

III SIRS Simpósio sobre resíduos sólidos

in memoriam ao Prof. Dr. Edson Martins de Aguiar

ANAIS

de 02 a 04 de dezembro de 2013
no Anfiteatro Jorge Caron - campus 1 da USP São Carlos

Informações: www.eesc.usp.br/sirs - contato: simposiors@gmail.com

Realização



Apoio



ArcelorMittal Piracicaba
Aços Longos

ArcelorMittal



Laboratório de Construção Civil
Departamento de Arquitetura e Urbanismo
Escola de Engenharia de São Carlos
Universidade de São Paulo



Superintendência de Gestão Ambiental



Tecumseh



STI
Sociedade de Tecnologia
EESC - USP



FIPAI
FUNDAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DA
RECURSOS E DO APERFEIÇOAMENTO INDUSTRIAL

MINERAÇÃO
JUNDO

PAINÉIS DE PARTÍCULAS CONSTITUÍDOS DE *EUCALYPTUS GRANDIS* E CASCA DE AVEIA: PRODUÇÃO E AVALIAÇÃO TECNOLÓGICA

Luciano Donizeti Varanda ⁽¹⁾ Doutorando em Ciência e Engenharia de Materiais, Escola de engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. e-mail: lu.varanda@sc.usp.br
Av. Trabalhador São-carlense, 400, centro.

Francisco Antonio Rocco Lahr ⁽²⁾ Professor Titular da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. e-mail: frocco@sc.usp.br

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento tecnológico é caracterizado pela procura constante da diminuição das dificuldades, da otimização do tempo e do melhor aproveitamento das fontes de energia, visando o aperfeiçoamento de um produto a partir de suas matérias primas. Neste panorama, a vantagem dos produtos derivados da madeira diz respeito ao aprimoramento das propriedades da madeira maciça, juntamente com a possibilidade de utilização de matérias primas alternativas em sua fabricação. Tais produtos apresentam acentuado crescimento de produção e consumo em todo o mundo, inclusive no Brasil, evidenciado pelo bom desempenho e qualidade apresentados por este material, implicando em sua maior aceitação como produto.

Por sua vez, os painéis à base de madeira merecem destaque no cenário dos produtos derivados da madeira, justamente por ser principal matéria prima de uma gama de indústrias de outros setores madeireiros, como indústrias de móveis, de embalagens e muitos segmentos da construção civil. É pertinente ressaltar, que os setores madeireiros mencionados se encontram numa fase ótima, registrando contínua expansão por estarem sendo impulsionados principalmente pelo bom momento da construção civil brasileira. É plausível destacar, dentre os painéis à base de madeira, o painel de partículas, por ser o mais consumido hoje no mundo. As indústrias de painéis particulados de madeira vêm apresentando uma evolução significativa em termos de produção e inovação tecnológica a partir da década de 1980. No Brasil, o painel de partículas encontra-se em um notável e significativo acréscimo produtivo e, conseqüentemente, num aumento de sua aplicação, além de continuar apresentando perspectivas de crescimento para os próximos anos.

Ao mesmo tempo, as questões de sustentabilidade ambiental muito discutidas nos dias de hoje, requerem soluções que levem em conta as inúmeras possibilidades de reaproveitamento de resíduos sólidos decorrentes da atividade humana. No Brasil,

resíduos da agroindústria estão disponíveis em grande volume e apresentam significativo potencial de emprego. De modo particular, menciona-se a aveia, produto alimentício usualmente consumido no país, responsável por gerar um grande volume de casca, que constitui aproximadamente 30% do peso da aveia. Isso torna factível seu aproveitamento por agregar valor a um material com potencial risco ambiental se não reutilizado.

Em se tratando da produção de painéis à base de madeira, outro fator que merece destaque é a resina utilizada. Tradicionalmente, os painéis à base de madeira são produzidos com resinas à base de formaldeído. Tais resinas apresentam inconveniência quanto à emissão de formaldeído durante a prensagem, tornando seu emprego problemático em países com rigoroso controle ambiental. Com o desenvolvimento da resina poliuretana à base de mamona, surge uma resina alternativa oriunda de recurso natural e renovável. Esta resina é tida como não agressiva ao meio ambiente e ao ser humano, oriunda de tecnologia brasileira.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi produzir em laboratório painéis de partículas constituídos pelos materiais casca de aveia (*Avena sativa*) e resíduos de madeira de *Eucalyptus grandis*. A avaliação tecnológica consistiu na avaliação do desempenho físico-mecânico de tais painéis, aderidos sob pressão com resina poliuretana à base de óleo de mamona.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido no Campus da USP de São Carlos, no Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeiras – LaMEM, pertencente ao Departamento de Engenharia de Estruturas - SET, da Escola de Engenharia de São Carlos - EESC, da Universidade de São Paulo – USP.

Os materiais e equipamentos utilizados neste trabalho foram: madeira de *Eucalyptus grandis*, casca de aveia e a resina poliuretana à base de óleo mamona; picador para a obtenção de partículas; jogo de peneiras para classificação granulometria das partículas; estufa para adequação da umidade das partículas; misturador para realizar a homogeneização das partículas com o adesivo; pré-prensa, sendo um molde para conformação dos painéis de partículas; prensa hidráulica com 800 kN de capacidade para prensagem final dos painéis de partículas.

Os painéis de partículas foram confeccionados, a partir da obtenção das partículas de *Eucalyptus grandis* e casca de aveia nas dimensões desejadas.

Posteriormente a mistura foi levada à prensa (Figura 1) por dez minutos para receber a pressão de 4 MPa a 100°C para a resina poliuretana à base de mamona, e 150°C para a resina uréia formaldeído. Tais parâmetros, bem como as dimensões dos resíduos foram objeto de avaliação por NASCIMENTO (2003) e DIAS (2005).

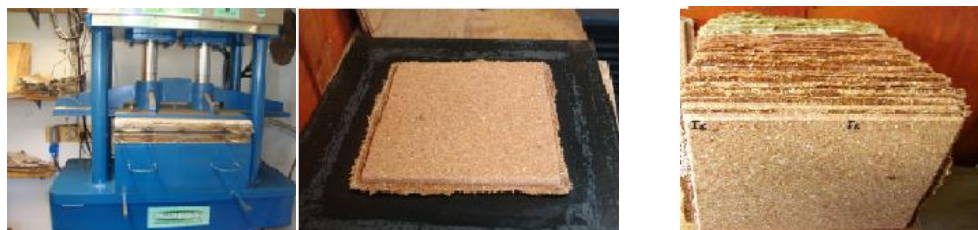


Figura 1: Confeção dos painéis de partículas.

Os painéis produzidos apresentaram espessura nominal de 10 mm e dimensões nominais de 28 x 28 cm. As proporções constituintes foram: 100% *Eucalyptus* (1), 85% *Eucalyptus* - 15% Casca de aveia (2), 70% *Eucalyptus* - 30% Casca de aveia (3) e 100% Casca de aveia (4). As propriedades avaliadas foram: módulo de elasticidade (MOE), módulo de ruptura (MOR) e adesão interna, ou tração perpendicular à superfície do painel e a densidade adotando-se as recomendações do documento normativo brasileiro ABNT NBR 14810:2006-3.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 apresenta os valores médios por condição experimental (CE) das propriedades avaliadas: módulo de elasticidade (MOE), módulo de ruptura (MOR), ambos na flexão estática, adesão interna e densidade dos painéis produzidos.

Tabela 1: Valores médios das propriedades avaliadas.

CE	MOR (MPa)	MOE (MPa)	Adesão Interna (MPa)	Densidade (kg/m ³)
1	18	2349	1,84	950,65
2	18	2366	1,65	940,97
3	20	2342	1,74	946,19
4	24	1942	1,60	1015,92

Observa-se que os módulos de elasticidade sofrem aumentos sutis nas proporções de 70% para 85% em *Eucalyptus grandis*, sendo minorados de 85% para 100%. A adição progressiva de casca de aveia resultou em uma redução do módulo de elasticidade. Autores como Lee e Kang (1998) e Melo et al. (2009) obtiveram resultados

semelhantes ao deste estudo, quanto ao fenômeno da redução do módulo de elasticidade à medida que se aumenta o percentual de adição de outro material (neste caso, a casca de aveia).

Os painéis produzidos possuem alta densidade (acima de 800 kg/m³). As propriedades MOR e adesão interna atendem os requisitos da norma ABNT NBR 14810:2006 (valores mínimos de 18 e 0,40 MPa, respectivamente).

O MOE atendeu aos requisitos da norma europeia BS EN 312:2003 (valor mínimo de 2050 MPa), exceto a condição experimental 4.

A seguir, nas Tabelas 2 e 3, tem-se os resultados obtidos na análise de variância para as propriedades físico-mecânicas avaliadas.

Tabela 2: Análise de variância ANOVA.

Propriedades	P-valor (ANOVA)
MOR	0,013
MOE	0,086
Adesão Interna	0,829
Densidade	0,101

Tabela 3: Teste de Tukey.

	MOR (MPa)			
	100%	85%	70%	0%
	<i>Eucalyptus grandis</i>	<i>Eucalyptus grandis</i>	<i>Eucalyptus grandis</i>	<i>Eucalyptus grandis</i>
\bar{x}	18,17	17,16	19,90	24,52
Grupamentos	B	B	AB	A

Pela análise de variância, observou-se que a proporção de partículas de *Eucalyptus grandis* foi significativa apenas para o MOR, apresentando p-valor $\leq 0,05$.

Os painéis com 100% de casca de aveia apresentaram os maiores valores de MOR. As composições que possuem letras iguais são equivalentes entre si, a um nível de significância de 95%.

CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos conclui-se que os valores médios obtidos para as propriedades físico-mecânicas avaliadas, atenderam aos requisitos estabelecidos por normas nacional e internacional.

Os painéis de partículas produzidos possuem alta densidade (acima de 800 kg/m³) e os painéis confeccionados com 100% de casca de aveia apresentaram os maiores valores da propriedade MOR.

Pela análise de variância, observou que a proporção de partículas de *Eucalyptus grandis* foi significativa apenas para o MOR, apresentando p-valor $\leq 0,05$.

Tais painéis apresentam grande potencial de aplicação industrial (em vários setores da construção civil, como pisos, móveis e divisórias), visto que a incorporação do resíduo casca de aveia não reduziu significativamente as propriedades avaliadas, além de trazer benefícios ao meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2006) – ABNT. NBR14810 2-3. **Chapas de madeira aglomerada**. Rio de Janeiro.

Dias, F. M. (2005). **Aplicação de resina poliuretana à base de mamona na fabricação de painéis de madeira compensada e aglomerada**. 150 p. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais). Universidade de São Paulo, São Carlos.

LEE, H. H.; KANG, C. W. (1998). **Development of rice hull insulation board using urea formaldehyde resin**. v. 26, n. 4, p. 50-55. Mokchae Konghak, China.

MELO, R. R.; SANTINI, E. J.; HASELEIN, C. R.; STANGERLIN, D. M (2009). **Propriedades físico-mecânicas de painéis aglomerados produzidos com diferentes proporções de madeira e casca de arroz**. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 19, n. 4, p. 449-460, out-dez.

NASCIMENTO, M. F. **CHP: Chapas de partículas homogêneas - madeiras do Nordeste do Brasil**. (2003). 143 p. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade de São Paulo, São Carlos.