



Embalagens cartonadas como matéria-prima na fabricação de compósitos

Talita BALDIN¹, Maiara TALGATTI^{1*}, Amanda Grassmann da SILVEIRA¹,
Bruna Gabrieli RESNER¹, Elio José SANTINI¹

¹Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.

*E-mail: maiara.talgatti@gmail.com

Recebido em abril/2017; Aceito em agosto/2017.

RESUMO: O objetivo do presente trabalho foi avaliar o potencial de uso de partículas de resíduos de embalagens cartonadas e partículas de *Eucalyptus grandis* para a fabricação de compósitos, colados com adesivo à base de ureia-formaldeído. Foram utilizadas cinco diferentes proporções de madeira de *E. grandis* e embalagens cartonadas. As partículas de madeira e embalagens cartonadas foram produzidas em laboratório. A avaliação da qualidade dos compósitos envolveu a caracterização da geometria das partículas, das propriedades físicas: massa específica básica, teor de umidade de equilíbrio, absorção de água e inchamento em espessura após 2 e 24 horas de imersão em água e das propriedades mecânicas: flexão estática (MOE e MOR), resistência ao arrancamento de parafuso, ligação interna e dureza Janka. A incorporação de partículas de embalagens cartonadas proporcionou uma melhoria nas propriedades físicas em relação aos compósitos puros de madeira. Já para as propriedades mecânicas, compósitos com até 50% de embalagens cartonadas obtiveram melhores resultados, no entanto, a incorporação a partir de 75% ocasionou decadência nessas propriedades. Compósitos de madeira de *E. grandis* e embalagens cartonadas apresentaram potencial para utilização em ambientes internos e podem ser uma alternativa para a produção de compósitos sustentáveis e de boa qualidade.

Palavra-chave: materiais sustentáveis, propriedades físicas e mecânicas, ureia-formaldeído.

Cartonboard packaging as a raw material in the manufacture of composites

ABSTRACT: The aim of this study was to evaluate the potential waste particles use of carton packaging and particles of *E. grandis* for the manufacture of particle boards, bonded with urea-formaldehyde-based adhesive. Five different proportions of *E. grandis* wood and cartons have been used. The wood particles and cartons were produced in the laboratory. The quality assessment panels involved characterizing the geometry of the particles, the physical properties: specific gravity, equilibrium moisture content, water absorption and thickness swelling after 2 and 24 hours of immersion in water and mechanical properties: flexural static (MOR and MOE), resistance to screw pullout, internal bond and Janka hardness. The incorporation of particulate cartons provided an improvement in physical properties relative to pure wood panels. As for the mechanical properties, panels of up to 50 % of cartons obtained best results, however, incorporating from 75 % decay caused these properties. The wood particleboard of *E. grandis* and cartons showed potential for use indoors and become an alternative for producing sustainable panels and of good quality.

Keywords: sustainable materials, physical-mechanical properties; urea-formaldehyde.

1. INTRODUÇÃO

Os compósitos foram primordialmente desenvolvidos com o intuito de aproveitamento de resíduos da indústria madeireira, no entanto, a incorporação de resíduos de outras atividades, como agrícolas e urbanas, e de materiais recicláveis, tem ganhado espaço e se tornado uma alternativa para a produção.

As embalagens cartonadas, também conhecidas como “longa vida ou Tetra Pak”, são resíduos encontrados em grande quantidade nos lixões do Brasil. Compostas, majoritariamente, por quatro camadas de polietileno de baixa densidade (PEBD), uma de papelão e uma de alumínio, as embalagens são de reciclagem complexa, dependentes de tratamento específicos para a separação dos seus constituintes. O crescimento desenfreado na utilização de produtos armazenados em cartonadas, principalmente do gênero alimentício, aliada à sua inadequada destinação final, corroboram na problemática da gestão desse resíduo no Brasil.

A possibilidade de utilização das embalagens cartonadas na produção de compósitos, combinadas com partículas de madeira, já foi mencionada anteriormente na literatura. Para Oliveira (2005) alguns adesivos termoplásticos encontrados nesse tipo de material, como o polietileno de baixa e de alta densidade (PEBD e PEAD), possuem características físicas e mecânicas que permitem a associação com partículas de madeira. Xiao e Qiu-hui (2013) testaram parâmetros como o teor de resina, o tempo e a temperatura de prensagem para otimizar a reciclagem de embalagens cartonadas, juntamente com serragem de madeira. Moya et al. (2014) referem a utilização de resíduos agrícolas e embalagens cartonadas na confecção de painéis de partículas.

A pesquisa objetiva melhorar a eficiência de reutilização de embalagens cartonadas, economizando recursos madeireiros e diminuindo a poluição ambiental. Ao mesmo tempo, agregar valor econômico a compósitos fabricados com materiais sustentáveis.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os resíduos de embalagens cartonadas foram adquiridos na Associação de Seleccionadores de Materiais Recicláveis de Santa Maria – ASMAR, localizada no município de Santa Maria, Rio Grande do Sul. A madeira de *Eucalyptus grandis* é proveniente de um plantio experimental pertencente à empresa CMPC Celulose Rio-Grandense, localizado no município de Barra do Ribeiro, Rio Grande do Sul (latitude sul 30° 17' 29'' e longitude oeste 51° 19' 9'').

As embalagens cartonadas foram guilhotinadas e transformadas em lâminas, secas a temperatura ambiente e, reduzidas a partículas com auxílio de fragmentadora de papel. As toras de *Eucalyptus grandis* foram pré-processadas em discos e, fragmentados, em moinho *flaker*. Os flocos sofreram uma nova fragmentação em moinho de martelo, com peneira de orifícios de 5,0 mm de diâmetro (Figura 1). As partículas de madeira e embalagens cartonadas foram secas em estufa, até atingirem umidade em torno de 3%.

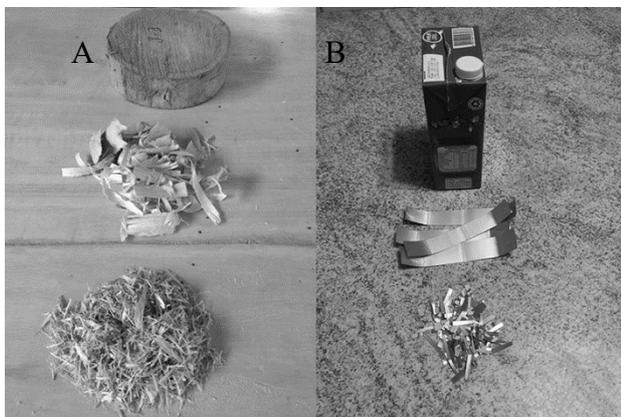


Figura 1. (A) Madeira de *Eucalyptus grandis* em forma de discos, flocos e partículas e (B) embalagem cartonada inteira, guilhotinada e transformada em partículas.

Figure 1. (A) *Eucalyptus grandis* wood in the form of discs, flakes and particles and (B) whole carton pack, guillotined and particulate.

Para a determinação da geometria das partículas, foram selecionadas, aleatoriamente, 200 partículas (100 de madeira e 100 de embalagens cartonadas) e determinados os parâmetros de comprimento, largura e espessura. Para a determinação da massa específica a granel, foi utilizado um béquer tarado e com dimensões conhecidas, onde as partículas de madeira e de embalagens cartonadas foram acondicionadas sem esforço físico e seu peso foi tomado.

Estimou-se a massa formada pela mistura de partículas de modo a permitir a produção de quinze compósitos, com dimensões de 40 x 40 x 20cm, sendo três compósitos para cada um dos cinco tratamentos que diferiram pelas proporções de madeira e embalagens cartonadas (Tabela 1).

Tabela 1. Composições dos compósitos com as proporções de madeira e resíduos de embalagens cartonadas.

Table 1. Compositions of panels with the proportions of wood and waste carton packs.

Tratamento	Tipo de adesivo	Repetições	Partículas (%)	
			Madeira	Embalagem cartonada
T0			100	0
T1	Ureia-formaldeído	3	75	25
T2			50	50
T3			25	75
T4			0	100

As partículas foram pesadas e misturadas ao adesivo ureia-formaldeído, água e catalisador a base de sulfato de amônio, em misturador tipo tambor rotatório, por meio de uma pistola acionada por compressor de ar. O colchão foi formado manualmente em uma caixa formadora, pré-prensado a temperatura ambiente e levado para a prensa hidráulica de pratos quentes, onde foi aplicada uma pressão específica de 30 kgf/cm², a temperatura de 180°C, por aproximadamente 15 minutos. Após a prensagem a quente, os compósitos foram identificados, lixados e dispostos em câmara climatizada a 20°C e 65% de umidade relativa. Após aclimação, foram seccionados em corpos de prova para os ensaios físicos e mecânicos e, novamente levados à câmara climatizada, onde permaneceram até o momento dos ensaios.

Para avaliar a qualidade dos compósitos foram realizados os ensaios físicos de teor de umidade, massa específica, absorção d'água e inchamento em espessura e os ensaios mecânicos de flexão estática, arrancamento de parafuso, ligação interna e dureza Janka, de acordo com as recomendações da norma ASTM D 1037 (1998).

As imagens da microscopia eletrônica de varredura foram realizadas nas faces transversal e tangencial dos corpos de prova, na porção do miolo, com auxílio de microscópio Tescan, modelo Vega 3SBU-EasyProb na Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul.

Os dados das propriedades físico-mecânicas foram avaliados por análise de variância, com o auxílio do pacote estatístico Statistical Analysis System – SAS® (1998), com as variáveis avaliadas em função do percentual de resíduos de embalagens cartonadas nos compósitos. Havendo a rejeição de hipótese de igualdade, foi aplicado o Teste de Tukey para comparação das médias entre os tratamentos.

3. RESULTADOS

3.1 Geometria das partículas e massa específica a granel

Os resultados apontam diferenças significativas entre as partículas de *Eucalyptus grandis* e embalagens cartonadas em relação às características dimensionais, índice de esbeltez, razão de planicidade e massa específica a granel (Tabela 2).

Tabela 2. Valores médios das características dimensionais, índice de esbeltez, razão de planicidade e massa específica a granel das partículas de *Eucalyptus grandis* e embalagens cartonadas.

Table 2. Mean values of the dimensional characteristics, slenderness index, flatness ratio and specific mass in bulk of *Eucalyptus grandis* particles and carton packs.

Trat.	Comp. (mm)	Larg. (mm)	Esp. (mm)	Vol. (mm ³)	Iez	Rp	MeG (g/cm ³)
<i>E. grandis</i>	13,0 ^b	1,85 ^b	0,33 ^b	10,0 ^b	4,4 ^b	0,72 ^b	0,06 ^b
Embalagens	25,9 ^a	6,18 ^a	0,39 ^a	57,7 ^a	10,1 ^a	2,49 ^a	0,14 ^a

*Onde: Comp. – comprimento, Larg. – largura, Esp. – espessura, Vol. – volume, Iez – índice de esbeltez, Rp – razão de planicidade e MeG – massa específica a granel; **Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

3.2 Propriedades físicas

Na Tabela 3 são apresentados os resultados referentes às propriedades físicas dos compósitos. A massa específica média dos compósitos (0,72 g/cm³) caracteriza-os como de média densidade, de acordo com a ABNT (2006). O material de origem das partículas teve influência nos resultados, visto que, a introdução de embalagens cartonadas resultou em

compósitos com maior massa específica, em relação a composição 100% madeira.

3.3 Propriedades mecânicas

A Tabela 4, ilustra as propriedades mecânicas aferidas no presente estudo. O módulo de elasticidade (MOE), conforme visto na tabela 4, é maior nos tratamentos T2 (1099,80 MPa) e T1 (946,2 MPa). Nota-se que a introdução de até 50% de partículas de embalagens cartonadas, proporciona melhoria

nos resultados e, a partir de 75%, sua adição acarreta em decadência dessa propriedade mecânica.

3.4 Microscopia eletrônica de varredura

A microscopia eletrônica de varredura demonstra que o adesivo ureia-formaldeído, disposto sobre as partículas de madeira, não cobre toda a superfície do compósito, evidenciando a deficiência na mistura e na colagem entre o adesivo e as partículas (Figura 2A).

Tabela 3. Valores médios de massa específica básica (g/cm³), teor de umidade de equilíbrio, absorção de água e inchamento em espessura após 2 e 24 horas.

Table 3. Mean values of basic specific mass (g/cm³), equilibrium moisture content, water absorption and swelling in thickness after 2 and 24 hours.

Trat.	Composição	MEb (g/cm ³)	TUEq (%)	Absorção		Inchamento	
				Após 2h	Após 24h	Após 2h	Após 24h
T0	100% M	0,67 ^a	12,40 ^c	52,02 ^e	57,33 ^d	38,34 ^d	43,42 ^d
T1	75% M e 25% EC	0,74 ^a	11,48 ^{bc}	38,05 ^d	46,88 ^c	22,12 ^c	28,33 ^c
T2	50% M e 50% EC	0,66 ^a	10,65 ^b	26,57 ^c	39,26 ^b	16,32 ^b	26,44 ^{bc}
T3	25% M e 75% EC	0,77 ^a	8,66 ^a	16,65 ^b	36,96 ^b	16,80 ^b	29,79 ^{bc}
T4	100% EC	0,76 ^a	7,80 ^a	8,60 ^a	30,49 ^a	6,85 ^a	24,14 ^a

*Onde: M – madeira, EC – embalagens cartonadas, MEb – massa específica básica, TUEq – teor de umidade de equilíbrio. **Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey à 5% de significância.

Tabela 4. Valores médios de módulo de elasticidade (MOE), módulo de ruptura (MOR), resistência ao arrancamento de parafuso (RAP), ligação interna (LI) e dureza janka.

Table 4. Mean values of modulus of elasticity (EOM), modulus of rupture (MOR), resistance to screw pulling (RAP), internal bond (LI) and janka hardness.

Trat.	Composição	MOE (MPa)	MOR (MPa)	RAP (N)	LI (MPa)	Dureza Janka (MPa)
T0	100% M	670,9 ^b	7,28 ^b	485,43 ^a	0,084 ^b	21,26 ^b
T1	75% M e 25% EC	946,2 ^{ab}	10,27 ^{ab}	570,45 ^a	0,143 ^{ab}	28,56 ^{ab}
T2	50% M e 50% EC	1099,8 ^a	11,05 ^a	599,87 ^a	0,118 ^{ab}	35,03 ^a
T3	25% M e 75% EC	663,1 ^b	8,05 ^b	496,90 ^a	0,108 ^{ab}	27,43 ^{ab}
T4	100% EC	646 ^b	8,74 ^{ab}	508,28 ^a	0,158 ^a	26,26 ^{ab}

*Onde: M – madeira, EC – embalagens cartonadas, MOE – módulo de elasticidade, MOR – módulo de ruptura, RAP – resistência ao arrancamento de parafuso e LI – ligação interna. **Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey à 5% de significância.

4. DISCUSSÃO

4.1 Geometria das partículas e massa específica a granel

O comprimento, a largura, a espessura e, conseqüentemente, o volume das partículas e o índice de esbelte, foram significativamente maiores para as embalagens cartonadas, que, por serem longas, resultam em uma maior área de contato e consumo de adesivo. A razão de planicidade, diretamente associada com o volume relativo de ar no colchão, também foi significativamente maior para as embalagens cartonadas. A geometria das partículas cartonadas confere maior aderência, resultando em menor quantidade de espaços vazios no compósito.

A massa específica a granel das embalagens cartonadas, significativamente maior que a madeira, pode ser explicada, pelo menos em parte, pela sua composição, camadas intercaladas e compactadas de plásticos, papelão e alumínio, que conferem aumento na sua massa. Cabe ressaltar que, para a avaliação da massa específica a granel, ambos os materiais foram acondicionados de forma semelhante, assim, o teor de umidade não influenciou os resultados obtidos.

4.2 Propriedade físicas

Semelhante aos valores encontrados neste estudo, Oliveira et al. (2010) obtiveram massa específica de 0,71

g/cm³ para compósitos constituídos por madeira de *Eucalyptus grandis*, partículas de polietileno e embalagens cartonadas. Tratando-se de resíduos de compensados, MDF e MDP, Weber e Iwakiri (2015) obtiveram para massa específica valores que variaram entre 0,68 e 0,76 g/cm³.

Com relação aos teores de umidade de equilíbrio (Tabela 3), verificam-se diferenças estatísticas entre os tratamentos, maiores em T0 (12,40%), T1 (11,48%) e T2 (10,65%) e menores em T3 (8,66%) e T4 (7,80%). Os tratamentos T0 e T1 não apresentaram valores dentro do intervalo proposto pela norma ABNT NBR 14910 (2006a) entre 5% e 11%. Mas apresentaram valores esperados para a madeira maciça a 20 graus e 65% de UR, próximo a 12%.

Para a absorção de água após 2 e 24 horas foram encontradas diferenças estatísticas entre os tratamentos, sendo, respectivamente, maiores em T0 (52,02% e 57,33%), T1 (38,05% e 46,88%), T2 (26,57% e 39,26%), e menores em T3 (16,65% e 36,96%) e T4 (8,60% e 30,49%). Nota-se que a introdução de embalagens cartonadas proporcionou menores taxas de absorção, após 2 e 24 horas de imersão (Tabela 3). Os resultados podem ser explicados pela hidrofília das partículas de madeira de *Eucalyptus grandis*, que possuem hidroxilas (OH) com afinidade e facilidade de ligação com moléculas de água. As embalagens cartonadas,

face a sua composição, são hidrofóbicas e possuem aversão à água.

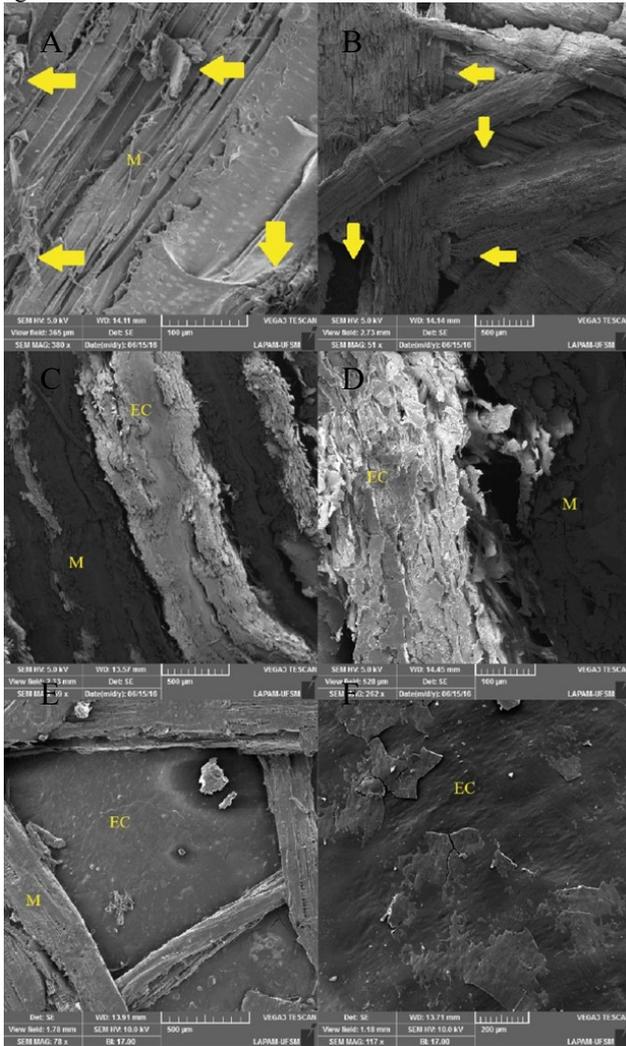


Figura 2. Microscopia eletrônica de varredura dos compósitos de madeira e embalagens cartonadas. A – Compósito fabricado exclusivamente de madeira evidenciando partes sem recobrimento do adesivo. B – Compósitos de madeira (T0) com espaços porosos entre as partículas. C, D – Arranjo das partículas de madeira e embalagens cartonadas no tratamento T2. E – Sobreposição dos materiais madeira e embalagens cartonadas. F – Superfície regular formada nos compósitos de embalagens cartonadas, devido ao derretimento do polietileno de baixa densidade quando aquecido na prensa. *Onde: A – Adesivo, EC – Embalagens cartonadas, M – Madeira, EP – Espaços porosos.

Figure 2. Scanning electron microscopy of wood composites and carton packs. A - Composite made exclusively of wood evidencing parts without coating the adhesive. B - Wood composites (T0) with porous spaces between the particles. C, D - Arrangement of wood particles and carton packs in the treatment T2. E - Overlap of wood materials and carton packs. F - Regular surface formed in the composites of carton packs, due to the melting of the low density polyethylene when heated in the press. * Where: A - Adhesive, EC - Carton packs, M - Madeira, EP - Porous spaces.

Analisando compósitos formulados com embalagens cartonadas e *Cupressus lusitanica*, *Gmelina arborea* e *Tectona grandis*, Moya et al. (2014) mostraram que a adição de cartonadas reduz a absorção de água em até 40% a 50%, em comparação à compósitos sem essas partículas. A presença de plástico nas embalagens cartonadas, segundo os

autores, reduz a capacidade de absorver a umidade, provocando a evaporação da água adicionada na formulação, durante a prensagem quando ocorre o aquecimento dos compósitos.

As normas comumente utilizadas para referenciar a qualidade de compósitos, ABNT NBR 14810 (2006a), CS 236-66 (1968), ANSI A 208.1 (1999) e EN 312 (2003) não estabelecem valores de referência para a propriedade de absorção de água. No entanto, os valores obtidos nesse estudo foram inferiores ao encontrado por Almeida et al. (2012) em aglomerados produzidos com materiais semelhantes, madeira de *Pinus elliottii* e poliestireno expandido, entre 8,60% e 103,04% após 2 e 24 horas.

Para o inchamento em espessura, após 2 e 24 horas, os maiores valores são encontrados no tratamento T0 (100% madeira), respectivamente, 38,34% e 43,42%. De modo geral, a introdução de partículas de embalagens cartonadas ocasionou uma diminuição no inchamento em espessura, devido à capacidade do polietileno de baixa densidade reforçar a colagem dos painéis no momento em que é aquecido em prensa (Tabela 3).

Analisando o inchamento em espessura, após 24 horas, Oliveira et al. (2010) apresentam para painéis aglomerados produzidos com madeira de *Eucalyptus grandis*, partículas de polietileno e embalagens cartonadas, valores superiores a este estudo, entre 45,5% e 88,9%.

Para a propriedade de inchamento em espessura após 2 horas, apenas o tratamento T4 atendeu aos requisitos da Norma EN 312 (2003) que estabelece valores máximos de 16%. A Norma Brasileira ABNT NBR 14810-1 (2006) estipula que o inchamento em espessura após 2 horas seja, no máximo de 8% e, dessa forma, somente o tratamento T4 apresentou valores dentro do proposto (6,85%). Já para o inchamento em espessura após 24 horas, os tratamentos, exceto T0, atenderam aos requisitos das Normas Comercial Americana CS-236-66 (1968) e ANSI 208.1 (1987) as quais estabelece valores máximos de 35%.

De modo geral, os maiores valores para absorção e inchamento nos compósitos de madeira podem ser atribuídos aos espaços vazios decorridos da formação do colchão, que pode ser explicado pela colagem ineficiente da madeira e pela ausência de parafina no processo de confecção dos compósitos.

4.3 Propriedades mecânicas

Para o MOE os valores encontrados no estudo foram superiores aos reportados por Corrêa (2004), de 77,03 MPa a 793,50 MPa em aglomerados de madeira-plástico. Almeida et al. (2012), também observaram valores inferiores, entre 338 MPa e 480 MPa, para painéis de serragem e poliestireno expandido.

Para o módulo de ruptura (MOR) os tratamentos T2 e T1 obtiveram os valores respectivos de 11,057 MPa e 10,272 MPa (Tabela 4), relativamente inferiores aos reportados por Oliveira et al., (2010), de 11,44 MPa a 16,87 MPa para painéis aglomerados de *Eucalyptus grandis*, polietileno e embalagens cartonadas.

Nenhum dos tratamentos apresentou valores requeridos pelas Normas ANSI A 208.1 (1999) e EN 312 (2003) que estabelecem, respectivamente, valores mínimos de 1943,8 MPa e 2300 MPa, para módulo de elasticidade e, 12,8 MPa e 16 MPa, para módulo de ruptura.

No teste de resistência ao arrancamento de parafuso, a análise de variância não apontou diferença significativa entre os tratamentos. Conforme visualizado na tabela 4, os tratamentos não atenderam as especificações mínimas exigidas pelas normas ABNT NBR 14.810-2 (2006b), CS 236 (1966) e ANSI A 208.1 (1999), de 1020 N, 723,8 N e 800 N, respectivamente.

Os resultados obtidos podem estar relacionados ao teor de adesivo utilizado. Como mencionam Pedrazzi et al. (2006) um ligeiro aumento na quantidade de adesivo ureia-formaldeído na produção de painéis de resíduos de *Eucalyptus saligna*, proporciona maior resistência ao arrancamento de parafuso.

Para ligação interna, o maior valor encontrado foi no tratamento T4, de 0,158 MPa e o menor no tratamento T0, de 0,084 MPa (Tabela 4), inferiores aos reportados por Oliveira et al. (2010), de 0,438 MPa a 0,877 MPa em painéis aglomerados confeccionados com materiais semelhantes. Almeida (2015) avaliando aglomerados de serragem e poliestireno expandido observou valores superiores aos encontrados neste estudo (0,24 MPa, 0,31 MPa e 0,49 MPa).

Os baixos valores para ligação interna podem ser explicados devido à ausência de anidrido, agente comumente utilizado na confecção dos compósitos de madeira e plástico, o que comprometeu a colagem das partículas de *Eucalyptus grandis* e de embalagens cartonadas.

Os compósitos não atenderam aos requisitos estabelecidos pelas Normas ABNT NBR 14810 (2006a) e EN 312 (2003), que estabelecem, respectivamente, valores mínimos de 0,40 MPa e 0,35 MPa para a propriedade de ligação interna.

Em relação a dureza Janka, nota-se que a introdução de até 50% de partículas de embalagens cartonadas proporciona uma melhoria nos resultados, e a partir de 75% incorre numa decadência dos valores da propriedade. Os tratamentos, exceto T0, atenderam aos requisitos exigidos pela norma ANSI A. 280.1 (1999) que estabelece o valor mínimo de 22,7 MPa para dureza Janka.

4.4 Microscopia eletrônica de varredura

A estrutura das partículas de madeira é visualizada como uma superfície irregular devido ao processo de rompimento na sua preparação em moinho de martelo. A quantidade de espaços porosos entre as partículas, pode ser explicado pela colagem ineficiente da madeira e pela ausência de parafina no processo de confecção dos compósitos (Figura 2B).

A superfície tangencial do corpo de prova e a forma como as partículas de madeira e embalagens cartonadas estão arranjadas no compósito, é evidenciada nas Figuras 2C e 2D. A sobreposição dos materiais madeira e embalagens cartonadas, bem como a geometria das partículas, podem ser observadas na Figura 2E, reportando partículas de madeira, curtas e estreitas, enquanto as de embalagens, são longas e largas. A diferença na geometria, pode ter ocasionado, pelo menos em parte, o alto valor das propriedades mecânicas de módulo de elasticidade, módulo de ruptura e resistência ao arrancamento de parafuso. O derretimento do polietileno de baixa densidade (PEBD) das embalagens cartonadas durante o aquecimento em prensa, forma uma superfície regular em relação às partículas de madeira (Figura 2F).

5. CONCLUSÕES

Os resíduos de embalagens cartonadas apresentam potencial para a produção de compósitos sustentáveis de boa qualidade, indicados para ambientes internos, isolamento térmico, miolos de paredes e portas, tornando-se uma alternativa viável para a destinação de tais resíduos. Devido ao colorido encontrado nas embalagens cartonadas, o que dá, igualmente, cor aos compósitos, indica-os como uma excelente opção para objetos decorativos.

Embora o adesivo ureia-formaldeído tenha se mostrado eficiente e viável para a produção de compósitos aglomerados de madeira de *E. grandis* e embalagens cartonadas, nos próximos estudos, recomenda-se a avaliação de diversos teores desse adesivo e adição de parafina.

6. REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14810**: Chapas de madeira aglomerada – Parte 1 – Requisitos. Rio de Janeiro, 2006a.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14810**: Chapas de madeira aglomerada – Parte 2 – Requisitos. Rio de Janeiro, 2006b.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTA PLANTADA (ABRAF). **Anuário Estatístico da ABRAF (2012)**. Brasília-DF, 2013. 142 p.
- ALBERTO, M. M. M. **Efeito da geometria das partículas e da densidade sobre as propriedades de painéis estruturais “waferboards”**. 1992. 122 f. Dissertação (Mestrado em Ciências – Universidade Federal do Paraná). Curitiba, 1992.
- ALMEIDA, J. E. de; LOGSDON, N. B.; JESUS, J. M. H. de. Painéis de madeira aglomerada produzidos com serragem e poliestireno expandido. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 1, p. 189-200, 2012.
- AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE – ANSI A2081, **Mat-formed Wood Particlepanel: Specification**. National Particlepanel Association, Gaithersburg, 1999.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM D 1037. Standard test methods for evaluating properties of Wood based fiber and particle panel materials. **Annual Book of ASTM Standards**, Philadelphia, v.04.09, 1998.
- AZAMBUJA, R. R. **Aproveitamento de resíduos de construção e demolição para produção de painéis aglomerados**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal – Universidade Federal do Paraná), Curitiba, 2015.
- BIANCHE, J. J.; CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B. R.; PEREIRA, F. A.; SANTOS, R. C.; SORATTO, D. N. Propriedades de painéis aglomerados fabricados com partículas de eucalipto (*Eucalyptus urophylla*), paricá (*Schizolobium amazonicum*) e vassoura (*Sida* spp.). **Revista Cerne**, Lavras, v. 18, n. 4, p. 623-630, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-77602012000400012>
- CIANNAMEA, E. M.; STEFANI, P. M.; RUSECKAITE, R. A. Medium-density particleboards from modified rice husks and soybean protein concentrate-based adhesives. **Bioresource Technology**, v. 101, n. 2, p. 818-825, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.08.084>

- COMMERCIAL STANDARD. CS 236:66. **Mat formed wood particleboard**. 1968.
- CORRÊA, G. R. **Desenvolvimento, produção e caracterização de compósitos de madeira-plásticos para aplicação na indústria moveleira**. 2004. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais – Rede Temática em Engenharia de Materiais). Belo Horizonte, 2004.
- EUROPEAN STANDARD. EN 312. **Particleboards** – Specifications, 2003.
- HASELEIN, C. R. **Análise de parâmetros para a fabricação de chapas de partículas aglomeradas de madeira de eucalipto (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden) e embaúva (*Cecropia* sp.)**. 1989. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal – Universidade Federal de Viçosa). Viçosa-MG, 1989.
- IWAKIRI, S. **A influência de variáveis de processamento sobre propriedades de chapas de partículas de diferentes espécies de *Pinus***. 1989. 130 f. Tese (Doutorado em Ciências – Universidade Federal do Paraná). Curitiba-PR, 1989.
- IWAKIRI, S.; CUNHA, A. B.; ALBUQUERQUE, C. E. C.; GORNIK, E.; MENDES, L. M. Resíduos de serrarias na produção de painéis de madeira aglomerada de eucalipto. **Scientia Agraria**, Piracicaba, v. 1, n. 1/2, p. 23-28, 2000. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rsa.v1i1.963>
- IWAKIRI, S.; ANDRADE, A. S.; CARDOSO JUNIOR, A. A.; CHIPANSKI, E. R.; PRATA, J. G.; ADRIAZOLA, M. K. O. Produção de painéis aglomerados de alta densificação com uso de resina melamina-ureia-formaldeído. **Revista Cerne**, Lavras, v. 11, n. 4, p. 323-328, 2005.
- OLIVEIRA, F. V. **Compósitos de partículas de madeira de *Eucalyptus grandis*, polietileno e embalagens cartonadas**. 2005. 71 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal – Universidade Federal de Viçosa). Viçosa-MG, 2005.
- OLIVEIRA, F. V.; VITAL, B. R.; SILVA, J. C.; CARNEIRO, A. C. O.; PIMENTA, A. S. Efeito da acetilação das partículas de madeira de *Eucalyptus grandis* e na inclusão de partículas de polietileno e de embalagens cartonadas nas propriedades de chapas de aglomerado. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 5, p. 937-946, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622010000500019>
- PEDRAZZI, C.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J.; SCHNEIDER, P. R. Qualidade de chapas de partículas de madeira aglomerada fabricadas com resíduos de uma indústria de celulose. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 2, p. 201-212, abr./jun. 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/198050981899>
- SOUZA, J. T. **Aproveitamento da casca de arroz para fabricação de chapas aglomeradas**. 2012. 94f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria-RS, 2012.
- VARANDA, L. D.; NASCIMENTO, M. F.; CHRISTOFORO, A. L.; SILVA, D. A. L.; ROCCO LAHR, F. A. Oat Hulls as addition to high density panels production. **Materials Research**, São Carlos, v. 16, p. 1355-1361, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-14392013005000131>
- WEBER, C.; IWAKIRI, S. Utilização de compensados, MDF e MDP para produção de painéis aglomerados. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 2, p. 405-413, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/1980509818460>