

PROPRIEDADES MECÂNICAS DE PAINÉIS DE MADEIRA AGLOMERADA COM *Pinus patula* e *Pinus spp.*

Helena C. VIEIRA¹; Giuliano F. PEREIRA¹; Willian GRUBERT¹; Rodrigo BUSS²; Rafaela S. AMARAL²; Caio C. D. de ALMEIDA¹; Alexsandro B. CUNHA³ e Polliana D. RIOS³

¹ Mestrandos em Engenharia Florestal, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, Brasil

² Graduando em Engenharia Florestal, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, Brasil

³ Professor Dr. no Departamento de Engenharia Florestal, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, Brasil

Resumo: O presente trabalho teve como objetivo avaliar as propriedades mecânicas de painéis produzido com *Pinus patula* e *Pinus spp.*, bem como analisar o efeito da utilização de diferentes teores do adesivo ureia formaldeído sobre as propriedades dos painéis. Para a realização do estudo foram utilizados oito tratamentos, sendo quatro compostos por *Pinus patula* e quatro de *Pinus spp.* utilizando como adesivo a ureia formaldeído nas proporções 6, 8, 10 e 12% para cada espécie. Os painéis foram produzidos com densidade nominal de 0,65 g/cm³, dimensões de 40 x 40 x 1,6 cm (largura, comprimento e espessura), ciclo de prensagem com pressão de 40 kgf/cm², temperatura de 180°C e 8 minutos de duração. Os testes mecânicos realizados foram: módulo de elasticidade à flexão estática (MOE), módulo de ruptura à flexão estática (MOR) e ligação interna (LI). Com os resultados obtidos foi possível concluir que a madeira de *Pinus patula* apresenta potencial para produção de painéis de madeira aglomerada, uma vez que os resultados obtidos para a espécie foram, em sua maioria, superiores aos de *Pinus spp.* (Industrial) e semelhantes aos encontrados na literatura.

Palavras-chave: Painéis reconstituídos, Resina sintética, Espécie alternativa.

Abstract: This study aimed to evaluate the mechanical properties of panels made with *Pinus patula* and *Pinus spp.*, and analyze the effect of using different amounts of urea formaldehyde adhesive on the panels properties. For the study was used eight treatments, four composed of *Pinus patula* and *Pinus spp.* four using as an adhesive urea formaldehyde, in the proportions 6, 8, 10 and 12% for each species. The panels were produced with nominal density of 0,65 g/cm³, dimensions 40 x 40 x 1,6 cm (width, length and thickness), the pressing cycle with pressure of 40 kgf/cm², 180 ° C temperature and 8 minutes duration. The mechanical tests performed were: modulus of bending (MOE), modulus of rupture in bending (MOR) and internal bond (LI). With the results obtained it was concluded that wood *Pinus patula* shows potential for the production of particleboard, since the results obtained for this species were mostly superior to *Pinus spp.* (Industrial) and similar to those found in the literature.

Keywords: Reconstituted panels, synthetic resin, alternative species.

1. INTRODUÇÃO

Os painéis de madeira aglomerada podem ser definidos como painéis de madeira reconstituída produzidos com pequenas partículas dispostas aleatoriamente, aglutinadas utilizando adesivos e consolidadas com o emprego de calor e pressão (CARLL, 1986; TSOUMIS, 1991; MALONEY, 1996; IWAKIRI et al., 2005; MATTOS et al., 2008; MENDES et al., 2009).

A produção de painéis de madeira aglomerada em grande escala teve início na Alemanha no início da década de 40 como forma de viabilizar a utilização de resíduos de madeira, uma vez que o período foi marcado pela dificuldade de obtenção de madeiras de boa qualidade para laminação e produção de painéis de madeira compensada em decorrência da Segunda Guerra Mundial (IWAKIRI et al. 2005). Segundo Maloney (1993), a partir desse período o desenvolvimento da indústria de painéis de madeira aglomerada ao redor do mundo tem aumentado consideravelmente.

No Brasil a produção desse tipo de painel teve início na cidade de Curitiba no ano de 1966 (IWAKIRI et al., 2001) e, atualmente o consumo de painéis de madeira aglomerada no país vem crescendo em ritmo exponencial, segundo dados da ABIPA (2015) entre os anos de 2005 e 2012 o consumo interno apresentou um crescimento de 65,0%, do mesmo modo a produção nacional apresentou um crescimento 62,8% no mesmo período. Sendo que, atualmente os painéis de madeira aglomerada são considerados um dos principais produtos do setor madeireiro brasileiro (TRIANOSKI, 2010).

Em decorrência de suas características intrínsecas, os painéis de madeira aglomerada são especialmente indicados para a indústria moveleira e marcenaria, sobretudo na produção de móveis residenciais e comerciais de linhas retas (ABIPA, 2015). Por proporcionarem uma grande variedade de usos, os painéis de madeira aglomerada podem apresentar algumas especificidades de acordo com a finalidade, sendo necessário desse modo a adequação do processo produtivo dos mesmos (IWAKIRI et al., 2005a).

O processo de fabricação desse tipo de painel é altamente tecnológico e automatizado, passando por diversas etapas até chegar ao produto final. Uma variável que apresenta extrema importância na produção de painéis de madeira aglomerada é o adesivo. Segundo Pizzi (1994), essa variável pode representar até 50% dos custos totais de produção, em decorrência disso, a definição da quantidade de adesivo a ser utilizada torna-se bastante relevante, no sentido de se buscar uma otimização na relação custo-benefício. O adesivo mais utilizado na confecção de painéis de madeira aglomerada é o ureia formaldeído e, de acordo com Roffael e Schneider (1983), 90% dos painéis de madeira aglomerada produzidos no mundo são confeccionados com esse adesivo.

Outra variável de extrema importância no processo produtivo de painéis de madeira aglomerada é a espécie utilizada, uma vez que interage com todas as outras variáveis do processo podendo exercer influências positivas ou negativas no produto final. Diferentes espécies produzem distintos tipos de matéria prima, gerando desse modo diferentes tipos de partículas após o processamento (MALONEY, 1993).

Por apresentarem propriedades desejáveis, concomitantemente com crescimento rápido e boa oferta de material no Brasil, a principal matéria prima utilizada na produção de painéis de madeira aglomerada no país é a madeira do gênero *Pinus* (IWAKIRI et al., 2005b).

Uma espécie do gênero *Pinus* ainda pouco estudada no Brasil que se pressupõe apresentar grande potencial para a produção de painéis de madeira aglomerada é o *Pinus patula*.

A árvore de *Pinus patula* é facilmente identificada por suas acículas verde-pálidas, finas e pendentes (SHIMIZU, 2005). É nativa das montanhas do leste do México, entre 18 ° N e 26 ° N de latitude, e entre 1650 e 3000 m de altitude. Embora tenha uma distribuição natural muito restrita, a espécie tem apresentado desenvolvimento satisfatório em povoamentos industriais ao longo dos trópicos e sub-trópicos, como por exemplo em países da América do Sul, Índia, Austrália, com destaque para a África do Sul onde é a espécie de coníferas mais plantada no país (DAFF, 2010).

No Brasil, o melhor desenvolvimento do *Pinus patula* ocorre em regiões de altitude elevada (900 m ou mais) como no Sudeste de Minas Gerais, Sudoeste do Paraná, Oeste de Santa Catarina e Nordeste do Rio Grande do Sul. Nessas regiões chega a apresentar produtividade de madeira maior que a do *Pinus taeda*. Quando introduzida em altitudes apropriadas, a espécie *Pinus patula* apresenta características adequadas para painéis de madeira aglomerada, como baixa densidade (SHIMIZU, 2005). Contudo, para que a espécie seja apontada como potencial para a produção ainda são necessários estudos sobre as propriedades dos painéis produzidos.

Em função da grande importância econômica dos painéis de madeira aglomerada, fica evidente a relevância de estudos que avaliem os diferentes parâmetros envolvidos na produção desse tipo de painel, como diferentes teores de adesivos e espécies alternativas.

O presente estudo teve como objetivo avaliar as propriedades mecânicas de painéis de madeira aglomerada confeccionados utilizando a madeira de *Pinus patula* e compará-las com os painéis produzidos com *Pinus* spp., bem como avaliar os efeitos que diferentes teores de adesivo ureia formaldeído exercem sobre as propriedades mecânicas dos mesmos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo do potencial da madeira de *Pinus patula* para produção de painéis de madeira aglomerada foi realizado por meio da avaliação das propriedades mecânicas de painéis produzidos com partículas de *Pinus patula* e de *Pinus* spp. comumente utilizadas na indústria do setor.

As árvores de *Pinus patula* foram retiradas de um povoamento localizado no Município de Campo Belo do Sul, no Estado de Santa Catarina (Latitude 27° 53' 55" Sul e Longitude 50° 45' 26" Oeste). Os indivíduos foram seccionados em toras de 1,5 metros até a altura comercial. As toras foram reduzidas em cavacos por meio de um picador industrial, e posteriormente, para transformar os cavacos em partículas, utilizou-se um moinho de facas do tipo Willey. Por sua vez a madeira do *Pinus* spp. foi fornecida por uma empresa da região do Planalto Catarinense, na forma de partículas.

2.1 CONFECÇÃO DOS PAINÉIS

Primeiramente as partículas foram secas em estufa a 60°C até atingirem valores de 4% ($\pm 2\%$) de umidade. O grau de umidade das partículas foi determinado por meio de uma termobalança de infravermelho (modelo M0C63u da marca Shimadzu). Com as partículas

secas iniciou-se a produção dos painéis, os mesmos com dimensões de 40 x 40 x 1,6 cm (largura, comprimento e espessura).

A produção dos painéis foi realizada no Laboratório de Tecnologia da Madeira do Departamento de Engenharia Florestal, na Universidade do Estado de Santa Catarina. O adesivo utilizado foi ureia formaldeído, com teor de sólidos de 69%. Para a aspersão do adesivo na encoladeira do tipo tambor giratório, foram utilizados um copo graduado e uma pistola a ar comprimido. Para a prensagem foram utilizadas duas etapas distintas; na primeira com o objetivo e acomodar as partículas, o material foi submetido a pressão de 5 kgf/cm² durante 5 minutos, em prensa hidráulica manual. A segunda etapa foi realizada em uma prensa hidráulica automática do modelo MA 098. A prensagem ocorreu com temperatura de 180°C, com pressão de 40 kgf/cm² e tempo de 8 minutos. Posteriormente a prensagem, os painéis foram climatizados, de acordo com a norma da NBR 14660 (ABNT, 2004), com temperatura de 20 ± 2°C e umidade relativa de 65 ± 5%.

2.2 ENSAIOS MECÂNICOS

Para os testes mecânicos as normas utilizadas estão representadas na Tabela 1.

Tabela 1. Normas utilizadas para realização dos ensaios mecânicos

Propriedade avaliada	Norma
Ligação interna	
Módulo de elasticidade à flexão estática	DIN 52362 (1982)
Módulo de ruptura à flexão estática	

Posteriormente, os resultados obtidos foram comparados com a norma CS 236-66 (1968).

2.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para o desenvolvimento do experimento foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC), constituído por 8 tratamentos, com 3 repetições (Tabela 2), sendo confeccionados 24 painéis.

Tabela 2. Delineamento experimental utilizado para a produção dos painéis

Tratamentos	Porcentagem de adesivo (%)	Espécie
T1	6	<i>Pinus patula</i>
T2	8	<i>Pinus patula</i>
T3	10	<i>Pinus patula</i>
T4	12	<i>Pinus patula</i>
T5	6	<i>Pinus spp.</i>
T6	8	<i>Pinus spp.</i>
T7	10	<i>Pinus spp.</i>
T8	12	<i>Pinus spp.</i>

Foi realizada análise estatística em todos os conjuntos de dados do experimento, em arranjo fatorial 2x4 com fatores qualitativos (diferentes espécies) e quantitativos (diferentes teores de adesivo).

Posteriormente, foram realizados os testes Shapiro-Wilk (1965) e Bartlett (1937), com o intuito de verificar respectivamente a normalidade e homogeneidade dos dados. Em seguida foi realizada a análise da variância e, nos casos em que não houve interação para os fatores qualitativos, foi realizado o teste de médias de Scott-Knott (1974). Nos casos em que constatou-se interação foi realizada a análise de regressão. A análise foi realizada, utilizando o *software Sisvar 5.3 Build 77* desenvolvido por Ferreira (2011) e a plataforma *Action* do programa *Excel*.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Tração perpendicular (Ligação interna)

Os resultados de tração perpendicular demonstraram que ocorreu interação entre as variáveis espécie e teor de adesivo ($p > F_c = 0,000$). Como é possível observar na Figura 1, em todos os teores de adesivo os painéis confeccionados utilizando partículas de *Pinus patula* apresentaram valores superiores aos confeccionados com partículas de *Pinus* spp. para essa propriedade.

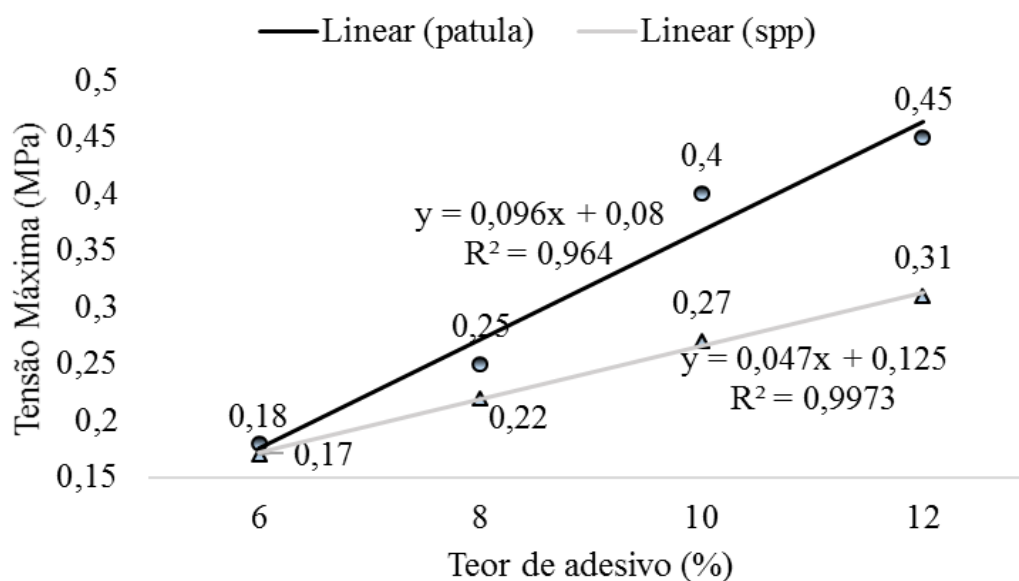


Figura 1. Análise de regressão para a variável tração perpendicular à superfície

Com a análise dos resultados também foi possível observar que com o aumento nos teores de adesivo ocorreu um incremento na resistência média dos painéis, fato semelhante ao encontrado por Dos Santos et al. (2009); Iwakiri et al. (2000b) e Mendes et al. (2012), em estudos com painéis de madeira aglomerada confeccionados utilizando diferentes teores de ureia formaldeído. Segundo Dos Santos et al. (2009), esse incremento pode ser atribuído à maior disponibilidade de adesivo por unidade de área das partículas.

Em relação à norma CS 236-66 (CS, 1968), apenas os painéis produzidos com *Pinus patula* e 12% de adesivo apresentaram valores superiores a 0,42 MPa, que corresponde ao valor mínimo exigido pela norma. Contudo, os resultados foram semelhantes e muitas vezes superiores aos encontrados na literatura. Guimarães Junior et al. (2013) encontraram o valor

de 0,27 MPa para painéis confeccionados com *Pinus oocarpa* utilizando 8% de ureia-formaldeído e densidade nominal de 0,70 g/cm³; Pedrazzi et al. (2006) encontraram valores de 0,17 e 0,13 MPa para painéis de *Eucalyptus saligna* com a utilização de 8% de ureia formaldeído e densidade nominal de 0,65 g/cm³ e; Mendes et al. (2010) obtiveram valores de 0,19 MPa para painéis produzidos utilizando bagaço de cana com 8% de ureia-formaldeído e com densidade de 0,70 g/cm³.

3.2 Flexão estática

Para o teste de flexão estática, os resultados demonstraram que não ocorreu interação entre as variáveis espécie e teor de adesivo ($p > F_c = 0,3637$ para MOE e 0,2779 para MOR). Como é possível observar na Tabela 3, para a variável espécie, os painéis produzidos utilizando partículas de *Pinus* spp. (Industrial) apresentaram-se estatisticamente superiores tanto para MOE quanto para MOR, fato que pode ser atribuído a característica das partículas, uma vez que as partículas de *Pinus* spp. (Industrial) eram mais compridas e menos espessas que as de *Pinus patula*. Geimer e Price (1978) relatam que as propriedades de flexão estática dos painéis de madeira aglomerada aumentam diretamente com o comprimento das partículas, em decorrência das características geométricas das próprias partículas e sua capacidade em suportar esforços de flexão.

Tabela 3. Valores obtidos de MOE e MOR.

Material	MOE (MPa)	CV (%)	MOR (MPa)	CV (%)
<i>Pinus patula</i>	1345,87 b	27,90	12,86 b	32,10
<i>Pinus</i> spp. (industrial)	1855,28 a	25,30	16,90 a	34,66

Nota: Médias com letras diferentes em uma mesma coluna diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 95% de confiança; CV = Coeficiente de variação.

Para a variável teor de adesivo foi possível observar que o aumento nos teores de adesivo ocasionou uma melhora nas propriedades de MOR e MOE, sendo que a máxima eficiência técnica foi encontrada com a utilização de 12% de ureia formaldeído (Figuras 2a e 2b). Segundo Mendes et al. (2010), isso pode ser explicado pelo fato de que, quanto maior a quantidade de adesivo aplicada na produção dos painéis, melhor a ligação entre as partículas, o que resulta em maior resistência à flexão.

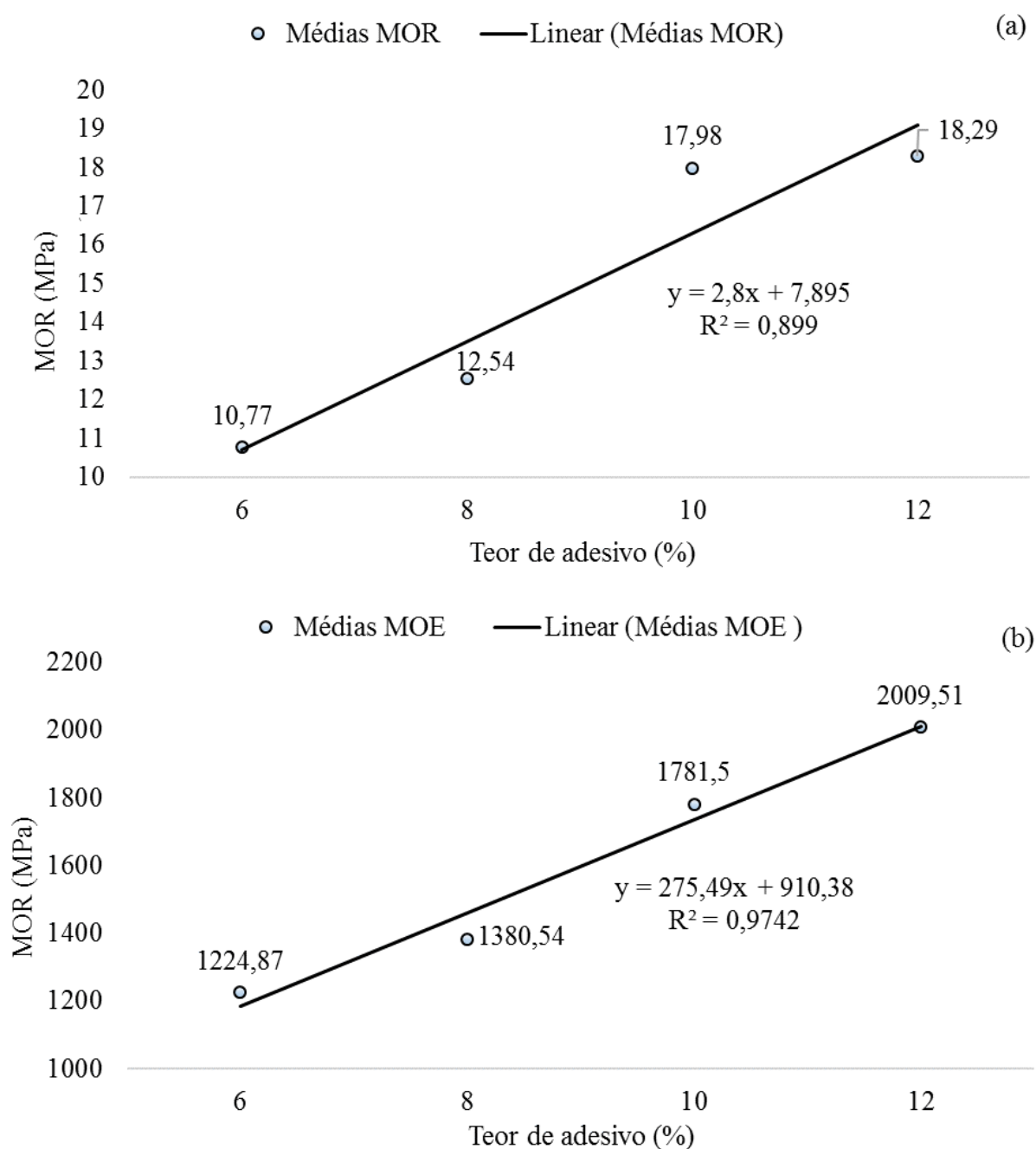


Figura 2. (a) Análise regressão para o ensaio de módulo de ruptura (MOR), (b) Análise regressão para o ensaio de módulo de elasticidade (MOE).

Em relação à norma CS 236-66 (CS, 1968), nenhum dos tratamentos atingiu os valores mínimos estipulados para o MOE (2450 N). Em contrapartida, para o MOR as médias das duas espécies apresentaram-se nos padrões exigidos pela mesma (11,2 N). Entre os diferentes teores de adesivo, somente as médias dos painéis com 6% de adesivo não atenderam aos requisitos da norma. Os resultados encontrados no estudo também foram semelhantes aos encontrados na literatura, como no estudo de Mendes et al., (2010), que encontraram médias entre 913,48 N e 1062,59 N para MOE e entre 11,37 N e 14,38 N para MOR em estudo de

painéis produzidos com diferentes teores de ureia formaldeído utilizando madeira de Eucalipto e bagaço de cana.

CONCLUSÕES

- A madeira de *Pinus patula* apresenta potencial para produção de painéis de madeira aglomerada, tendo em vista que os valores obtidos para a espécie no estudo foram em grande parte superiores aos de *Pinus* spp. e semelhantes aos encontrados na literatura. Contudo, para que os painéis produzidos atinjam as normas de qualidade, são necessários ajustes no preparo dos painéis, principalmente na densidade e nas características das partículas.

- Com exceção das propriedades de MOR e MOE, nas demais propriedades mecânicas analisadas os painéis produzidos com *Pinus patula* apresentaram valores estatisticamente iguais ou melhores aos produzidos com painéis de *Pinus* spp. (Industrial).

- O aumento nos teores de adesivo ocasionou um incremento na qualidade dos painéis, influenciando diretamente a grande maioria das propriedades estudadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIPA, Associação Brasileira da Indústria de Painéis de Madeira, MDP, Medium density particleboard – Painéis de partícula de média densidade. 2015 (a). Disponível em: < <http://www.abipa.org.br/produtosMDP.php>> Acesso: 19/05/2015.

ABIPA, Associação Brasileira da Indústria de Painéis de Madeira, Números. 2015 (b) Disponível em: < <http://www.abipa.org.br/numeros.php>> Acesso: 18/05/2015.

ABNT – Associação Brasileira de Normas técnicas. NBR 14660: Madeira – Amostragem e preparação para análise. Rio de Janeiro; 2004. 7p.

ASTM – American Society for Testing and Materials. Book of ASTM: D-1037 - Standard methods of evaluating properties of wood-base fiber and particles materials. Philladelphia, 1995.

BARTLETT, M. S. Properties of sufficiency and statistical tests. Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences, p.268-282, 1937.

CARLL, C. Wood particleboard and flakeboard: Types, grades, and uses. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory; 1986. 9 p.

COMMERCIAL STANDARD. CS 236-66: mat formed wood particleboard. [S.I.], 1968.

DAFF, Department of Agriculture, Forestry and Fisheries, Report on commercial timber resources and primary roundwood processing in South Africa 2008/9. Pretoria - South Africa, 2010.

DIN – Normen Für Holzfaserplatten Spanplatten Sperrholz. Testing of wood chipboards bending test, determination of bending strength: DIN 52362. Berlin, 1982. p. 39-40.

DOS SANTOS, R. C.; MENDES, L. M.; MORI, F. A. MENDES, R. F. Chapas de partículas aglomeradas a partir de resíduos gerados após a extração de óleo da madeira de candeia (*Eremanthus erythropapus*). SCIENTIA FORESTALIS, Piracicaba, v.37, n.84, p. 437-446, 2009.

FERREIRA, D. F.; Sisvar: a computer statistical analysis system. CIÊNCIA E AGROTECNOLOGIA (UFLA), v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

GEIMER, R. L.; PRICE, E. W. Construction variables considered in the fabrication of structural flakeboard. In: STRUCTURAL FLAKEBOARD FROM FOREST RESIDUES SIMPOSIUM. Presented by the USDA Forest Service, 1978, Kansas City. Proceedings... Washington: Forest Service. Department of Agriculture, 1978. p. 69-80.

GUIMARÃES JÚNIOR, J. B.; ARAUJO, B. L. M.; LOPES, O. P.; MENDES, R. F.; MENDES, L. M. Produção de painéis aglomerados de madeira de desrama de *Acacia mangium*. PESQUISA FLORESTAL BRASILEIRA, Colombo, v. 33, n. 76, p. 387-391, 2013.

IWAKIRI, S. CUNHA, A. B.; ALBUQUERQUE, C. E. C.; GORNIK, E.; MENDES, L. M. Resíduos de serraria na produção de painéis de madeira aglomerada de Eucalipto. SCIENTIA AGRÁRIA, Curitiba, v.1, n.1-2, p.23-28, 2000.

IWAKIRI, S.; KEINERT JÚNIOR, S.; MENDES, L. M.; ALBUQUERQUE, C. E. D.; LATORRACA, J. E. F; Painéis de Madeira. Curitiba: FUPEF, 2005a, 196p.

IWAKIRI, S.; ANDRADE, A. S.; CARDOSO JÚNIOR, A. A.; CHIPANSKI, E. R.; PRATA, J. G.; ADRIAZOLA, M.K.O. Produção de painéis aglomerados de alta densificação com uso de resina melamina-uréia-formaldeído. CERNE, Lavras, v. 11, n. 4, p. 323-328, 2005b.

MENDES, L. M.; IWAKIRI, S.; MORI, F. A.; GUIMARÃES JÚNIOR, J. B.; MENDES R. F.; *Eucalyptus urophylla* stands wood utilization at two different ages for production of particleboard panels. Cerne, Lavras, v. 15, n. 3 p. 288-294. 2009.

IWAKIRI, S.; SILVA, J. R. M.; MATOSKI, S. L. S.; LEONHARDT, G.; CARON, J. Produção de chapas de madeira aglomerada de cinco espécies de Pinus tropicais. FLORESTA E AMBIENTE, Rio de Janeiro, v. 8, n.1, p 137-142, 2001.

MALONEY, T. M. The Family of wood composite materials. FOREST PRODUCTS JOURNAL. v.46, n.2, p.19-26, 1996.

MATTOS, R. L. G.; GONÇALVES, R. M.; CHAGAS, F. B. das. Painéis de madeira no BRASIL: panorama e perspectivas. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 27, p. 121-156, mar. 2008.

MENDES, R. F. MENDES, L. M.; ABRANCHES, R. A. S.; SANTOS, R. C.; GUIMARÃES JÚNIOR, J. B Associação de eucalipto e pinus na produção de painéis aglomerados de bagaço de cana. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRA E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 12. 2010, Lavras. Anais... Lavras, 2010.

MENDES, R. F.; GUIMARÃES JÚNIOR, J. B.; SANTOS, R. C.; CÉSAR, A. A. S. Efeito da associação do bagaço de cana, do tipo e do teor de adesivo na produção de painéis aglomerados. *CIÊNCIA FLORESTAL*, Santa Maria, v.22, n.1, p.161- 170, 2012.

PIZZI, A. *Advanced wood adhesives technology*. M. Dekker: New York, 1994. 289p.

ROFFAEL, E.; SCHNEIDER, A. Untersuchungen über den Einflub von Kochsalz als Bindemittelzusatz auf Eigenschaften von Spanplatten. *Holz-Zentralblatt* 109 (103): 1414-1415. 1983.

SCOTT, A. J., KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. *BIOMETRICS*, v.30, n.3, p.507-12, 1974.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). *BIOMETRICA*, p. 591-611, 1965.

SHIMIZU, J. Y. *Pinus patula*. SISTEMAS DE PRODUÇÃO, 5. Versão Eletrônica. Nov. 2005.

TRIANOSKI, R. Avaliação do potencial de espécies florestais alternativas de rápido crescimento para produção de painéis de madeira aglomerada. 2010. 260 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2010.

TSOUMIS, G. *Science and technology of wood: structure, properties and utilization*. New York, 1991. 494 p.