

Propriedades físico-mecânicas de painéis aglomerados de *Tectona grandis* produzidos com adição de diferentes teores de PET

Érika da Silva Ferreira ¹; Aline Knuth ²

¹ Laboratório de Painéis de Madeira - LAPAM / Universidade Federal de Pelotas; ² Engenheira Industrial Madeireira / Autônoma;

Resumo: O estudo teve como objetivo avaliar as propriedades físico-mecânicas de aglomerados produzidos com madeira de *Tectona grandis* e incorporação de diferentes proporções de PET. Foram utilizadas maravalhas de teca, adição de dois tipos de partículas plásticas nas proporções de 5, 10 e 15% e adesivo ureia-formaldeído. Os parâmetros de prensagem foram: temperatura - 160°C, tempo - 3 min e pressão específica - 40kgf/cm². Os ensaios realizados foram: teor de umidade, densidade aparente, absorção de água e inchamento em espessura (2 e 24 horas) e ligação interna. Para absorção de água a adição de diferentes teores e geometrias de partículas de PET proporcionou aumento dessa propriedade. De acordo com os requisitos normativos as propriedades de inchamento em espessura em 2 h e ligação interna foram satisfatórias em todos os tratamentos. De modo geral, observou-se um desempenho satisfatório dos painéis produzidos com PET e potencial para emprego das chapas em ambientes internos.

Palavras-chave: Resíduos, Madeira, Polímero, Ureia-formaldeído, Compósito.

Physical-mechanical properties of particleboard from *Tectona grandis* produced with different contents of PET

Abstract: The study aimed to evaluate the physical-mechanical properties of particleboard produced with *Tectona grandis* wood and the incorporation of different PET contents. Teak shavings were used, addition of two types of plastic particles in the proportions of 5, 10 and 15% and urea-formaldehyde adhesive. The pressing parameters were: temperature - 160°C, time - 3 min and specific pressure - 40kgf/cm². The tests performed were: moisture content, density, water absorption and swelling in thickness (2 and 24 hours) and internal bond. For the water absorption of the panels the addition of different contents and geometries of PET particles provided an increase in this property. According to the normative requirements the properties of swelling in thickness in 2 h and internal bond were satisfactory for all evaluated treatments. In general, a satisfactory performance of the panels produced with the PET particles and the potential to applied the indoors use.

Keywords: Waste, Wood, Polymer, Urea-formaldehyde, Composite.

1. INTRODUÇÃO

Uma das principais aplicações para o aproveitamento da madeira é a fabricação de painéis aglomerados, pois permitem o uso de matéria-prima de florestas plantadas, resíduos de serrarias e desbastes, possibilitando, assim, a industrialização de um produto de características adaptáveis ao uso, reciclável e de menor custo.

Os painéis aglomerados, em sua composição, aceitam a incorporação de produtos de origem não madeireira como, por exemplo, os plásticos, que incrementam algumas propriedades do

produto final. O desenvolvimento desses novos produtos ajudam a minimizar dois problemas de atividades humanas: o aumento do valor agregado de resíduos madeireiros e a reciclagem adequada de resíduos domésticos.

Durante o processo de beneficiamento da madeira produz-se grande quantidade de resíduos que, em sua maioria, são destinados à queima, como forma de descarte, e produção de energia. Esses resíduos são compostos principalmente de serragem e por partes da árvore que não apresentam interesse econômico no mercado de madeira serrada, mas que têm larga aplicação na indústria de painéis de madeira aglomerada.

O plástico é o material que apresenta maior abundância nos descartes domésticos, e isso se deve ao elevado crescimento mundial da utilização desse material para múltiplos usos. Portanto, existe uma tendência geral de usar esses polímeros e resíduos da indústria madeireira, considerando o imenso valor potencial dos materiais processados e as implicações dos resíduos e da poluição resultantes da sua não utilização (Catto et al., 2014).

Conforme a Abiplast (2013) e Grubert (2014), 42% da distribuição dos polietilenos são para o setor de alimentos como embalagens, posteriormente ao uso, esses resíduos muitas vezes não possuem destinação adequada e, por não serem biodegradáveis, acabam originando grandes problemas ambientais.

Portanto, a procura por tecnologias que possibilitem o reaproveitamento destes plásticos residuais para obtenção de novos produtos se torna cada vez mais importante, sendo assim, um meio potencial de se reutilizar esses resíduos é na sua incorporação em painéis de madeira.

Além das propriedades físicas já citadas, é de relevância salientar a origem de um produto de menor agressão ambiental e menores custos de produção, visto que os materiais de origem são resíduos urbanos e da indústria florestal respectivamente (Grubert, 2014).

Nesse contexto, o objetivo do estudo foi avaliar o potencial tecnológico dos painéis de partículas aglomeradas produzidos com maravalhas de *Tectona grandis* (teca) e incorporação de diferentes proporções de polietileno tereftalato – PET.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material

A madeira de *Tectona grandis* L. f. (teca) foi fornecida pela empresa Floresteca, localizada no município de Cáceres – MT. O material foi disponibilizado ao Laboratório de Painéis de

Madeira - LAPAM na forma de tábuas com dimensões nominais de 25 x 65 x 2500 mm e 10% de teor de umidade.

As amostras de PET utilizadas foram garrafas plásticas (utilizadas como embalagem para refrigerantes e água mineral) cedidas pelos alunos do curso de Engenharia Industrial Madeireira. No laboratório, foram classificadas e higienizadas com água e detergente neutro, removendo lacres, tampas e rótulos.

O adesivo ureia-formaldeído foi doado pela empresa Hexion Química do Brasil, localizada no município de Montenegro - RS, apresentando as seguintes propriedades: densidade 1,34g/cm³, tempo de formação de gel 61s, pH 7,9, teor de sólidos 67,4% e viscosidade 599,54mPa.s. O catalisador utilizado para a resina ureia-formaldeído foi uma solução salina de sulfato de amônio com 25% de sólidos na proporção de 2% sob o peso de sólido resinoso.

2.2 Produção das chapas

As partículas obtidas na forma de maravalhas, foram geradas por meio do aplainamento das peças de madeira sólida com o auxílio de uma plaina desgrossadeira elétrica ajustada para remover 2,5 mm de material. Em seguida, foram classificadas em peneira de análise granulométrica, a fim de remover as partículas mais finas em malhas de 40 e 60 *mesh* (Figura 1.a.).

As partículas de PET tipo *flake* foram confeccionadas à mão, cortadas com auxílio de uma tesoura, com dimensões aproximadas de 0,2 x 5,0 x 8,0 mm e classificadas a fim de remover partículas que estivessem fora do padrão (Figura 1.b.). Para a obtenção do PET em partículas, parte do material cortado com tesoura e fragmentado em moinho de facas tipo *Willey* com malha de 10 *mesh* (Figura 1.c.).



Figura 1. a) Maravalhas de teca; b) *Flakes* de PET; c) Partículas de PET.

Inicialmente, as maravalhas de teca foram secas em estufa com circulação forçada de ar a temperatura de 60°C até alcançar teor de umidade próximo a 3%. Tal procedimento não foi realizado com as partículas e *flakes* de PET uma vez que o material já apresentava teor de umidade inferior a 1%.

As chapas foram manufaturadas com as diferentes geometrias de partículas PET e maravalhas de teca, sendo consolidadas por meio da adição de adesivo ureia-formaldeído, temperatura e pressão. As principais etapas do processo foram: aplicação de resina na encoladeira de partículas, formação do colchão, pré-prensagem, prensagem a quente e acondicionamento dos painéis.

Foram confeccionadas 18 chapas com dimensões nominais de 5 x 102 x 297 mm, densidade nominal de 0,60g/cm³, 12% de adesivo ureia-formaldeído (sólidos da resina em relação ao peso seco de partículas) e três repetições por tratamento de acordo com o plano experimental apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Plano experimental, com as diferentes proporções de PET na produção de painéis.

Tratamento	Matéria-prima	% de PET
01	madeira de teca	-
02	madeira de teca + <i>flakes</i> de PET	10
03	madeira de teca + <i>flakes</i> de PET	15
04	madeira de teca + partículas de PET	5
05	madeira de teca + partículas de PET	10
06	madeira de teca + partículas de PET	15

O processo de prensagem foi realizado de acordo com os seguintes parâmetros: 40kgf/cm² - pressão específica, 160°C - temperatura e 3 minutos - tempo de prensagem.

Após a consolidação, as chapas foram resfriadas e armazenadas em sala climatizada a temperatura de 20°C (±3) e 65% (±5) de umidade relativa do ar, onde permaneceram até atingirem o teor de umidade de equilíbrio próximo a 12 %.

2.3 Ensaios físico-mecânicos e análise estatística

Após o processo de climatização das chapas, os corpos de prova foram confeccionados de acordo com as especificações da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2013).

Os seguintes ensaios físico-mecânicos foram realizados de acordo com a norma brasileira NBR 14.810 (2013): teor de umidade, densidade aparente, absorção de água, inchamento em espessura e resistência à tração perpendicular. Para determinação do teor de umidade foi retirado 1 corpo de prova por chapa, densidade aparente 5 e para as demais propriedades avaliadas 2 corpos de prova por chapa.

O delineamento experimental empregado foi inteiramente casualizado, para o atendimento dos requisitos necessários ao emprego da análise de variância e avaliação das propriedades das

chapas foi aplicado o teste de *Kolmogorov-Smirnov*, para normalidade dos dados, e teste de *Hartley*, para verificação da homogeneidade das variâncias.

Os dados médios referentes às propriedades (absorção de água em 2 e 24 horas, inchamento em espessura em 2 e 24 horas e resistência a tração perpendicular) dos painéis foram submetidos a análise de covariância – ANCOVA, em função da variação da densidade aparente entre as chapas. O teste de médias utilizado foi o Tukey a 5% de significância.

3. RESULTADOS

Os dados referentes as propriedades físicas e mecânicas das chapas de madeira de teca e diferentes proporções de PET produzidas, estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Valores médios para teor de umidade (T.U.), densidade aparente (D.A.), absorção de água (A.A.) em 2 e 24 horas, inchamento em espessura (I.E.) em 2 e 24 horas e resistência à tração perpendicular (R.T.P.) das chapas de teca e PET.

Tratamento	T.U. (%)	D.A. (g/cm ³)	A.A. 2h (%)	A.A. 24h (%)	I.E. 2h (%)	I.E. 24h (%)	R.T.P. (MPa)
01	7,99	0,59 ^{ab**} (±7,39)*	23,29 ^a (±18,86)	68,55 ^{ab} (±12,1)	4,44 ^a (±24,89)	9,28 ^a (±18,54)	0,60 ^a (±17,73)
02	7,34	0,56 ^a (±6,11)	19,18 ^a (±32,09)	68,36 ^{ab} (±10,06)	4,43 ^a (±47,83)	10,53 ^a (±19,95)	0,43 ^a (±51,60)
03	7,14	0,56 ^a (±6,46)	20,91 ^a (±26,05)	66,27 ^a (±16,70)	3,83 ^a (±49,05)	9,47 ^a (±42,33)	0,46 ^a (±45,37)
04	7,62	0,57 ^a (±9,63)	38,32 ^b (±41,06)	71,07 ^b (±18,79)	5,85 ^a (±23,93)	9,49 ^a (±10,84)	0,67 ^a (±25,29)
05	6,28	0,63 ^b (±6,19)	28,42 ^{ab} (±30,55)	72,00 ^b (±12,35)	6,26 ^a (±50,97)	10,70 ^a (±11,22)	0,57 ^a (±12,27)
06	7,21	0,63 ^b (±4,72)	39,65 ^b (±47,35)	72,07 ^b (±8,16)	6,70 ^a (±23,38)	10,68 ^a (±8,74)	0,59 ^a (±24,33)

* () coeficiente de variação; ** Médias seguidas pela mesma letra minúscula na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5 % de significância pelo teste Tukey.

4. DISCUSSÃO

De modo geral, todos os tratamentos apresentaram teores de umidade dentro dos limites de tolerância estipulados pela norma brasileira ABNT NBR 14810 - 2 (2013), com variação média dos valores de 5 a 13%.

As chapas produzidas mantiveram a densidade aparente próxima à densidade nominal estipulada de 0,60g/cm³, variando entre 0,56 a 0,63g/cm³. Resultados similares foram observados por Maciel et al. (2004), 0,60g/cm³, para chapas produzidas com *Pinus elliottii*, poliestireno e PET.

Entretanto, Santos et al. (2011), avaliando chapas produzidas com resíduos de *Eremanthus erythropappus* (DC.) Macleish (candeia) e PET, alcançaram densidade igual a $0,70\text{g/cm}^3$.

De acordo com a norma NBR 14810-2 (2013), em painéis classificados como média densidade os valores não devem ultrapassar a faixa entre $0,551$ a $0,750\text{g/cm}^3$, enquadrando todos os painéis produzidos nesta pesquisa dentro dos padrões normativos.

A incorporação de percentuais de 5 e 15% de PET na forma de partículas (tratamentos 04 e 06) na composição dos aglomerados influenciou negativamente na propriedade de absorção de água em 2 horas. Após 24 horas de imersão dos corpos de prova a inclusão de 10% partículas também proporcionou o aumento nos valores médios de absorção. Essa alteração da propriedade pode ser justificada em função das partículas de PET possuírem uma geometria inferior aos *flakes*, fato que não favoreceu a formação de uma camada impedindo a absorção de água por meio dos espaços vazios existentes nos painéis, pois não houve preenchimento desses espaços e sim uma provável dispersão das partículas no painel consolidado.

Entretanto, para os demais tratamentos avaliados pode-se observar uma similaridade entre a absorção de água em duas horas dos aglomerados constituídos exclusivamente por madeira de teca e incorporação de PET na forma de *flakes* e de partículas apenas a 10%. Sendo um fator positivo para produção dos painéis aglomerados e reaproveitamento do resíduo de PET sem haver alteração em suas propriedades. De modo geral a adição de PET na forma de *flakes* na proporção de 15% da composição do aglomerado de teca favoreceu uma redução na propriedade de absorção de água em 24 horas.

Santos et al. (2011) observaram valores médios para AA em 2 horas de 33,46% e 64,12% para vinte e quatro horas, avaliando painéis produzidos com resíduos de *Eremanthus erythropappus* (DC.) Macleish (candeia) e PET com adição de 25% de partículas de PET e 15 mm de espessura, enquanto Maciel et al. (2004), estudando chapas de *Pinus elliottii*, PS e PET com 10mm de espessura encontraram 68,8% de absorção de água em 24 horas, sendo valores inferiores aos do presente estudo.

Para a propriedade inchamento em espessura os resultados não apresentaram diferença estatisticamente significativa, variando de 3,83% a 10,70% em duas e vinte e quatro horas, sendo valores inferiores ao requisito máximo permitido pela NBR 14810 (2013) para painéis tipo P2 sendo o limite de 21%. Resultados similares aos observados por Maciel et al. (2004) no estudo com *Pinus elliottii*, PS e PET que apresentou 11,8% de inchamento em espessura em 24 horas, e inferiores aos encontrados por Santos et al. (2011) avaliando madeira de candeia e incorporação de 25% de PET, sendo de 12,34% e 15,88%, para 2 e 24 horas, respectivamente.

Os valores para a resistência à tração perpendicular (RTP) variaram de 0,43 a 0,67MPa e não apresentaram diferença estatisticamente significativa. Santos et al. (2011) avaliando madeira de *Eremanthus erythropappus* (DC.) Macleish (candeia) e incorporação de 25% de PET observaram resultados para a propriedades de resistência à tração perpendicular que variaram de 0,47 a 0,84 MPa, sendo o limite máximo superior ao encontrado no presente estudo. Em relação a comparação ao requisito normativo exigido pela NBR 14810 - 2 (2013), que é 0,45 MPa, os valores médios observados nos tratamentos tanto para madeira de teca quanto para os diferentes tipos e proporções de partículas de PET incorporados foram superiores e satisfatórios, com exceção do tratamento com incorporação de 10% de *flakes*. Nesse contexto os resultados demonstram que a incorporação de PET na produção dos painéis não alterou negativamente na ligação interna refletindo numa colagem satisfatória.

5. CONCLUSÕES

Os aglomerados produzidos com madeira de teca e incorporação de diferentes proporções de PET apresentaram desempenho satisfatório e possuem potencial tecnológico para utilização em ambientes internos.

6. REFERÊNCIAS

ABIPLAST - Associação Brasileira Da Indústria Do Plástico. Anuário Estatístico da Abiplast 2012 – Ano base 2012. São Paulo, 2013, p.37.

ABNT - Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 14810 – 1 – Painéis de Partículas de Média Densidade – Parte 1: Terminologia. 2013. 5p

_____. NBR 14810 – 2 – Painéis de Partículas de Média Densidade – Parte 2 : Requisitos e Método de Ensaio. 2013. 69p.

Brandt, C. W.; Fridley, K. J. Effect of load rate on flexural properties of woodplastic composites. Wood and Fiber Science, v. 35, n. 1, p. 135-147, 2003.

Catto, A. L. et al. Influence of coupling agent in compatibility of post-consumer HDPE in thermoplastic composites reinforced with eucalyptus fiber. Mat. Res. São Carlos, v. 17, supl. 1, p. 203-209, 2014.

Grubert, W. Utilização de feixes de fibras de Pinus spp. e partículas de polietileno de baixa densidade (PEBD) para a produção de painéis aglomerado. 2014. 65 p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC.

Maciel, A. S. et al. Painéis de partículas aglomeradas de madeira de Pinus elliottii Engelm., poliestireno (PS) e polietileno tereftalato (PET). Revista Árvore, v.28, n.2, p.257-266, 2004.

Santos, R. C.; Mendes, L. M.; Carneiro, A. DE C. O.; Mori, F. A.; Castro, R. V. O.; Mendes, R. F. Utilização de resíduos da madeira de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) Macleish) na produção de painéis aglomerados com adição de PET. Revista Ciências Florestais, v.21, p.149-158, 2011.