



Acta Scientiarum. Technology

ISSN: 1806-2563

eduem@uem.br

Universidade Estadual de Maringá
Brasil

Fiorelli, Juliano; Rocco Lahar, Francisco Antonio; do Nascimento, Maria Fátima; Junior, Holmer
Savastano; Rossignolo, João Adriano
Painéis de partículas à base de bagaço de cana e resina de mamona - produção e propriedades
Acta Scientiarum. Technology, vol. 33, núm. 4, 2011, pp. 401-406
Universidade Estadual de Maringá
Maringá, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303226533008>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica
Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Painéis de partículas à base de bagaço de cana e resina de mamona – produção e propriedades

Juliano Fiorelli^{1*}, Francisco Antonio Rocco Lahar², Maria Fátima do Nascimento², Holmer Savastano Junior¹ e João Adriano Rossignolo¹

¹Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Av. Duque de Caxias Norte, 225, 13635-900, Pirassununga, São Paulo, Brasil. ²Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: juliano.fiorelli@usp.br

RESUMO. Este trabalho apresenta um estudo do potencial de utilização do bagaço de cana-de-açúcar para fabricação de painéis de partículas aglomeradas utilizando resina poliuretana à base de óleo de mamona. A qualidade dos produtos foi avaliada com base nas prescrições do documento normativo NBR 14810 (ABNT, 2006b), com a determinação da densidade, do inchamento, da absorção, do Módulo de Elasticidade (MOE) e Módulo de Ruptura (MOR) na flexão estática. Após análise dos resultados, os painéis avaliados apresentaram densidade média de 0,93 g cm⁻³, MOR e MOE médios 24,4 e 2432 MPa, sendo classificados, segundo os indicativos da norma ANSI A208.1 (1993), como material de alta densidade, recomendado para uso industrial. A resina à base de óleo de mamona mostrou-se eficiente como matriz polimérica para fabricação de compósito à base de bagaço de cana-de-açúcar.

Palavras-chave: subprodutos agrícolas, sustentabilidade, painéis.

ABSTRACT. Particleboards of sugar cane bagasse and castor oil resin – production and properties. Here we present a study of the potential use of agro-industry residues (sugar cane bagasse) in order to add value to these materials through the manufacture of particle boards and evaluation of the physical and mechanical performance. For this, we used polyurethane monocomponent and bicomponent resin based on castor oil. The quality of the products was evaluated based on the requirements of normative documents NBR 14810 (ABNT, 2006b), with determination of the density, swelling, absorption, elasticity modulus (MOE) and strength in static bending (MOR). After analyzing the results, the panels presented average density 0.93 g cm⁻³, average MOR and MOE 24.4 and 2432 MPa, respectively, being classified according to the indicative of the ANSI A208.1 (1993), as material of high density, recommended for industrial use. The resin based on castor oil was efficient as a matrix polymer for making composites based on sugar cane bagasse.

Keywords: agro-industry residues, sustainability, boards.

Introdução

A tendência contemporânea tem sido caracterizada pela generalização do conceito de globalização econômica entre nações do mundo todo. Nela se experimenta a associação de países com interesses comuns em garantir a manutenção dos mercados e buscar sua expansão em um cenário fortemente marcado pela competitividade e pela necessidade de alcançar soluções inovadoras para os mais variados problemas. O Brasil tem buscado opções para aumentar a atividade econômica, e uma das alternativas é o incentivo ao desenvolvimento de políticas no setor agrícola.

O Centro Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD) define o desenvolvimento sustentável como um processo de

transformação, no qual a exploração de recursos, o direcionamento de investimentos e a orientação do avanço tecnológico se harmonizam e reforçam o potencial presente e futuro, a fim de atender às necessidades da sociedade (NASCIMENTO, 2003).

O setor agroindustrial depende direta ou indiretamente do ambiente como fonte de matérias-primas para o seu desenvolvimento, bem como da utilização de alguns locais para “área de despejo” de seus subprodutos e resíduos gerados durante os ciclos produtivos. A eliminação de resíduos, uma vez quantificados, controlados e tratados, torna-se facilmente passível de depuração pelo ambiente em determinado tempo. Caso contrário, esse processo pode levar milhares de anos ou, até mesmo, deixar de ocorrer, pela ausência de mecanismos específicos na natureza.

A tecnologia de produção de painéis de partículas aglomeradas desenvolveu-se principalmente após a Segunda Guerra Mundial, em função da escassez da matéria-prima e, também, pela necessidade de reduzir perdas ocorridas tanto na indústria madeireira como na exploração florestal. No Brasil, a produção de painéis de madeira aglomerada teve início em 1966 (MENDES et al., 2003). Esses painéis são geralmente fabricados a partir de partículas de madeira aglutinadas por 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).

A princípio, esses painéis também podem ser fabricados a partir de qualquer outro material lignocelulósico que lhes confira alta resistência mecânica e peso específico pré-estabelecido, já que a composição química dos materiais lignocelulósicos é semelhante à da madeira, mais precisamente com a das madeiras duras que contêm menor teor de lignina e maior teor de hemiceluloses do tipo pentosanas (ROWELL et al., 2000).

Segundo Carashi et al. (2008), os materiais lignocelulósicos provenientes de subprodutos agroindustriais vêm sendo utilizados com sucesso na fabricação de painéis, sendo possível destacar a casca de arroz, folhas de bambu e também o bagaço de cana-de-açúcar.

Em relação à cultura da cana-de-açúcar, o Brasil se enquadra como o principal produtor mundial, com o equivalente a 7,7 milhões de hectares plantados, representando 3,5% da área agricultável do país, no qual, os Estados do Centro-Sul movimentam cerca de 70% da produção (CONAB, 2009). Observa-se uma expansão significativa na quantidade de bagaço de cana-de-açúcar produzido. Somente no Estado de São Paulo são gerados aproximadamente 90 milhões de toneladas desse subproduto por ano. Deste montante, 60% são queimados para fornecer calor em forma de energia para operação das usinas e 40% descartados (CONAB, 2009).

A queima para produção de energia, a partir do bagaço da cana-de-açúcar, ocorre no processo de produção da usina. O subproduto é levado por uma esteira até a caldeira, que realiza a queima. Depois de passar pelas turbinas e geradores, o vapor produzido na queima gera a energia elétrica (DANTAS FILHO, 2008).

Entretanto, a queima do bagaço de cana-de-açúcar não agrega valor ao material. Assim, num país em que se têm, aproximadamente, 2.300 ha cultivados com cana-de-açúcar, faz-se necessário o desenvolvimento de novas pesquisas e técnicas que proporcionem destino sustentável ao montante dos

subprodutos oriundos dessa plantação.

Okino et al. (1997) determinaram a resistência físico-mecânica de chapas aglomeradas de bagaço de cana-de-açúcar modificado quimicamente por meio da reação de acetilação. Os painéis foram confeccionados com resina ureia-formaldeído a uma taxa de 8 a 12% de sólidos resinosos, baseados no peso seco das partículas. Os resultados obtidos indicam valores de propriedades mecânicas (MOR e MOE) inferiores àqueles recomendados pela norma DIN 68761 (GSC, 1967).

Contreras et al. (2006) verificaram a possibilidade de fabricação de painéis de partículas à base de cana brava (*Gynerium sagittatum*) e adesivo fenol-formaldeído (FF) nas proporções de 10 e 13%. Pelos resultados encontrados de propriedades físico-mecânicas, foram identificados painéis com densidade média de $0,65 \text{ g cm}^{-3}$, MOR de 18 MPa e resistência à tração perpendicular de 0,35 MPa, atendendo às especificações do documento normativo COVENIN 847 (NVC, 1991).

Silva et al. (2008) consideraram o emprego do bagaço da cana-de-açúcar e resina cascomel M 08 ME, como matriz polimérica, na fabricação de painéis de partículas longas e orientadas, semelhante ao OSB. Nesse trabalho, foi mantida fixa a pressão de prensagem (5 MPa), a porcentagem de resina (10%) e a temperatura de prensagem variou entre 90 e 130°C. Resultados obtidos indicam que os painéis estudados apresentaram comportamento físico-mecânico que permitem sua comparação com painéis OSB comerciais, e possibilitam sua indicação para usos análogos a tais produtos.

Battistelle et al. (2009) avaliaram a possibilidade de produção de painéis de partículas a partir de fibras das folhas caulinares do bambu (*Dendrocalamus giganteus*) e do bagaço da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) e resina ureia, como matriz polimérica. Os resultados indicaram que o bagaço da cana-de-açúcar apresenta bom potencial para a produção de painéis de partículas, com propriedades físico-mecânicas que atendem aos requisitos dos documentos normativos internacionais, com restrição de aplicação estrutural.

Pelas informações apresentadas, identifica-se que vários trabalhos foram realizados com a possibilidade de utilização de bagaço de cana para confecção de painéis de partículas. Nota-se, no entanto, a homogeneidade no adesivo utilizado à base de ureia-formaldeído e fenol-formaldeído. No entanto, existe uma tendência mundial para o uso de produtos biodegradáveis, não-poluentes e originados de insumos renováveis. De acordo com Araújo (1992), esta tendência fez avançar as pesquisas, levando à descoberta da resina poliuretana derivada do óleo de

mamona, apresentada na formulação de monocomponente e bicomponente.

Seguindo a tendência de desenvolvimento de produtos sustentáveis e de utilização de subprodutos da agroindústria como proposta para agregar valor a este material, de modo a evitar seu descarte ou mesmo emprego apenas como material destinado à queima, o presente trabalho teve como finalidade desenvolver um estudo para atestar a viabilidade de produção de painéis de partículas aglomeradas à base de bagaço de cana-de-açúcar e resina poliuretana bicomponente à base de óleo de mamona. Os painéis produzidos foram avaliados tecnicamente por meio da determinação de suas propriedades físico-mecânicas.

Material e métodos

Produção de painéis de partículas

Os painéis de partículas à base de bagaço de cana-de-açúcar e resina poliuretana bicomponente à base de óleo de mamona foram fabricados no Laboratório de Madeira e de Estruturas de Madeira, Departamento de Engenharia de Estruturas, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, utilizando uma prensa automática com aquecimento, capacidade de carga 100 toneladas, seguindo as recomendações detalhadas por Maloney (1996).

Partículas

O processo iniciou-se com a coleta do bagaço de cana-de-açúcar na Usina São João de Araras, Estado de São Paulo, Brasil. Na sequência, o resíduo foi seco em estufa até atingir o teor de umidade entre 2 e 3%, sendo posteriormente peneirado para eliminação dos finos e picado em partículas de até 8 mm de comprimento, em moinho de rotor vertical com facas da marca Marconi.

Resinas

Para a confecção dos painéis, foram utilizados de 10 a 15% de resina poliuretana bicomponente à base de óleo de mamona, produzida pela empresa Plural Brasil.

Fabricação dos painéis

Após a picagem das partículas, foi utilizado um misturador planetário para homogeneizar a mistura das partículas com a resina poliuretana bicomponente à base de óleo de mamona. Após a mistura, o material foi colocado em um molde para formação do colchão e inserido na prensa hidráulica (Figura 1a). Foi aplicada uma pressão de prensagem de 4 MPa e temperatura de até 100°C (Figura 1b). Foram confeccionados painéis de partículas, com

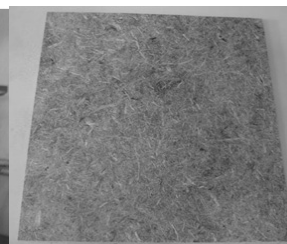
dimensões nominais 40 x 40 cm e espessura de 10 mm (Figura 1c). Destes painéis foram retirados 12 corpos-de-prova para cada ensaio físico-mecânico.



(a) Colchão de bagaço de cana



(b) Prensa hidráulica com aquecimento



(c) Chapa de partículas de bagaço de cana-de-açúcar

Figura 1. Etapas de fabricação dos painéis.

Caracterização

O desempenho dos painéis produzidos foi avaliado por meio de ensaios físico-mecânicos, segundo as prescrições do documento normativo NBR 14810 (ABNT, 2006b).

Caracterização física

O ensaio de densidade foi realizado em corpos-de-prova (CP) com dimensões 50 x 50 x 14 mm.

Para os ensaios de inchamento, os CP foram confeccionados com dimensões 25 x 25 x 14 mm. Na sequência, os CP foram inseridos em um recipiente com água destilada (a 20°C), conforme recomendações do documento normativo NBR 14810 (ABNT, 2006b), garantindo que o nível da água estivesse cerca de 25 mm acima da superfície superior do CP. A massa e a espessura dos CP foram determinadas após 2h ± 3 min. e 24h ± 3 min. de imersão.

Foram confeccionados também CP com revestimento superficial à base da mesma resina bicomponente de óleo de mamona, a fim de avaliar a influência deste adesivo como impermeabilizante.

Caracterização mecânica

Os ensaios de caracterização mecânica, flexão estática e tração perpendicular às fibras foram realizadas seguindo as prescrições do documento normativo NBR 14810 (ABNT, 2006b) utilizando máquina Universal de Ensaios EMIC, 30 toneladas.

Para os ensaios de flexão estática, foram confeccionados CP com dimensões 250 x 50 x 14 mm. Nos ensaios, os CP foram posicionados sobre dois apoios da máquina universal, sendo o comprimento do vão dez vezes a espessura do CP (mínimo 200 mm). A velocidade do ensaio foi de 7 mm min.⁻¹, conforme recomendações da NBR 14810 (ABNT, 2006b).

Para os ensaios de tração perpendicular às fibras, os CP foram confeccionados com dimensões de 50 x 50 x 14 mm e preparados seguindo as recomendações da NBR 14810 (ABNT, 2006b). Os ensaios foram realizados com uma velocidade de 4 mm min.⁻¹, conforme recomendações da NBR 14810 (ABNT, 2006b).

Análise estatística

Foi realizada uma análise estatística por inferência determinando-se a média das propriedades físico-mecânicas referente aos corpos-de-prova avaliados. As médias foram comparadas por meio do teste de Tukey, adotando-se o nível de 1 e 5% de probabilidade.

Resultados e discussão

Este item apresenta resultados da caracterização físico-mecânica dos painéis avaliados de partículas de bagaço de cana-de-açúcar e resina poliuretana bicomponente à base de óleo de mamona. São apresentados valores experimentais médios e respectivo coeficiente de variação das propriedades físicas de densidade e inchamento e das propriedades mecânicas de módulo de ruptura (MOR), módulo de elasticidade (MOE) e tração perpendicular às fibras (*internal bond* - IB).

Os resultados obtidos foram comparados com os indicados pela Norma ANSI A208.1 (1993) e NBR 14810 (ABNT, 2006a), para painéis aglomerados de madeira. Seus usos se justificaram pela semelhança do produto desenvolvido no presente estudo com um painel de partículas de madeira.

Propriedades físicas

Densidade do painel

Os resultados obtidos indicam painéis com 0,93 g cm⁻³ sem tratamento superficial, sendo possível classificá-los como de alta densidade, segundo a Norma ANSI A208.1 (1993). Essa classificação é

importante, pois valores mínimos de módulo de elasticidade (MOE), módulo de ruptura (MOR), ligação interna (LI) e inchamento em espessura (IE) guardam estreita relação com a densidade. Valores semelhantes foram obtidos por Marcilio et al. (2008), que avaliaram as propriedades físicas de painéis à base de bagaço da cana-de-açúcar e fibras das folhas caulinares do bambu (palha de bambu), da espécie *Dendrocalamus giganteus* e resina ureia e obtiveram painéis com densidade de até 1 g cm⁻³.

Os painéis avaliados com revestimento externo à base de resina poliuretana à base de óleo de mamona apresentaram densidade média de 0,89 g cm⁻³. O revestimento não interferiu de modo significativo no valor da densidade. A análise estatística mostra que não houve diferença significativa a 5% de probabilidade para as médias correspondentes.

Estes resultados foram superiores aos 0,6 g cm⁻³ obtidos por Battistelle et al. (2009), em painéis à base de bagaço de cana e resina ureia.

Pelos resultados de densidade obtidos, é possível indicar os painéis para uso industrial ou comercial, segundo as recomendações da norma A208.1 (ANSI, 1993).

Inchamento

Os ensaios de inchamento fornecem indicações sobre as condições de adesão e de resistência das partículas que constituem o painel quando submetidos à imersão em água. Esses ensaios são realizados sistematicamente pelas indústrias, para controle de qualidade de seus produtos.

Os painéis avaliados sem revestimento externo apresentaram valores de inchamento e absorção acima dos 8% recomendados pelas normas A208.1 (ANSI, 1993) e NBR 14810 (ABNT, 2006a) (Tabela 1). Com a aplicação do revestimento externo à base de resina bicomponente de óleo de mamona, os valores médios de inchamento reduziram significativamente e diferem daqueles referentes aos corpos-de-prova sem revestimento a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). No entanto, esta redução não foi suficiente para atingir os 8% recomendados pelos documentos normativos.

Tabela 1. Valores médios de propriedades físicas (experimentais e normalizados).

		Experimental		ANSI A208.1	NBR 14810-2
		Sem revestimento	Com revestimento		
Densidade (g cm ⁻³)		0,93 ^a	0,89 ^a	0,80	0,55 – 0,75
Inchamento	2h	19,6 ^a	0,31 ^b	---	8%
(%)	24h	25,07 ^a	19,09 ^b	8%	20%

Médias seguidas pela mesma letra, na mesma linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de significância.

Resultados semelhantes foram obtidos por Caraschi et al. (2009), que avaliaram painéis à base de resíduos lignocelulósicos e obtiveram valores acima dos 8% recomendados pelos documentos normativos.

Propriedades mecânicas

Módulo de ruptura (MOR)

Em relação ao módulo de ruptura (MOR), verifica-se que o valor médio de 24,41 MPa, é superior àquele recomendado pelas normas A208.1 (ANSI, 1993) e NBR 14810 (ABNT, 2006a), não sendo identificada diferença estatística significativa entre os dois primeiros valores. Sendo assim, é possível classificar os painéis em estudo como sendo de alta densidade e indicá-los para uso industrial e comercial.

O valor de MOR do painel em estudo foi superior aos obtidos por Battistelle et al. (2009), Contreras et al. (2006), Okino et al. (1997), Silva et al. (2008) e Widyorini et al. (2005), demonstrando que o processo de produção utilizado foi consistente e que a resina bicomponente à base de óleo de mamona se apresenta como potencial adesivo para fabricação de painéis de partículas de bagaço de cana-de-açúcar.

Módulo de elasticidade (MOE)

O valor do módulo de elasticidade (MOE) do painel em estudo não atingiu o mínimo recomendado pela norma A208.1 (ANSI, 1993), que é de 2750 MPa, no entanto nota-se diferença de 13% em relação ao valor médio determinado. Um aumento de quantidade de matriz poderá garantir maior estabilidade dimensional e melhor adesão entre as partículas, ocasionando aumento do MOE.

Os resultados obtidos para MOE estão concernentes com aqueles apresentados por Okino et al. (1997) que identificaram valores de MOE abaixo de 2300 MPa para painéis aglomerados à base de bagaço de cana-de-açúcar e resina ureia.

Tração perpendicular às fibras (IB)

Em relação à tração perpendicular às fibras, observa-se na Tabela 2 que o painel em estudo apresentou valores superiores àqueles recomendados pelos documentos normativos A208.1 (ANSI, 1993) e NBR 14810 (ABNT, 2006a) e também acima de 0,4 MPa, valor encontrado por Battistelle et al. (2009) e de 0,6 MPa, obtido por Okino et al. (1997). Estes resultados demonstram que para o IB, o nível de resina utilizado está adequado.

Vale ressaltar que o coeficiente de variação, que é uma garantia da consistência do processo de fabricação, ficou abaixo dos 20% recomendado, para MOR, MOE e IB.

Tabela 2. Valores médios de propriedades mecânicas (experimentais e normalizados).

	Experimental	ANSI A208.1	NBR 14810-2
MOR (MPa)	24,41 ^a	23,50 ^a	> 18
CV(%)	(10,33)	(alta densidade)	
MOE (MPa)	2432 ^a	2750 ^b	---
CV (%)	(8,93)	(alta densidade)	
IB (MPa)	1,29 ^a	1,00 ^b	> 0,40
CV (%)	(5,83)	(alta densidade)	

Médias seguidas pela mesma letra, na mesma linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de significância; CV – Coeficiente de variação.

Conclusão

O bagaço da cana-de-açúcar, subproduto produzido em maior volume na agroindústria brasileira, apresenta potencial para uso na fabricação de painéis de partículas, agregando valor em sua aplicabilidade.

A resina poliuretana à base de óleo de mamona mostra-se como alternativa eficiente para produção de painéis de partículas à base de bagaço de cana-de-açúcar.

É possível produzir, em laboratório, painéis de partículas de bagaço de cana, com valores médios e variabilidade de propriedades mecânicas equivalentes aos das chapas fabricadas em escala industrial, à base de partículas de madeira, com densidade variando de 0,9 a 1,0 g cm⁻³.

A aplicação do impermeabilizante da mesma resina poliuretana à base de óleo de mamona representou importante elemento para diminuir a capacidade de absorção e consequentemente do inchamento dos painéis de partículas.

Nos ensaios realizados, os painéis com bagaço de cana-de-açúcar e resina poliuretana à base de óleo de mamona obtiveram valores de propriedades mecânicas que permitem sua utilização em uso estrutural comercial e industrial. Além de poderem ser utilizados em ambientes internos de residências, construções agrícolas, setor moveleiro e decorativo, para aplicações não-estruturais.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fapesp, pelo apoio concedido à pesquisa.

Referências

- ABNT-Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14810**: chapas de madeira aglomerada - parte 2: requisitos. Rio de Janeiro, 2006a.
- ABNT-Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14810**: chapas de madeira aglomerada - parte 3: métodos de ensaio, terminologia. Rio de Janeiro, 2006b.
- ANSI-American National Standards Institute. **ANSI A208.1**: mat-formed wood particleboard: specification. Gaithersburg, 1993.

- ARAÚJO, L. C. R. **Caracterização química, térmica e mecânica de poliuretanas elastoméricas baseadas em materiais oleoquímicos**. 1992. 105f. Dissertação (Mestrado em Química)-Instituto de Física e Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1992.
- BATTISTELLE, R. A. G.; MARCILIO, C.; LAHR, F. A. R. Emprego do bagaço da cana-de-açúcar (*saccharum officinarum*) e das folhas caulinares do bambu da espécie *dendrocalamus giganteus* na produção de chapas de partículas. **Revista Minerva**, v. 5, n. 3, p. 297-305, 2009.
- CARASCHI, J. C.; LEÃO, A. L.; COIADO CHAMMA, P. V. Avaliação de painéis produzidos a partir de resíduos sólidos para aplicação na arquitetura. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 19, n. 1, p. 47-53, 2009.
- CARASCHI, J. C.; LEÃO, A. L.; COIADO CHAMMA, P. V. Produção de painéis a partir de resíduos lignocelulósicos para uso na arquitetura. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRA E ESTRUTURAS DE MADEIRA, 11., 2008, Londrina. **Anais...** Londrina: UEL, IBRAMEM, 2008. (1 CD-ROM).
- CONAB-Companhia Nacional de Abastecimento. **Boletim Companhia Nacional de Abastecimento**. Disponível em: <http://www.seagri.ba.gov.br/estimativa_afra_cultura.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2009.
- CONTRERAS, W. M.; OWEN, M. E. C.; CLOQUELL, V. B.; CONTRERAS, Y. M.; GARAY, D. A. J. Diseño de tableros de partículas de caña brava y adhesivo fenol – formaldehído. **Revista Forestal Latinoamericana**, v. 21, n. 39, p. 39- 55, 2006.
- DANTAS FILHO, P. L. Análise da viabilidade econômica financeira de um projeto de cogeração de energia através do bagaço de cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO DE GESTÃO E ESTRATÉGIA EM NEGÓCIOS DA UFRuralRJ, 6., 2008, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Seropédica, 2008. p. 1-11.
- GSC-German Standards Committee. **DIN 68761**: specifications for particleboard. Taschenbuch, 1967.
- IWAKIRI, S.; SHIMIZU, J.; SILVA, J. C.; MENESSI, C. H. S. D.; PUEHRINGER, A.; VENSON, I.; LARROCA, C. Produção de painéis de madeira aglomerada de *Grevillea robusta* A. Cunn. ex R. Br. **Revista Árvore**, v. 28, n. 6, p. 883-887, 2004.
- MALONEY, T. M. The family of wood composite materials. **Forest Products Journal**, v. 46, n. 2, p. 19-26, 1996.
- MARCILIO, C.; BATTISTELLE, R. A. G.; VALARELLI, I. D. Fabricação de chapas de partículas compostas de bagaço de cana-de-açúcar e fibras das folhas caulinares do bambu: caracterização física e mecânica. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRA E ESTRUTURAS DE MADEIRA, 11., 2008, Londrina. **Anais...** Londrina: UEL, IBRAMEM, 2008. (1 CD-ROM).
- MENDES, L. M.; ALBUQUERQUE, C. E. C.; IWAKIRI, S. A indústria brasileira de painéis de madeira. **Revista da Madeira**, v. 1, n. 71, p. 12-12, 2003.
- NASCIMENTO, M. F. **CPH-Chapas de partículas homogêneas – madeiras do Nordeste do Brasil**. 2003. 143f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais)-Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.
- NVC-Norma Venezuelana Covenin. **COVENIN 847-91**: norma venezolana para tableros de partículas. Caracas, 1991.
- OKINO, E. Y. A.; ANDAHUR, J. P. V.; SANTANA, M. A. E.; SOUZA, M. R. Physico-mechanical properties of chemically modified sugar cane bagasse particleboards. **Scientia Forestalis**, v. 1, n. 52, p. 35-42, 1997.
- ROWELL, R. M.; HAN, J. S.; ROWELL, J. S. Characterization and factors affecting fiber properties. In: NATURAL POLYMERS AND AGROFIBERS BASED COMPOSITES, 1., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2000. p. 115-134.
- SILVA, A. J. P.; FRANÇA SANTOS, W. L.; ROCCO LAHR, F. A. Partículas longas e orientadas de bagaço de cana-de-açúcar na produção de painel similar ao OSB. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRA E ESTRUTURAS DE MADEIRA, 11., 2008, Londrina. **Anais...** Londrina: UEL, IBRAMEM, 2008. (1 CD-ROM).
- WIDYORINI, R.; XU, J.; UMEMURA, K.; KAWAI, S. Manufacture and properties of binderless particleboard from bagasse: effects of raw material type, storage methods and manufacturing process. **Journal of Wood Science**, v. 51, n. 6, p. 648-654, 2005.

Received on March 11, 2010.

Accepted on November 30, 2010.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.