

Caracterização de painéis de partículas de média densidade feitos com resina poliuretana monocomponente à base de mamona

Characterisation of medium density particleboards made with monocomponent castor oil-based polyurethane resin

Rodrigo Kiyoshi Shirosaki
Tiago Hendrigo de Almeida
Tulio Hallak Panzera
André Luis Christoforo
Francisco Antonio Rocco Lahr

Resumo

Dentre os fatores envolvidos na fabricação dos painéis destaca-se o tipo adesivo, em que o uso de novos pode resultar em boas propriedades aos materiais fabricados. Nesse contexto, esta pesquisa objetivou avaliar propriedades físicas e mecânicas de painéis de partículas fabricados com madeiras de *Pinus* sp. e de *Eucalyptus grandis* e unidas com resina poliuretana monocomponente derivada do óleo de mamona, cujo desenvolvimento desse adesivo vem sendo sistematicamente aperfeiçoado por diversos fabricantes. Foram produzidos dez painéis para cada espécie de madeira, ambos fabricados sobre as mesmas condições experimentais: 640 g de partículas (teor de umidade próximo de 10%), teor de adesivo de 15% sobre a massa de partículas, 10 min de tempo de prensagem a 100 °C sob pressão de 4,0 MPa, consistindo nos mesmos parâmetros utilizados na fabricação de painéis de partículas de outras pesquisas, mas com o uso da resina bicomponente à base de mamona. Os painéis foram caracterizados segundo premissas e métodos de cálculo da norma brasileira NBR 14810-2 (2013), sendo utilizadas também normas internacionais para a verificação do requisitos. Com exceção da resistência ao arrancamento de parafuso, as demais propriedades obtidas superaram os requisitos dos documentos normativos utilizados.

Palavras-chave: Painéis de partícula. Resina monocomponente. Óleo de mamona. *Pinus*. *Eucalyptus*.

Abstract

One of the main factors involved in the manufacture of panels is the adhesive type, in which the use of new adhesives can offer positive properties to the manufactured materials. This research study aimed to evaluate the physical and mechanical properties of particleboard made from Pinus sp. and Eucalyptus grandis wood adhered with monocomponent castor oil-based polyurethane resin, whose development has been systematically improved by several manufacturers. Ten particleboards were produced for each wood species evaluated, both manufactured using the same parameters and under the same experimental conditions: 640g of particles (approximately 10% moisture content), 15% adhesive content based on the particle mass, 10 min press time at 100°C under a pressure of 4.0 MPa, consisting of the same parameters used in the manufacture of particleboards adopted in other research studies, but produced with bicomponent castor oil-based polyurethane resin. The panels were characterized according to the assumptions and methods of calculation specified in the Brazilian standard NBR 14810-2 (2013), using also the international standards for the verification of the requirements. With the exception of the screw pulling strength, the other properties obtained exceeded the requirements of the normative standards used.

Keywords: Particleboards. Monocomponent resin. Castor oil-based. *Pinus*. *Eucalyptus*.

¹Rodrigo Kiyoshi Shirosaki

¹Universidade Federal de São Carlos
São Carlos - SP - Brasil

²Tiago Hendrigo de Almeida

²Universidade de São Paulo
São Carlos - SP - Brasil

³Tulio Hallak Panzera

³Universidade Federal de São João
Del-Rei
São João del Rei - MG - Brasil

⁴André Luis Christoforo

⁴Universidade Federal de São Carlos.
E-mail: christoforoal@yahoo.com.br

⁵Francisco Antonio Rocco Lahr

⁵Universidade de São Paulo
São Carlos - SP - Brasil

Recebido em 14/03/17

Aceito em 01/04/18

Introdução

O plantio de florestas foi muito incentivado na década de 1970, permitindo a exploração e expansão do estoque de madeira proveniente de reflorestamento (FERREIRA, 1992). O Eucalipto e o Pinus foram os gêneros que melhor se adaptaram, desde então se investiu muito na pesquisa para aprimorar seu plantio. Nesse contexto, a grande produtividade consolidou a utilização comercial de madeira originadas de pinus e eucalipto, embora exista o plantio de outras espécies de árvores. Em 2014, a área de florestas plantadas era de mais de nove milhões de hectares, sendo 74,2% de eucalipto e 21,9% de pinus (INSTITUTO..., 2016). Por isso, o melhor aproveitamento desses dois gêneros como matéria-prima de produtos derivados da madeira é essencial.

Os painéis de partículas são extremamente interessantes do ponto de vista sustentável, visto que existe a possibilidade de produzi-los com resíduos de madeira processada. Dados levantados pela Pesquisa Industrial Anual-Produto, realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (INSTITUTO..., 2016) revelam um montante de mais de 1,9 milhão de toneladas de resíduos de madeira produzidos anualmente no país, uma quantidade expressiva que pode ser reduzida com sua utilização na produção de produtos engenheirados da madeira, como o painel de partículas.

No Brasil, a madeira é utilizada principalmente pelos setores da construção civil e de mobiliário, sendo os principais responsáveis pela evolução tecnológica das chapas de particulados (MENDES *et al.*, 2010). O processo de produção do painel envolve, além dos resíduos da madeira, a aplicação de uma resina sintética ou natural para garantir a fixação entre as partículas, sendo posteriormente prensadas sob pressão e temperatura por tempo determinado (ALVES *et al.*, 2014).

As resinas apresentam grande importância na produção das chapas aglomeradas por fornecerem diferentes propriedades físico-mecânicas conforme seu tipo e concentração (IWAKIRI *et al.*, 2005; FERRO *et al.*, 2014). Na indústria de produção de produtos derivados da madeira, a resina mais comumente utilizada é a ureia-formaldeído. Isso se deve a seu baixo custo, alta velocidade de cura, pouco desenvolvimento de cor e resistência a chama (LESSMANN, 2008). Entretanto, a emissão de formol, um gás tóxico, na etapa de prensagem (FIORELLI *et al.*, 2014), é um dos fatores que incentivam a busca por novas alternativas menos agressivas à saúde e ao meio ambiente.

Atualmente existem outros adesivos livres de emissão de gases nocivos e biodegradáveis, como é o caso da resina poliuretana à base de mamona. Essa resina possui vantagens como a possibilidade de manipulação em temperatura ambiente, resistência à ação da água e raios ultravioletas e grande resistência mecânica, além de ser produzida com um recurso natural renovável (CHRISTOFORO *et al.*, 2016).

Pela elevada produção das madeiras de *Pinus* e de *Eucalyptus* no país, o que implica um considerável volume de resíduos provenientes das serrarias, este trabalho objetivou fabricar e caracterizar painéis de partícula de média densidade com o uso da resina monocomponente à base de óleo de mamona fabricada pela Plural Química Ltda. Diferente da usual resina bicomponente à base de mamona, esse adesivo não necessita passar por uma mistura no momento da fabricação dos painéis, o que facilita a produção. Por se tratar de um composto novo, até agora eram desconhecidas as propriedades físicas e mecânicas de chapas aglomeradas fabricadas com esse adesivo.

Material e métodos

A parte experimental desta pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeira (LaMEM) pertencente ao Departamento de Engenharia de Estruturas (SET), da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC), da Universidade de São Paulo (USP).

Foram utilizadas partículas provenientes do processamento da madeira de *Pinus* sp. e de *Eucalyptus grandis*, com dimensões variando entre 0,8 mm e 2,8 mm e com teor de umidade próximo de 10% (NASCIMENTO *et al.*, 2016; VARANDA *et al.*, 2014). A resina monocomponente foi fabricada e fornecida pela empresa Plural Química Ltda., de São Carlos, SP. Esse adesivo é composto de um poliálcool derivado do óleo de mamona com densidade de 1,2 g/cm³ e de um isocianato di de densidade 1,24 g/cm³.

Foram produzidos dois tipos de painéis, cada qual com uma espécie de madeira (Figuras 1d e 1e) sob os mesmos parâmetros de produção. A confecção das chapas inicia-se após a pesagem das partículas [640 g] e do adesivo [15% - com base na massa de partículas] (BERTOLINI *et al.*, 2013; NASCIMENTO *et al.*, 2016), seguindo para a homogeneização da mistura através do processamento em uma batadeira orbital (Figura 1a). A mistura foi então levada a uma prensa mecânica para a formação do colchão (Figura 1b) através de uma pré-prensagem à temperatura

ambiente com 0,01 Mpa de compactação para a posterior compactação final (Figura 1c), a uma temperatura de 100 °C e 4,0 MPa de pressão durante 10 minutos, parâmetros de fabricação semelhantes aos utilizados por Bertolini *et al.* (2014), Varanda *et al.* (2014) e Nascimento *et al.* (2016).

O produto final consistiu em painéis com dimensões de 28 cm × 28 cm e espessura nominal de 1 cm. No total foram feitas 20 chapas, 10 de partículas de *Pinus sp.* (nomeados painéis A) e 10 de *Eucalyptus grandis* (nomeados painéis B), o que resultou na obtenção de dez determinações por propriedade, número de amostras compatível com o número de amostras consideradas nas pesquisas de Nascimento *et al.* (2016) e Varanda *et al.* (2014). De modo a garantir a cura total da resina antes da realização dos ensaios, as chapas repousaram por um período de 72 horas depois da prensagem.

As propriedades físicas e mecânicas avaliadas na pesquisa foram o inchamento em espessura após 24 horas de imersão em água (IE), módulo de elasticidade (MOE) e módulo de ruptura (MOR) na flexão estática, adesão interna (AI) e arrancamento de parafuso de face (APS) e de topo (APT). Tais propriedades foram obtidas segundo as premissas e os métodos de cálculo da norma brasileira NBR

14810-2 (ABNT, 2013a). A viabilidade do uso dos painéis fabricados foi avaliada segundo os requisitos da referida norma e também dos documentos normativos internacionais ANSI A208.1 (AMERICAN..., 1999), CS 236-66 (COMMERCIAL..., 1986) e EN 312 (2003).

A densidade dos painéis foi obtida da razão entre a massa das amostras pelos seus respectivos volumes, e o inchamento em espessura após 24 horas de imersão em água foi calculado com o uso da Equação 1, em que E_1 e E_0 consistem nas espessuras (mm) da amostra após e antes do período de imersão em água, respectivamente, sendo as dimensões nominais das amostras para a obtenção dessas duas propriedades iguais a 50 mm × 50 mm × 10 mm.

$$IE = \frac{E_1 - E_0}{E_0} \cdot 100 (\%) \quad \text{Eq. 1}$$

O MOE (Equação 2) e o MOR (Equação 3) foram obtidos de acordo com o modelo estrutural de flexão estática a três pontos.

$$MOE = \frac{P_l \cdot D^3}{4 \cdot \delta \cdot B \cdot E^3} \quad \text{Eq. 2}$$

$$MOR = \frac{3 \cdot P \cdot D}{2 \cdot B \cdot E^2} \quad \text{Eq. 3}$$

Figura 1 - Homogeneização (a), formação do colchão (b), prensagem (c), painel de partículas de *Pinus* (d) e de *Eucalyptus* (e)



Das Equações 2 e 3, P_1 e δ consistem na força e no respectivo deslocamento associado ao limite de proporcionalidade, P é o valor da força de ruptura do corpo de prova de largura B e espessura E , e D é a distância entre os suportes, sendo as dimensões nominais dos corpos de prova de 250 mm de comprimento por 50 mm de largura e 10 mm de espessura. Cabe destacar que as chapas fabricadas (28 cm \times 28 cm \times 1 cm) são consideradas estruturalmente como elementos bidimensionais, entretanto os corpos de prova (25 cm \times 5 cm \times 1 cm) extraídos para os ensaios de flexão são considerados simplificados como elementos de barra pela norma brasileira NBR 14810-2 (ABNT, 2013a), que adota o modelo de viga Bernoulli para a determinação do módulo de elasticidade e da resistência na flexão estática dos compósitos.

A adesão interna dos painéis foi calculada com o uso da Equação 4, sendo P a força máxima obtida no ensaio pela área superficial S (50 mm \times 50 mm - nominal) da amostra (espessura nominal de 10 mm), cabendo destacar que na resistência ao arrancamento de parafuso, a dimensão nominal da amostra é 150 mm \times 75 mm (medidas da face) por 10 mm (topo).

$$AI = \frac{P}{S} \quad \text{Eq. 4}$$

O teste de Tukey, ao nível de 5% de significância, foi utilizado para investigar a influência do fator espécie (*Pinus* sp., *Eucalyptus grandis*) nas propriedades físicas e mecânicas dos materiais fabricados, possibilitando identificar a espécie de madeira que forneceu o melhor desempenho em uma determinada propriedade. No teste de Tukey, A denota o grupo associado ao maior valor médio da propriedade, B o de segundo maior valor médio e assim sucessivamente, e letras iguais implicam equivalência das médias dos níveis do fator.

Resultados e discussão

A Tabela 1 apresenta os valores médios e os coeficientes de variação (%) das propriedades físicas e mecânicas obtidas dos painéis de partículas, os resultados do teste de Tukey (5% de significância) assim como os requisitos estipulados pelos documentos normativos utilizados e os resultados de algumas propriedades de painéis de partículas provenientes de pesquisas correlatas. Cabe destacar que a norma brasileira divide os painéis de partículas de média densidade conforme

sua finalidade e ambiente de uso. Ao todo são sete tipos de painéis para variadas combinações de uso. Escolheu-se apresentar na Tabela 1 os requisitos para as condições mais severas [Tipo P7] (ALVES *et al.*, 2014).

Do teste de Tukey, a densidade e o módulo de ruptura na flexão estática foram considerados com médias estatisticamente equivalentes, o que revela não ser significativa a espécie de madeira nessas duas propriedades. O inchamento em espessura dos painéis fabricados com madeira de *Pinus* foi superior ao IE dos painéis feitos com madeira de *Eucalyptus*, no módulo de elasticidade na flexão estática e na adesão interna notou-se desempenho superior significativo dos materiais feitos com madeira de *Eucalyptus*, e desempenho superior dos painéis elaborados com madeira de *Pinus* na resistência ao arrancamento de parafuso, resultados esses associados à espécie de madeira e sua respectiva interação com a resina (ALVES *et al.*, 2014).

Os resultados revelam que ambos os painéis atendem aos requisitos normativos nacionais e ao europeu EN 312 (EUROPEAN..., 2003). Entretanto, comparando as características dos painéis às normas ANSI A208.1 (AMERICAN..., 1999) e CS 236-66 (COMMERCIAL..., 1986), verifica-se um desempenho menor ao exigido referente à resistência ao arrancamento de parafuso, com exceção do painel de *Pinus* para o arrancamento de topo.

Nota-se também o não cumprimento da propriedade de inchamento em espessura (IE) segundo a norma americana, mas que atende ao requisito da norma brasileira. Contudo, percebe-se uma boa performance dos painéis ao se analisar o MOE, MOR e a AI, atendendo a todos os documentos normativos.

Cabe destacar que o módulo de elasticidade na flexão estática dos painéis feitos com madeira de *Eucalyptus* foram 17% e 71% superiores aos requisitos das normas NBR 14810 (ABNT, 2013a, 2013b) e EN 312 (EUROPEAN..., 2003), respectivamente. O módulo de ruptura na flexão estática dos painéis feitos com madeira de *Pinus* foram 70% e 134% superiores aos requisitos das normas NBR 14810 (ABNT, 2013a, 2013b) e EN 312 (EUROPEAN..., 2003), respectivamente, e a adesão interna dos painéis feitos com madeira de *Eucalyptus* foram 5,58 e 2,34 vezes superiores aos requisitos das normas NBR 14810 (ABNT, 2013a, 2013b) e EN 312 (EUROPEAN..., 2003), respectivamente.

Tabela 1 - Resultados das propriedades dos painéis fabricados, dos requisitos de normas e de algumas pesquisas correlatas

Painel	Densidade (g/cm ³)	IE (%)	MOE (MPa)	MOR (MPa)	AI (MPa)	AP _s (N)	AP _T (N)
<i>Pinus</i>	0,96A (5,63%)	8,49 A(26,72%)	3464 B(21,36%)	37,43 A(28,22%)	2,17 B(31,13%)	1422,0 A (34,78%)	1732,6 A (36,17%)
<i>Eucalyptus</i>	1,04A (4,22%)	5,83 B(32,54)	3925A (19,78%)	34,60 A(23,21%)	4,19 A(25,49%)	1054,3 B (31,33%)	1242,2 B (33,63%)
Requisitos							
Normas	Densidade (g/cm ³)	IE máx (%)	MOE (MPa)	MOR (MPa)	AI (MPa)	AP _s (N)	AP _T (N)
NBR 14810 (ABNT, 2013a, 2013b)	-	10	3350	22	0,75	-	-
ANSI A208.1 (AMERICAN..., 1999)	> 0,8	8	2400	16,5	0,9	1800	1325
CS 236-66 (COMMERCIAL..., 1986)	> 0,8	55	2450	16,8	1,4	2041,2	-
EN 312 (EUROPEAN..., 2003)	-	16	2300	16	0,4	-	-
Literatura - <i>Pinus</i>							
Bertolini <i>et al.</i> (2013)		8,37	2911	29	1,71	1483	2488
Paes <i>et al.</i> (2011)	-	-	1636,38	14,42	1,72	-	-
Literatura - <i>Eucalyptus</i>							
Rios <i>et al.</i> (2015)	0,734	11,3	2760,03	18,28	0,45	-	-
Varanda <i>et al.</i> (2014)	0,93	-	2982	24,1	2,5	1200	2350

Ao comparar com a literatura consultada utilizando madeira de *Pinus* tratada com preservante CCB as propriedades obtidas da pesquisa de Bertolini *et al.* (2013) para painéis fabricados com 15% de adesivo (Tabela 1), com exceção da resistência ao arrancamento de parafuso, as demais propriedades dos painéis foram inferiores às propriedades dos painéis aqui desenvolvidos. É importante destacar a presença do CCB nas partículas, gerando uma coesão maior entre as elas e explicando a melhor performance da propriedade de resistência ao arrancamento de parafuso.

Paes *et al.* (2011) fabricaram chapas utilizando 16% de adesivo bicomponente à base de mamona e partículas de *Pinus elliottii*, as quais também resultaram em propriedades inferiores às obtidas na presente pesquisa (Tabela 1).

Varanda *et al.* (2014) produziram chapas com 14% de resina poliuretana bicomponente à base de

mamona e partículas de madeira de *Eucalyptus grandis*. Com exceção da resistência ao arrancamento de parafuso, os resultados obtidos das demais propriedades provenientes da pesquisa de Varanda *et al.* (2014) foram inferiores aos resultados dos painéis do presente trabalho (Tabela 1).

Rios *et al.* (2015) elaboraram e caracterizaram painéis de partícula feitos com resíduos de galhos secos de madeira de *Araucaria angustifolia* e *Eucalyptus grandis*, resina ureia-formaldeído (12% sobre a massa seca de partículas) e com adição de 1% de parafina. Os autores obtiveram propriedades inferiores às propriedades obtidas desse trabalho, justificadas também pela menor concentração de adesivo utilizada pelos pesquisadores (Tabela 1).

Ao analisar o módulo de elasticidade e a resistência na flexão estática obtidos para ambos os painéis produzidos na presente pesquisa, verificou-se a

possibilidade de comparação desses valores com os requisitos de painéis de lascas orientadas (OSB), as quais têm função estrutural e conseqüentemente são mais solicitadas mecanicamente.

A norma europeia EN 310 (EUROPEAN..., 2006) classifica os painéis OSB em 4 tipos (OSB/1, OSB/2, OSB/3 e OSB/4), sendo o OSB/4 com exigências mais rigorosas e o OSB/1 com menor exigência. Os requisitos para as propriedades mecânicas e de inchamento para o painel tipo OSB/3 são: 22 MPa para o módulo de ruptura na flexão estática (MOR), 3.500 MPa para o módulo de elasticidade na flexão estática (MOE), 0,34 MPa para a adesão interna (AI) e 15% para o inchamento em espessura após 24 horas (IE). Foi observado que os painéis produzidos com a resina monocomponente à base de mamona desse trabalho atendem aos requisitos da norma EN 310 (EUROPEAN..., 2006) [painéis do tipo OSB/3], com um pequeno déficit de apenas 36 MPa no MOE para o painel de *Pinus*, o que evidencia a potencialidade de uso dos painéis de partículas desenvolvidos com o uso da resina monocomponente à base de mamona juntamente com as partículas de madeira de *Pinus* e de *Eucalyptus*.

Conclusões

Considerando os resultados obtidos neste trabalho, fica claro o ótimo desempenho mecânico do painel aglomerado fabricado com a nova resina monocomponente à base de mamona produzida pela empresa Plural Química Ltda., e que a espécie de madeira foi significativa em boa parte das propriedades físicas e mecânicas investigadas.

Ao se comparar os valores do módulo de elasticidade (MOE) e da resistência na flexão estática (MOR) dos painéis fabricados desta pesquisa com os resultados do MOE e do MOR provenientes dos trabalhos correlatos e normas citadas, é notável a superioridade dos painéis aqui desenvolvidos. As únicas propriedades com desempenho inferior às normas foram o arrancamento de parafuso de topo e face. Contudo, o atendimento de requisitos elaborados para painéis OSB mostra um comportamento promissor para a elaboração de materiais feitos com a resina monocomponente onde a solicitação mecânica é elevada. Os painéis fabricados nesse trabalho podem ser classificados como Tipo P7 (estrutural para uso em condições severas de carga, em ambientes úmidos) segundo a norma NBR 14810 (ABNT, 2013a, 2013b), e com propriedades suficientes para enquadrar-se na classificação de OSB/3 pela norma EN 310 (EUROPEAN..., 2006).

O adesivo monocomponente foi o principal agente responsável pelo excelente desempenho mecânico (MOE, MOR e AI) dos painéis frente ao uso da resina poliuretana bicomponente à base de mamona. O tratamento das partículas com preservante CCB, como discutido na literatura, pode melhorar as propriedades dos painéis, permitindo assim uma redução no teor de adesivo (15%) utilizado nessa pesquisa e fornecendo ainda resultados equivalentes, e que consiste no foco de pesquisa futura.

Referências

- ALVES, L. S. *et al.* Study of the Feasibility of mix of Species from Sawmill Waste and Limiting for Particleboard. **International Journal of Composite Materials**, v. 4, p. 30-37, 2014.
- AMERICAN NATIONAL STANDARD. A208.1. **Particleboard**. Gaithersburg, 1999.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14810-1**: chapas de madeira aglomerada: parte 1. Rio de Janeiro, 2013b.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14810-2**: chapas de madeira aglomerada: parte 2. Rio de Janeiro, 2013a.
- BERTOLINI, M. S. *et al.* Accelerated Artificial Aging of Particleboards From Residues of CCB Treated *Pinus* sp. and Castor Oil Resin. **Materials Research**, São Carlos, v. 16, p. 293-303, 2013.
- BERTOLINI, M. S. *et al.* Painéis de Partículas PROVENIENTES de Rejeitos de *Pinus* sp. Tratado Com preservante CCA e Resina Derivada de Biomassa. **Revista Árvore**, v. 38, p. 339-346, 2014.
- CHRISTOFORO, A. L. *et al.* Homogeneous *Pinus* sp. Particleboards Reinforced With Laminated Composite Materials. **Engenharia Agrícola**, v. 36, p. 558-565, 2016.
- COMMERCIAL STANDARD. **CS 236-66**: mat formed wood particleboard. 1986.
- EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 312**: particleboards: specifications. Lisboa, 2003.
- EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 310: Oriented Strand Boards (OSB)**: definitions, classification and specifications. Lisboa, 2006.
- FERREIRA, M. Melhoramento e a Silvicultura Intensiva Clonal. **IPEF**, v. 45, p. 22-30, jan./dez.1992.

FERRO, F. S. *et al.* Influence of Proportion Polyol/Pre-Polymer Castor-Oil Resin Components in Static Bending Properties of Particleboards Produced with Pinus sp. **Advanced Materials Research**, v. 884/885, p. 667-670, 2014.

FIORELLI, J. *et al.* Painéis de Partículas Com Resíduos de Madeira de Reflorestamento. **Acta Scientiarum**, v. 36, n. 2, p. 251-256, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura**. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/pevs/default.asp>. Acesso em: 5 out. 2016.

IWAKIRI, S. *et al.* Produção de Painéis de Madeira Aglomerada de Alta Densificação Com Diferentes Tipos de Resinas. **Scientia Forestalis**, v. 68, p. 39-43, 2005.

LESSMANN, V. E. **Estudo da Reação de Cura de Resinas Uréia-Formol Por Espectrometria de Ressonância Magnética Nuclear**. Curitiba, 2008. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

MENDES, R. F. *et al.* Painéis Aglomerados Produzidos Com Bagaço de Cana em Associação Com Madeira de Eucalipto. **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 86, p. 285-295, 2010.

NASCIMENTO, M. F. *et al.* Painéis de Partículas Homogêneas Fabricados Com Resíduos Lignocelulósicos e Resina Alternativa Para Aplicação em Pisos. **Scientia Forestalis**, v. 44, n. 112, 2016.

PAES, J. B. *et al.* Qualidade de Chapas de Partículas de *Pinus elliottii* Coladas Com Resina Poliuretana Sob Diferentes Combinações de Pressão e Temperatura. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 3, p. 551-558, 2011.

RIOS, P. D. *et al.* Avaliação Física e Mecânica de Painéis Reconstituídos Compostos Por Partículas de Galhos Secos de Araucaria Angustifolia (Bertol.) Kuntze e Madeira de Eucalyptus Grandis Hill ex Maiden. **Scientia Forestalis**, v. 43, n. 106, p. 283-289, 2015.

VARANDA, L. D. *et al.* Evaluation of Modulus of Elasticity in Static Bending of Particleboards Manufactured With Eucalyptus Grandis Wood and Oat Hulls. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 36, p. 405-411, 2014.

Rodrigo Kiyoshi Shirosaki

Departamento de Engenharia Civil | Universidade Federal de São Carlos | Rodovia Washington Luis, km 235, SP-310 | São Carlos - SP - Brasil | CEP 36307-352 | Tel.: (16) 3351-8262 | E-mail: rodrigoshirosaki@gmail.com

Tiago Hendrigo de Almeida

Escola de Engenharia de São Carlos | Universidade de São Paulo | Av. Trabalhador Sancarlense, 400, Parque Arnold Schimidt | São Carlos - SP - Brasil | CEP 13566-590 | Tel.: (15) 99606-7897 | E-mail: tiago.hendrigo@gmail.com

Tulio Hallak Panzera

Departamento de Engenharia Mecânica | Universidade Federal de São João Del-Rei | Praça Frei Orlando, 170, Centro | São João del Rei - MG - Brasil | CEP 36307-352 | Tel.: (032) 3379-5881 | E-mail: tuliopanzera@hotmail.com

André Luis Christoforo

Departamento de Engenharia Civil | Universidade Federal de São Carlos | E-mail: christoforoal@yahoo.com.br

Francisco Antonio Rocco Lahr

Escola de Engenharia de São Carlos | Universidade de São Paulo | Tel.: (16) 3373-8206 | E-mail: frocco@sc.usp.br

Revista Ambiente Construído

Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Av. Osvaldo Aranha, 99 - 3º andar, Centro

Porto Alegre - RS - Brasil

CEP 90035-190

Telefone: +55 (51) 3308-4084

Fax: +55 (51) 3308-4054

www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido

E-mail: ambienteconstruido@ufrgs.br



This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License.