostas investigadas, sendo sublinhados os P-valores menores ou iguais a 0,05 (5%), considerados significativos a um nível de confiabilidade de 95%.

Os P-valores do teste de normalidade de Anderson-Darling variaram no intervalo [0,098; 0,600], e os P-valores do teste de Bartlett variaram entre [0,263; 0,851], implicando em serem normais as distribuições e equivalentes as variâncias entre os tratamentos, validando o modelo da ANOVA.

Com exceção do MOR (Tabela 3), todas as demais respostas apresentaram efeitos significativos de interação entre os dois fatores. A Figura 2 ilustra os gráficos de interação entre os fatores (Figuras: 3a; 3b; 3c, 3d) e os de efeitos principais (Figuras: 3e; 3f).

Tabela 2. Resultados de propriedades físico-mecânicas.
Table 2. Physic-mechanical properties results.

T	Estat.	ρ_{ap} (g/cm ³)	IE-2h (%)	AA-2h (%)	MOR (MPa)	MOE (MPa)
T1	\bar{x}	0,72	12,37	53,59	20,35	2101
	cv(%)	11				
T2	\bar{x}	0,80	18,10	56,76	25,85	2274
	cv(%)	7				
T3	\bar{x}	0,84	14,28	38,83	24,08	1850
	cv(%)	8				
T4	\bar{x}	0,81	23,08	49,50	23,30	1694
	cv(%)	13				
T5	\bar{x}	0,76	6,92	23,70	25,45	1662
	cv(%)	13				
T6	\bar{x}	0,81	14,26	53,97	8,68	1813
	cv(%)	1				
T7	\bar{x}	0,85	15,35	12,82	13,97	1338
	cv(%)	4				
T8	\bar{x}	0,80	17,41	40,23	10,30	1018
	cv(%)	6				
T9	\bar{x}	0,76	25,97	69,81	9,07	859
	cv(%)	5				
T10	\bar{x}	0,85	19,91	34,38	15,83	2341
	cv(%)	3				

\bar{x} - média; cv (%) - coeficiente de variação

Tabela 3. P-valores para os fatores individuais e interação entre ambos sobre as variáveis-respostas investigadas.
Table 3. P-value for individual factors; and their interaction on the investigated variables-responses.

Fatores e Interações	ρ_{ap} (g/cm ³)	IE-2h (%)	Abs-2h (%)	MOR (MPa)	MOE (MPa)
Proporção	0,026	0,000	0,000	0,002	0,001
Tipo de Resina	0,034	0,000	0,073	0,000	0,000
Interação	0,003	0,002	0,000	0,447	0,001

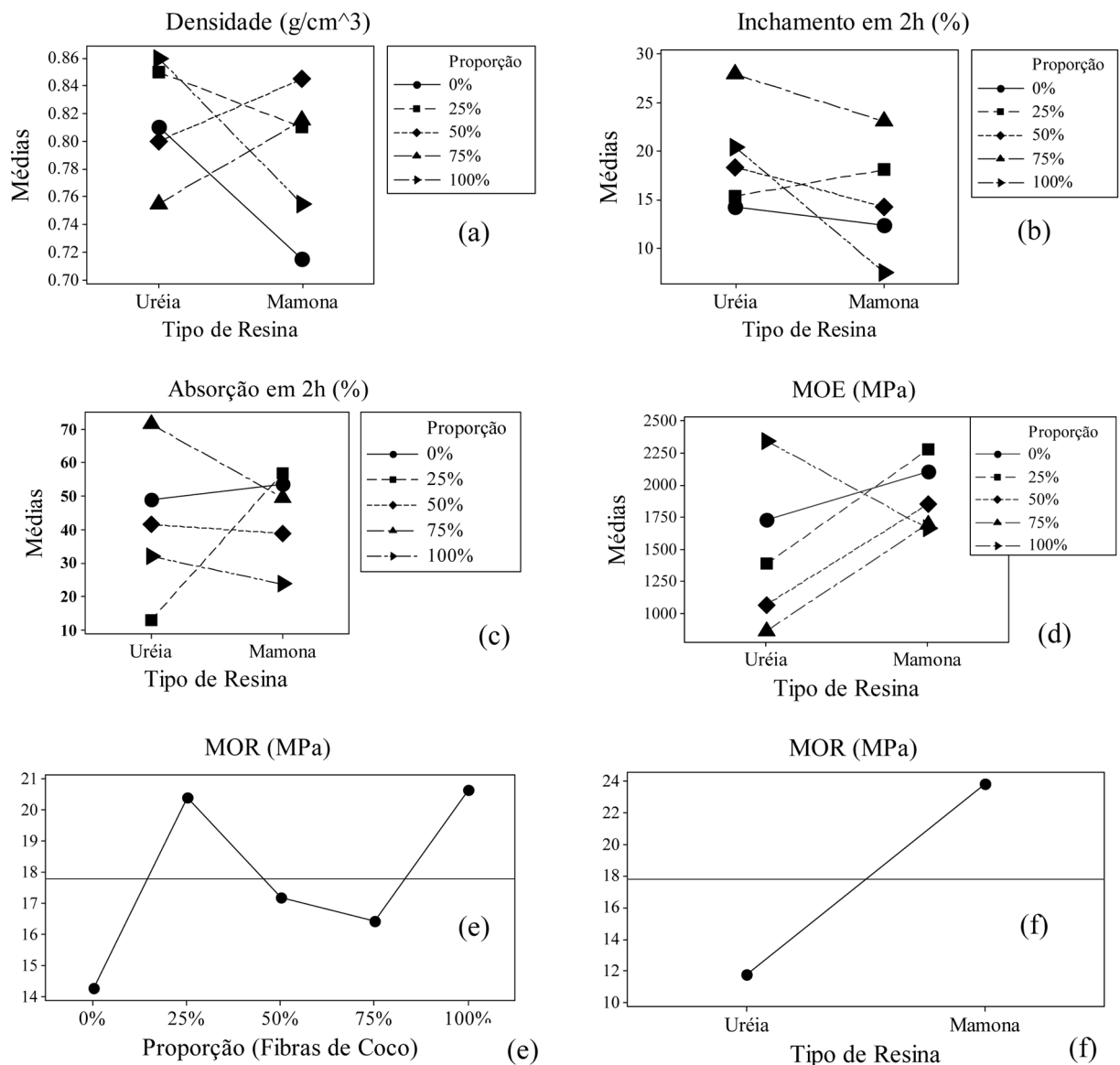


Figura 2. Interação entre fatores (a, b, c, d) e de efeitos principais (e, f).
Figure 2. Interaction between factors (a, b, c, d) and main effects (e, f).

A Tabela 4 apresenta os resultados do teste de Tukey para as variáveis-resposta investigadas. Letras iguais implicam em tratamentos com médias equivalentes. Cabe ressaltar que as médias de cada tratamento foram apresentadas na Tabela 1.

Os menores valores do IE 2h foram provenientes da composição entre 100% de partículas de maravalha de *Pinus spp* com o adesivo PU-mamona (Tabela 2 e Figura 2). Em linhas gerais, a

inclusão de fibra da casca do coco provocou aumento no MOR e IE dos compostos fabricados. No entanto, observa-se que para painéis com 100% de fibra de coco e resina PU-mamona, há uma redução no IE 2h e no MOE. Esse comportamento pode ser explicado pela expansão da resina PU, que ocupa os poros entre as partículas, reduzindo a taxa de absorção de água e consequentemente o inchamento em espessura.

Tabela 4. Resultados do teste de Tukey por variável-resposta.
Table 4. Tukey test results for variables-responses.

	Frações de partículas de casca de coco					Adesivos	
	0%	25%	50%	75%	100%	PU-mamona	Uréia-formaldeído
ρ	C	A	A	AB	B	B	A
IE-2h	C	B	B	A	C	B	A
AA-2h	B	C	C	A	D	B	A
MOR	C	A	B	B	A	A	B
MOE	A	AB	B	C	A	A	B

Os painéis com 25% de fibra da casca de coco e resina PU-mamona foram os que apresentaram melhores resultados para o MOR, quando comparados com os tratamentos de 2 componentes.

Os painéis fabricados com 25% de fibra da casca de coco e adesivo PU-mamona apresentaram valores de MOE que atendem as recomendações mínimas da normativa EN (2003).

As análises de AI foram realizadas para os painéis com resina PU-mamona (T0 a T4). O P-valor referente às composições de partículas de coco com o uso da resina PU-mamona foi inferior a 5%, considerado significativo. A Figura 3 ilustra o gráfico dos efeitos principais sobre a AI e a Tabela 5 o agrupamento pelo teste de Tukey. As proporções 0% e 100% de partículas de coco são apresentadas na sequência de maneira a evidenciar as diferenças nos valores de adesão interna entre os níveis extremos do fator (Figura 3).

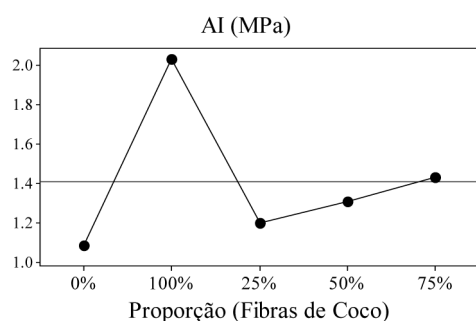


Figura 3. Efeitos principais das proporções em relação à adesão interna.

Figure 3. Main effects of proportions related to internal bonding.

Tabela 5. Resultados do teste de Tukey para a adesão interna.

Table 5. Tukey test results to internal bonding.

	Frações de partículas de casca de coco				
	0%	25%	50%	75%	100%
\bar{x} (MPa)	1,09	1,20	1,31	1,43	2,03
Agrupamento	D	C	B	B	A

\bar{x} - média

O limite estipulado para AI, segundo as normas EN (2003) e ABNT (2006), é de 0,40 MPa. Nesse cenário, todos os painéis avaliados atenderam aos requisitos normativos, e indicando que a resina PU-mamona foi eficaz na colagem das partículas.

Os materiais elaborados com 100% de partículas de maravalha de *Pinus spp* apresentaram em média os menores valores de AI, sendo os maiores oriundos da condição com 100% de partículas de coco. Em linhas gerais, a inclusão progressiva de partículas de coco nos painéis com

partículas de maravalha de *Pinus spp* proporcionou aumentos sucessivos na adesão interna dos compostos produzidos com resina PU-mamona. Esse resultado pode ter relação com a morfologia das partículas de coco, que preenchem os vazios existentes entre as partículas de maravalha e garantem melhores resultados de AI.

CONCLUSÕES

Com base nas informações apresentadas conclui-se:

- a resina PU-mamona apresenta potencial para uso na fabricação de painéis de partículas;
- a inclusão de fibra da casca do verde coco acarretou um aumento no IE-2h, AI e MOR e redução da AA-2h e MOE;
- o tratamento com 25% de fibra da casca do coco verde e 75% de maravalha de *Pinus spp* e resina PU-mamona apresentou valores de propriedades físico-mecânicas que atendem as recomendações mínimas dos documentos normativos, se destacando quando comparado com os outros painéis avaliados;
- os resultados obtidos indicam o potencial de uso dos painéis com fibra de casca do coco verde (25%) e maravalha de *Pinus spp* (75%) aglomerados com resina PU-mamona para aplicações na indústria moveleira e áreas afins.

AGRADECIMENTOS

FAPESP, CNPq, CAPES, FINEP

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS. NBR 14810-3: Chapas de madeira aglomerada, Parte 3: Métodos de Ensaio, terminologia. Rio de Janeiro, 2006.

ASHORIA, A.; NOURBAKHSB, A. Effect of press cycle time and resin content on physical and mechanical properties of particleboard panels made from the underutilized low-quality raw materials. *Industrial Crops and Products*, v. 8, n. 2, p. 225-230, 2008.

BERTOLINI, M. S.; LAHR, F. A. R.; NASCIMENTO, M. E.; AGNELLI, J. A. M. Accelerated artificial aging of particleboards from residues of CCB treated *Pinus sp* and castor oil resin. *Materials Research*, São Carlos, v. 16, n. 2, p. 293-303, 2013.

- BRITO, E. O.; SÁ-ROCHA, J. D.; VIDAURRE, G. B.; BATISTA, D. J.; PASSOS, P. R. A.; MARQUES, L. G. S. Propriedades de chapas produzidas com resíduos do fruto de coco e partículas de pinus. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 11, n. 2, p. 1-6, 2004.
- EN - EUROPEAN STANDARD. EN 312. Particleboards: Specifications. British Standard. English version. Brussels. 2003.
- FIORELLI, J.; SORIANO, J.; ROCCO LAHR, F. A. Roof modular system in wood and particleboard (OSB) to rural construction. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 69, n. 3, p. 189-193, 2012a.
- FIORELLI, J.; CURTOLO, D. D.; BARRERO, N. G.; SAVASTANO JUNIOR, H.; PALLONE, E. M. J. A.; JOHNSON, R. Particulate composite based on coconut fiber and castor oil polyurethane adhesive: An eco-efficient product. **Industrial Crops and Products**, v. 40, p. 69-75, 2012b.
- GIRODSA, P.; DUFOUR, A.; FIERRO, V.; ROGAUME, Y.; ROGAUME, C.; ZOULALIAN, A.; CELZARD, A. Activated carbons prepared from wood particleboard wastes: Characterisation and phenol adsorption capacities. **Journal of Hazardous Materials**, v. 166, n. 1, p. 491-501, 2009.
- GULER, C.; COPUR, Y.; TASCIOGLU, C. The manufacture of particleboards using mixture of peanut hull (*Arachis hypogaea L.*) and European Black pine (*Pinus nigra Arnold*) wood chips. **Bioresource Technology**, Essex, v. 99, n. 8, p. 2893-2897, 2008.
- IWAKIRI, S.; SHIMIZU, J.; SILVA, J. C.; DEL MENEZZI, C. H. S.; PUEHRINGHER, C. A.; VENSON, I.; LARROCA, C. Produção de painéis de madeira aglomerada de *Grevillea robusta* A. Cunn. ex R. Br. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n.6, p. 883-887, 2004.
- KHEDARI, J.; NANKONGNAB, N.; HIRUNLABH, J.; TEEKASAP, S. New low-cost insulation particleboards from mixture of durian peel and coconut coir. **Building and Environment**. Oxford, v. 39, n. 7, p. 59-65, 2004.
- MALONEY, T. M. The family of wood composite materials. **Forest Products Journal**. Madison, v. 46, n. 2, p. 19-26. 1996.
- MARTINS, C. R.; JESUS JUNIOR, L. A. **Evolução da produção de coco no Brasil e o comércio internacional - Panorama 2010**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2011. 28 p. (Documentos, n. 164).
- MENDES, R. F.; MENDES, L. 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.
- PASSOS, P. R. A. **Destinação sustentável de cascas de coco verde (Cocos nucifera)**: obtenção de telhas e chapas de partículas. 2005. 166 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ), Rio de Janeiro, 2005.
- RAMOS, R. D.; CURTOLO, D. D.; SAYAMA, J. T.; FIORELLI, J.; SAVASTANO JUNIOR, H. Fabricação de painéis de partículas à base de madeira da espécie *Pinus spp* e resina poliuretana de óleo de mamona. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 40., 2011, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: SBEA, 2011. v. 1, p. 1-6.
- SILVA, S. A. M.; CHRISTOFORO, A. L.; GONÇALVES, R.; LAHR, F. A. R. Strength properties of medium density fiberboards (MDF) manufactured with *Pinus elliottii* wood and polyurethane resin castor oil based. **International Journal of Composite Materials**, Rosemead, v. 3, n. 1, p. 7-14, 2013.
- SILVA, S. A. M.; CHRISTOFORO, A. L.; RIBEIRO FILHO, S. L. M.; VARANDA, L. D.; LAHR, F. A. R. Particleboard manufactured with bicomponent polyurethane resin castor oil based. **International Journal of Composite Materials**, Rosemead, v. 2, n.6, p. 115-118, 2012.
- YAMAJI, F. M.; BOUDELLE, A. Utilização da serragem na produção de compósitos plástico madeira. **Floresta**, Curitiba, v. 1, n. 39, p. 54-66, 2004.

Recebido em 28/01/2014
Aceito para publicação em 12/11/2014