

ARTIGO TÉCNICO

PRODUÇÃO DE CHAPAS DE PARTÍCULAS COM RESÍDUOS DE MADEIRA *Cordia goeldiana*

Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agríc.v35n2p368-377/2015>

ANDRÉ L. CHRISTOFORO¹, SÉRGIO A. M. DA SILVA², JULIANA C. BARBOSA³,
SÉRGIO L. M. RIBEIRO FILHO⁴, TÚLIO H. PANZERA⁵, FRANCISCO A. R. LAHR⁶

RESUMO: O objetivo deste trabalho consistiu no aproveitamento de resíduos de madeira tropical de baixa densidade (*Cordia goeldiana*) para confecção de chapas de partículas com resinas poliuretanas monocomponente e bicomponente derivadas de óleo de mamona, gerando subsídios como aplicação nas construções rurais e civis, assim como na indústria moveleira. As propriedades físicas e mecânicas investigadas foram: densidade; teor de umidade; módulo de resistência na flexão estática e adesão interna, ambas obtidas segundo os procedimentos de cálculo propostos pela norma Brasileira NBR 14810:2002. As chapas foram confeccionadas com 15% de resina (uma parte de poliálcool para uma parte de pré-polímero), 4MPa de pressão de compactação, temperatura de prensagem de 90°C e tempo de prensagem de 7 minutos. Os valores médios obtidos das propriedades físicas e mecânicas das chapas foram sistematicamente superiores aos requisitos da norma Brasileira, evidenciando a possibilidade do emprego dos resíduos da madeira de *Cordia goeldiana* na produção de painéis de partículas. Confirmou-se também a hipótese da significativa relação linear entre a densidade das chapas com a adesão interna, o que possibilita a estimativa da adesão interna para painéis de partículas de madeira.

PALAVRAS-CHAVE: painéis de partículas, resina poliuretana, resíduos de madeiras tropicais.

PARTICLEBOARDS MANUFACTURED WITH *Cordia goeldiana* WOOD WASTES

ABSTRACT: The aim of this research consisted in the use of wastes from tropical wood (*Cordia goeldiana*) with low density and the polyurethane resin (mono and bicomponent) castor oil based in the manufacture of particleboards, generating subsidies as application in rural and civil construction, as well in the furniture industry. The particleboards were manufactured with 15% of polyurethane resin content (one part of pre-polymer and one part of polyol), compaction pressure of 4MPa, pressing temperature of 90°C and press time of 7 minutes. The physical and mechanical properties investigated were density, moisture content, strength modulus in bending and internal bond, both obtained according to the recommendations of the Brazilian standard ABNT NBR 14810:2002. The mean values obtained for these properties were systematically superior to the Brazilian standard requirement. This point showed that it is possible the use of *Cordia goeldiana* wastes in the particleboard production. We confirmed the hypothesis of a significant linear relation between density and the internal bond of the panels, allowing the estimation of the internal bond of particleboards.

KEYWORDS: particleboards, polyurethane resin, tropical wood wastes.

¹ Eng. Civil, Prof. Doutor, Departamento de Engenharia Civil (DECiv), Centro de Inovação e Tecnologia em Compósitos (CITEC), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) / São Carlos – SP, Fone: (16) 3351-8262, alchristoforo@yahoo.com.br

² Arquiteto, Prof. Doutor, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) / Ilha Solteira – SP, sams@dec.feis.unesp.br

³ Arquiteta, Profa. Doutora, Faculdade de Engenharia Industrial Madeireira, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) / Itapeva – SP, jucortez@itapeva.unesp.br

⁴ Discente, Departamento de Engenharia Mecânica (DEMEC), Centro de Inovação e Tecnologia em Compósitos (CITEC), Universidade Federal de São João Del-Rei (UFSJ) / São João del-Rei – MG, sergiolmrf@gmail.com

⁵ Eng. Mecânico, Prof. Doutor, Departamento de Engenharia Mecânica (DEMEC), Centro de Inovação e Tecnologia em Compósitos (CITEC), Universidade Federal de São João Del-Rei (UFSJ) / São João del-Rei – MG, tuliopanzera@ufs.edu.br

⁶ Eng. Civil, Prof. Doutor, Departamento de Engenharia Civil (SET), Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC/USP) / São Carlos – SP, frocco@sc.usp.br

Recebido pelo Conselho Editorial em: 22-6-2012

Aprovado pelo Conselho Editorial em: 14-10-2014

INTRODUÇÃO

De acordo com a Superintendência da Zona Franca de Manaus, SUFRAMA (2003), a Amazônia Brasileira possui a maior reserva florestal do mundo, com aproximadamente 3.500 espécies, localizadas em áreas de terra firme e várzea. Entretanto, somente 25 espécies de madeira são mais utilizadas pelas diversas indústrias da região. Estima-se que a floresta amazônica é capaz de gerar um volume em toras comercial superior a 60 bilhões de m³, representando 1/3 das florestas tropicais do mundo.

Nos Estados do Amazonas, Acre, Rondônia e Roraima, a exploração da floresta nativa nem sempre ocorre com aplicação de planos de manejo, levando à baixa produtividade e à incipiente reposição florestal. Segundo a SUFRAMA (2003), dos 28 milhões de metros cúbicos extraídos anualmente, cerca de 80% são ilegais e 50% atendem a pequenas serrarias, que geralmente possuem equipamentos obsoletos, gerando altíssimos percentuais de resíduos.

Segundo GOMES & SILVA (2003), os resíduos produzidos por indústrias madeireiras localizadas em Belém (PA) são utilizados na geração de energia, produção de adubo para correção de solo em áreas de reflorestamento, fabricação de cabos de vassouras e por avicultores da região. Contudo, grande parte desses resíduos ainda é destinada a queimada a céu aberto e/ou depositada nos leitos dos rios.

De acordo com RIVELA et al. (2004), que realizaram estudo sobre o aproveitamento de resíduos de madeira provenientes da região de Santiago de Compostela (Espanha), a produção de chapas de partículas é mais viável que sua utilização como resíduos de madeira para produção de energia, concluindo que o aproveitamento de resíduos em produtos com maior valor agregado se apresenta como interessante solução, não apenas por reduzir os impactos ambientais negativos (decorrentes da emissão de gases), como também para gerar trabalho e renda.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia - IBICT (2006), outro aspecto a ser considerado sobre o processamento florestal na Amazônia Brasileira consiste na pesquisa para identificação de novas espécies de madeira, com o objetivo de criar alternativas de uso para proteger a sustentabilidade florestal e diminuir a pressão de corte sobre as essências ameaçadas de extinção, tais como o Mogno, a Cerejeira e a Virola. Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Painéis de Madeira – ABIPA (2006), o Brasil é um dos países mais avançados na produção de painéis de partículas (MDP) e de fibras de madeira (MDF), com fábricas de última geração. Entretanto, apesar do potencial madeireiro e das tecnologias instaladas, sua produção pode ser incrementada em termos de participação no mercado mundial do setor.

Outro aspecto a ser considerado na produção de painéis de partículas é a utilização de resinas que poluem o meio ambiente, principalmente por meio da emissão de gases. Nesse sentido, faz-se necessário o desenvolvimento de novos produtos, como é o caso do estudo proposto por BRADI et al. (2006), que avaliaram a influência da mistura de óleo vegetal em matriz poliuretana na resistência mecânica de painéis de fibras de madeira. As análises realizadas possibilitaram concluir que é possível a utilização de misturas de óleo vegetal em matriz poliuretana, na relação de 35:65 (em peso), para confecção de painéis de fibras de madeira.

JOSÉ & BERALDO (2006) avaliaram o desempenho físico e mecânico de painéis de partículas de bambu com resina poliuretana à base de óleo de mamona. Os resultados obtidos comprovaram a potencialidade para uso industrial dos materiais fabricados.

DIAS & LAHR et al. (2008) avaliaram propriedades mecânicas de painéis de madeira aglomerada constituídos de resina poliuretana à base de mamona. Os resultados obtidos para o módulo de resistência na flexão estática não alcançaram o valor mínimo de 18 MPa, justificado pela má distribuição do adesivo durante o processo de formação dos painéis.

FIORELLI et al. (2011) fabricaram e avaliaram propriedades físicas e mecânicas de painéis de partículas aglomeradas com bagaço de cana e resina poliuretana derivada de óleo de mamona. Além de outras, os autores concluem que os painéis são considerados de alta densidade e

recomendados para uso industrial, evidenciando a eficiência da resina poliuretana à base de mamona como adesivo.

PAES et al. (2011) avaliaram o efeito da combinação da pressão (2,0; 3,0; 3,5MPa) e temperatura (50; 60; 90°C) em propriedades físicas e mecânicas de painéis de partículas fabricados com resíduos de madeira de *Pinus elliottii* e resina poliuretana à base de mamona, concluindo que as combinações: 3,0MPa e 90°C e 3,5 MPa e 60°C apresentaram os melhores resultados, comprovando ser a temperatura de prensagem a variável mais significativa quanto à qualidade (acabamento) das chapas elaboradas.

SARTORI et al. (2012) avaliaram o desempenho mecânico de painéis de madeira de reflorestamento e chapas de partículas de bagaço de cana-de-açúcar com resina poliuretana bicomponente derivada de óleo de mamona como solução alternativa para o sistema de fechamento lateral do tronco coletivo de centro de manejo para bovinos de corte. As propriedades físico-mecânicas obtidas comprovaram a eficiência do modelo estrutural proposto para uso em centro de manejo.

Atualmente no Brasil, o crescimento da produção de resíduos evidencia o desenvolvimento de propostas que objetivam minimizar a poluição no meio ambiente (NASCIMENTO & ROCCO LAHR, 2007). Entretanto, os resíduos originados na Floresta Amazônica são utilizados, de modo geral, na produção de energia, e as indústrias Brasileiras utilizam tecnologia para o processamento de madeira na produção de chapas de partículas essencialmente para as espécies *Pinus* e *Eucalyptus*. Dessa forma, o desenvolvimento de pesquisas que visem aproveitar resíduos de madeira da Amazônia provenientes da exploração florestal, na produção de painéis de partículas, mostram-se de grande importância.

Este trabalho objetivou avaliar, com o auxílio da norma brasileira ABNT NBR 14810:2002, o desempenho físico [densidade (ρ); o teor de umidade (TU)] e mecânico [módulo de resistência na flexão estática (MOR); a adesão interna (AI)] de painéis de partículas confeccionadas com resíduos de madeira de *Cordia goeldiana* e resina poliuretana (monocomponente e bicomponente) derivada de óleo de mamona, possibilitando qualificar seu emprego nas construções rurais e civis, assim como na indústria moveleira.

MATERIAL E MÉTODOS

A escolha da madeira *Cordia goeldiana* justifica-se por ser esta uma espécie comumente encontrada no paisagismo urbano (SILVA et al., 2008) e por apresentar resíduos com alta quantidade de fibras, possuindo densidade em torno de 0,59 g/cm³.

As chapas foram fabricadas com resina poliuretana mono e bicomponente derivadas de óleo de mamona. Cabe ressaltar que a escolha pelo uso dessa resina consiste em minimizar a poluição ambiental (PETERSON, 1964; ARAÚJO, 1992; YEMELE et al., 2008), agregando ainda mais valor aos painéis produzidos.

Inicialmente, foram obtidos cavacos com 30 mm de comprimento médio, provenientes de toretes de madeira *Cordia goeldiana*, previamente descascados por meio de uma plaina para madeira (Figura 1a). Em seguida, os cavacos foram picados num moinho de facas (Figura 1b) e selecionados em peneira com malha de 2 mm de abertura, instalada no próprio moinho, para a produção dos cavacos menores.



FIGURA 1. Plaina para madeira empregada na produção de cavacos com maiores dimensões (a) e Moinho de facas empregado na produção dos cavacos miúdos (b). **Plane wood used in the production of the bigger wood chips (a) and windmill knives used in the production of small chips (b).**

Cabe ressaltar que o processo para a produção dos cavacos com maior dimensão gerou partículas com comprimentos que variam de pó de serra a 30 mm, e o processo para produção dos cavacos gerados no moinho de facas com comprimentos que variam de pó até 5 mm. As Figuras 2a e 2b ilustram os cavacos com dimensões maiores e menores, respectivamente.



FIGURA 2. Cavacos com dimensões maiores previamente selecionados com até 30mm de comprimento (a) e cavacos com dimensões menores com até 5mm de comprimento e 2 mm de largura (b). **General aspects of the previously selected coarse chips with up to 30mm in length (a) and general small chip up to 5mm long and 2 mm wide (b).**

Depois de obtidos os cavacos, eles foram secos em estufa a 60°C até atingirem teor de umidade próximo de 5%. Foi adotada espessura nominal de 10 mm para as chapas (espessura das mais comercializadas no mercado). Em seguida, estimou-se sua densidade nominal (0,8g/cm³).

As chapas foram fabricadas com o uso de 15% de resina poliuretana (mono e bicomponente) sobre a massa seca de partículas, sendo considerada a metade do conteúdo obtido para cada componente (poliol e pré-polímero) da resina (SILVA & GONÇALVES, 2003; SILVA et al., 2008). O conteúdo de cada parte da resina foi adicionado e homogeneizado às partículas, considerando-se os seguintes procedimentos: (1^o) Adição de poliol (Figura 3a), homogeneização manual (Figura 3b) e, em seguida, homogeneização por meio de misturador elétrico (Figura 3c) por um período de 5 min; (2^o) Adição de pré-polímero, homogeneização manual e, em seguida, homogeneização por meio de misturador elétrico por um período de 5 min.

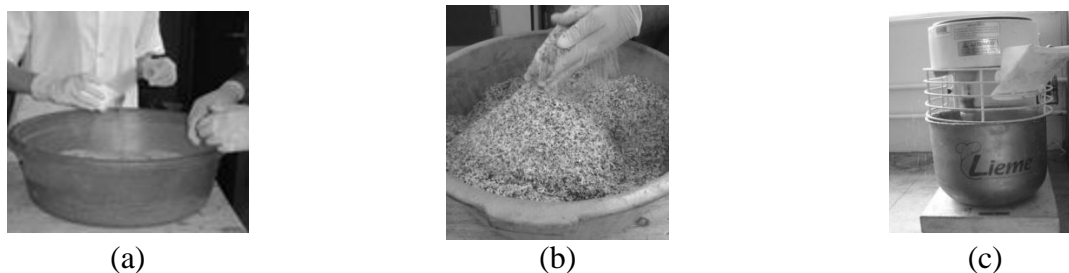


FIGURA 3. Adição de polioli (a), homogeneização manual (b) e homogeneização por meio de misturador elétrico (c). **Addition of polyol (a), manual homogenization (b) and electric mixer homogenization (c).**

O material homogeneizado em temperatura ambiente foi depositado na formadora de colchão (Figura 4a) e compactado inicialmente com pressão de 0,1MPa para a formação do colchão de partículas (Figura 4b), de acordo com as recomendações de SILVA & ROCCO LAHR (2008).



FIGURA 4. (a) Formadora de colchão com partículas preparadas para a prensagem em temperatura ambiente. (b) Colchão de partículas após compactação com pressão de 1MPa. **Mattress forming with particles prepared for pressing at room temperature. (b) Mattress particles after pressing with a pressure of 1 MPa.**

Em seguida, o colchão de partículas pré-compactado foi depositado na prensa hidráulica com controle de temperatura e pressão (Figura 5a), sendo posteriormente compactado com pressão de 4MPa, temperatura de prensagem de 90°C e tempo de prensagem de 7 minutos (SILVA & GONÇALVES, 2003), dando origem aos painéis a serem avaliados (Figura 5b).



FIGURA 5. Prensa hidráulica (a) e chapas de partículas após prensagem (b). **Hydraulic press (a) and particleboards after pressing (b).**

As chapas de partículas foram confeccionadas nas dimensões aproximadas de 400 mm de comprimento, 400 mm de largura e 10 mm de espessura, sendo duas fabricadas com o uso da resina poliuretana monocomponente e outras duas com o uso da resina bicomponente. Em seguida, as chapas foram esquadrejadas nas dimensões de 350 mm de comprimento, 350 mm largura e 10 mm de espessura nominal, e retirados os corpos de prova para a realização dos ensaios. A Tabela 1 apresenta as dimensões e os números de corpos de prova utilizados para cada tipo de ensaio físico e mecânico.

TABELA 1. Dimensões e número de corpos de prova por ensaio. **Dimensions and number of specimens by test.**

Ensaio	Número de corpos de prova		Dimensões (mm)
	Monocomponente	Bicomponente	
Flexão (MOR)	10	10	50×250×10
Resistência na tração perpendicular (AI)	10	10	50×50×10
Densidade (ρ)	14	14	50×50×10
Teor de Umidade (TU)	14	14	50×50×10

Os resultados obtidos para o módulo de resistência na flexão (MOR) e para a adesão interna (AI) das chapas foram comparados com os valores requisitados da norma brasileira, iguais a 18MPa e a 0,40MPa, respectivamente.

Os valores obtidos da adesão interna dos painéis foram relacionados, por meio de modelos de regressão linear simples, com os valores obtidos das densidades, objetivando-se estimar a adesão interna com o conhecimento da densidade (SILVA & GONÇALVES, 2007). A significância dos parâmetros (a ; b) dos modelos de regressão linear ($Y=a \cdot X+b$) foi avaliada segundo a análise de variância (MONTGOMERY, 2005), considerada ao nível de 5% de significância. Dessa forma, P-valor inferior ao nível de significância estipulado implica que os parâmetros testados do modelo são significativos, e não significativos em caso contrário.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta os valores médios (\bar{x}), desvios-padrão (Dp), coeficientes de variação (Cv) e os menores (Mín.) e os maiores (Máx.) valores obtidos das propriedades mecânicas (MOR; AI) dos painéis fabricados.

TABELA 2. Resultados das propriedades mecânicas das chapas fabricadas. **Results of the mechanical properties of the particleboards.**

Resina: Propriedades	Monocomponente		Bicomponente	
	MOR (MPa)	AI (MPa)	MOR (MPa)	AI (MPa)
\bar{x}	23,3	1,5	36,1	1,75
Dp	1,5	0,2	3,8	0,3
Cv (%)	6	12	10	16
Máx.	26,7	1,8	41,2	2,1
Mín.	21,3	1,2	29,7	1,3
ABNT NBR 14810:2002	MOR = 18MPa		AI = 0,4MPa	

Observa-se da Tabela 2 que os valores mínimos, assim como os médios, encontrados tanto para o módulo de resistência na flexão quanto para a adesão interna, foram superiores aos requisitos estipulados pela norma brasileira, evidenciando a potencialidade de emprego deste material para diversos fins.

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos das propriedades físicas (ρ ; TU) dos painéis fabricados.

TABELA 3. Valores de densidade aparente e umidade das chapas confeccionadas com resina PU.

Apparent density and moisture content of the panels manufactured with PU resin.

Resina: Propriedades	Monocomponente		Bicomponente	
	ρ (g/cm ³)	TU (%)	ρ (g/cm ³)	TU (%)
\bar{x}	0,87	11,2	1,03	10
Dp	0,06	0,4	0,06	0,2
Cv (%)	0,07	0,03	1,05	0,03
<i>Máx.</i>	0,93	11,6	1,10	10,3
<i>Mín.</i>	0,79	10,7	0,93	9,5
ABNT NBR 14810:2002	$\rho = 0,55$ a $0,75$ g/cm ³		TU = 5 a 11%	

Da Tabela 3 observa-se que os valores mínimo e médio para a densidade foram superiores ao intervalo proposto pela norma brasileira, caracterizando os materiais fabricados como sendo de alta densidade.

Nas chapas confeccionadas com resina poliuretana monocomponente, os percentuais do teor de umidade apresentaram valores fora do intervalo proposto pela norma brasileira (5 a 11%). Entretanto, nas chapas confeccionadas com resina bicomponente, os percentuais de umidade determinados encontraram-se dentro do intervalo.

Considerando-se os valores obtidos, alguns procedimentos podem ser propostos para adequar as propriedades mecânicas e físicas das chapas, como, por exemplo, a diminuição do teor de resina, que além de ajustar as propriedades de resistência, propiciará menor custo final às chapas, assim como da adição de parafina às partículas (recobrimento das partículas com parafina), que pode proporcionar reduções no teor de umidade dos painéis.

A Tabela 4 apresenta os parâmetros obtidos da análise de regressão linear entre os valores da densidade e da adesão interna dos painéis fabricados com resina poliuretana monocomponente.

TABELA 4. Análise de regressão entre os valores de adesão interna e densidade para as chapas confeccionadas com resina poliuretana monocomponente. **Regression analysis between internal bond and apparent density for the panels manufactured with monocomponent polyurethane resin.**

Regressão	R Múltiplo	R ²	R ² Ajustado	Erro-Padrão	Obs	
	0,97	0,94	0,93	0,01	10	
ANOVA	GL	SQ	MQ	F	f	
Regressão	1	0,0253	0,0253	116,8957	4,72574E-06	
Resíduo	8	0,0017	0,0002			
Total	9	0,0270				
Coeficientes		Erro Padrão	Stat t	P-valor	95% Inf.	95% Sup.
b	0,4557	0,0396	11,4939	2,97518E-06	0,3642	0,5471
a	0,2835	0,0262	10,8118	4,72574E-06	0,2231	0,3440
$\rho=0,28 \cdot AI+0,46$ [R ² = 0,94]						

A Tabela 5 apresenta os parâmetros obtidos da análise de regressão linear entre os valores da densidade e da adesão interna dos painéis fabricados com resina poliuretana bicomponente.

TABELA 5. Análise de regressão entre os valores de adesão interna e densidade das chapas confeccionadas com resina poliuretana bicomponente. **Regression analysis between internal bond and apparent density for the panels manufactured with bicomponent polyurethane resin.**

Regressão	R Múltiplo	R ²	R ² Ajustado	Erro Padrão		
	0,95	0,90	0,88	0,02		
ANOVA	GL	SQ	MQ	F	f	
Regressão	1	0,0322	0,0322	69,1846	3,29568E-05	
Resíduo	8	0,0037	0,0005			
Total	9	0,0359				
Coeficientes		Erro Padrão	Stat t	P-valor	95% Inf.	95% Sup.
b	0,6403	0,0446	14,3473	5,43779E-07	0,5374	0,7432
a	0,2102	0,0253	8,3177	3,29568E-05	0,1519	0,2685
$\rho=0,21 \cdot AI+0,64$ [$R^2 = 0,90$]						

Com a ANOVA foi possível verificar que os P-valores dos coeficientes a e b dos modelos de regressão lineares ($Y=a \cdot X+b$), para ambos os tipos de resina, foram significativos, e com valor de R^2 ajustado superior a 0,90, o que evidencia ser possível estimar a adesão interna dos materiais a partir do conhecimento dos valores de densidade.

CONCLUSÕES

O emprego de 15% de resina demonstrou ser excessivo para as chapas com relação ao módulo de resistência na flexão estática, adesão interna e densidade. Os valores médios dos módulos de ruptura na flexão para as resinas monocomponente e bicomponente foram 29,44% e 100,55% superiores ao estabelecido pela norma brasileira ABNT NBR 14810-2:2002; 275,44% e 337,50% superiores ao limite para a adesão interna (0,40 MPa) e 16% e 37,33% superiores ao limite máximo estabelecido para a densidade aparente (0,55 a 0,75), apresentando ser eficiente para o caso do teor de umidade das chapas confeccionadas com resina bicomponente e nem tanto para as chapas fabricadas com resina monocomponente (3,64% superior ao limite máximo).

Mesmo considerando os resultados significativos, principalmente para o módulo de resistência na flexão estática, faz-se necessário ajustar as variáveis do processo de confecção das chapas, buscando-se o emprego de quantidades menores de resina com o objetivo de diminuir os custos finais bem como melhorar o processo de confecção para reduzir os níveis do teor de umidade dos painéis.

As análises de regressão linear realizadas entre a densidade aparente e a adesão interna evidenciaram que essas propriedades estão fortemente relacionadas tanto para o caso das resinas monocomponentes quanto das bicomponentes, assim como encontrado no trabalho de SILVA & GONÇALVES (2007), sendo possível estimar os valores de adesão interna dos materiais fabricados a partir do conhecimento dos valores da densidade.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, L. C. R. *Caracterização química e mecânica de poliuretanas elastoméricas baseadas em materiais oleoquímicos*. 1992. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 1992.
- ABIPA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE PAINÉIS - *Sobre o consumo mundial de aglomerado em 2004/2005*. São Paulo, 2006.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 14810*. Chapas de madeira aglomerada. Parte I – Terminologia, Parte II – Requisitos e Parte III – Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2002.

- BRADI, K. H.; AMIM, K.A.M.; OTHMAN, Z.; MANAF, H.A.; KHALID, N.K. Effect of filler-to-matrix blending ratio on the mechanical strength of palm-based. *Source: Polymer International*, Chichester, v. 55 n. 2, p. 190 – 195, 2006.
- DIAS, F. M.; LAHR, F. A. R. Aplicação de resina poliuretana à base de mamona na fabricação de painéis de madeira aglomerada. In: LAHR, F. A. R. *Produtos derivados da madeira*. São Carlos: EESC/USP, 2008. p.73-92.
- IORELLI, J.; ROCCO LAHR, F. A.; NASCIMENTO, M F.; SAVASTANO Jr., H.; ROSSIGNOLO, J. A. Painéis de partículas à base de bagaço de cana e resina de mamona – produção e propriedades. *Acta Scientiarum. Technology*, Maringá, v. 33, n. 4, p. 401-406, 2011.
- GOMES, J. I.; SILVA, S. S. Aproveitamento de resíduos de madeira de três empresas madeireiras do Pará. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 54., 2003, Belém... *Anais...* CD-ROM.
- IBICT - INSTITUTO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA. *Uso de resíduos madeireiros na economia e ecologia amazônicas – Avaliação do potencial de utilização de resíduos madeireiros e produtos descartáveis derivados da madeira na região amazônica/INPA*. Brasília, DF, 2006. Disponível em: <www.canalciencia.ibict.br>.
- JOSÉ, F. J.; BERALDO, A. L. Chapas prensadas de partículas de bambu e adesivo poliuretana à base de óleo de mamona. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 10., 2006; São Pedro. *Anais...* v. 1, p.1-11.
- MONTGOMERY, D. C. *Design and analysis of experiments*. 6th ed. Arizona: John Wiley & Sons, 2005.
- NASCIMENTO, M. F.; ROCCO LAHR, F. A. Emprego de Algaroba (*Prosopis juliflora*) na produção de chapas de partículas homogêneas. *Revista Minerva, Mexicali*, v. 4, p. 51-56, 2007.
- PAES, J. B.; NUNES, S. T.; ROCCO LAHR, F. A.; NASCIMENTO, M. F.; LACERDA, R. M. A. Qualidade de chapas de partículas de *pinus elliotii* coladas com resina poliuretana sob diferentes combinações de pressão e temperatura. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 21, n. 3, p. 551-558, 2011.
- PETERSON, R. W. *Wood adhesives*. Ottawa: Chireen's Printer and Controller of Stationary, 1964.
- RIVELA, B; MOREIRA, M. T.; MUNÓZ, I.; RIERADEVALL, J.; FEIJOO, G. Life cycle inventory of particleboard: A case study in the wood sector. *International Journal of Life Cycle Assessment*. Santiago de Compostela: Universidad Santiago de Compostela, 2004.
- SARTORI, D. L.; CRAVO, J. C. M.; BARRERO, N. G.; IORELLI, J.; SAVASTANO Jr., H. Pannel em madeira de reflorestamento e chapas de partículas para instalações rurais. *Floresta e Ambiente*, Rio de Janeiro, v. 19, n. 2, p. 171-178, 2012.
- SILVA, S. A. M, GONÇALVES, R. *Chapa de média densidade (MDF) fabricada com poliuretana mono-componente derivada de óleo de mamona - caracterização por método destrutivo e por ultrassom*. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.
- SILVA, S. A. M.; GONÇALVES, R. Caracterização de painéis de média densidade confeccionados com resina poliuretana derivada de óleo de mamona. *e-MAT*, Porto Alegre, v. 3, p. 56-61, 2007.
- SILVA, S. A. M.; GONÇALVES, R.; CAMPOS, C. I.; ROCCO LAHR, F. A. Avaliação da resistência à tração perpendicular e da densidade de chapas de fibras de média densidade confeccionadas com resina poliuretana monocomponente e bicomponente derivada de óleo de mamona. *Revista Minerva, Mexicali*, v. 5, p. 235-240, 2008.
- SILVA, S. A. M.; ROCCO LAHR, F. A. Chapas de partículas confeccionadas com resíduos de madeiras tropicais de baixa densidade. *Reciclagem de resíduos para a construção civil*. Belo Horizonte: Editora da Universidade FUMEC, FEA, 2008. v. 14, p. 343-365.

SUFRAMA - SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DA ZONA FRANCA DE MANAUS (SUFRAMA). *Potencialidades Regionais - Estudos de Viabilidade Econômica*. Manaus: Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, 2003.

YEMELE, M. C. N.; BLANCHET, P.; CLOUTIER, A.; KOUBA, A. Effects of bark content and particle geometry on the physical and mechanical properties of particleboard made from black spruce and trembling aspen bark. *Forest Products Journal*, Madison, v. 58, n. 11, p. 48-56, 2008.