



# III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

## Painéis de madeira e embalagens cartonadas: Uma proposta sustentável

Daniela Conti<sup>1</sup>  
Talita Baldin<sup>2</sup>  
Bruna Reesner<sup>1</sup>  
Maiara Talgatti<sup>3</sup>  
Amanda Silveira<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade do Oeste de Santa Catarina / UNOESC

<sup>2</sup> Universidade Federal de Santa Maria - Departamento de Engenharia Florestal

<sup>3</sup> Universidade Federal de Santa Maria

---

## **Painéis de madeira e embalagens cartonadas: Uma proposta sustentável**

**Resumo:** Atualmente a utilização de materiais alternativos, como os resíduos agrícolas, urbanos e industriais, tem se tornado realidade na produção de painéis. As embalagens cartonadas, utilizadas em escala global, são conhecidas pela sua reciclagem complexa, face à sua composição que compreende polietileno de baixa densidade, papelão, plástico e alumínio. A pesquisa objetiva melhorar a eficiência de reutilização da reciclagem de embalagens cartonadas, economizando recursos madeireiros na produção de painéis e reduzindo a poluição ambiental. Foram utilizadas cinco diferentes proporções de madeira de *Eucalyptus grandis* e embalagens cartonadas. A qualidade dos painéis foi avaliada conforme suas propriedades físicas de massa específica básica, teor de umidade de equilíbrio, absorção de água e inchamento em espessura, após 2 e 24 horas de imersão em água. A incorporação de partículas de embalagens cartonadas proporcionou uma melhoria nas propriedades físicas em relação aos painéis puros de madeira. A associação de embalagens cartonadas e madeira apresenta potencial para utilização em ambientes internos e decoração, tornando-se uma alternativa para a produção de materiais sustentáveis e de boa qualidade.

**Palavras-chave:** materiais sustentáveis. *Eucalyptus grandis*. ureia-formaldeído.

### **Wood panels and carton packs: A sustainable proposal**

**Abstract:** The use of alternative materials, such as agricultural, urban and industrial waste, has become a reality in the production of particleboards. The Tetra Pak packages, used on a global scale, are known for their complex recycling in view of their composition, with low density polyethylene, paperboard, plastic and aluminum. The research aims to improve the recycling efficiency of Tetra Pak packages recycling, saving wood resources in the production of particleboards and reducing environmental pollution. Five different proportions of *Eucalyptus grandis* wood and Tetra Pak packages were used. The quality of the particleboard was evaluated according to their physical properties of basic specific mass, moisture content, water absorption and thickness swelling in after 2 and 24 hours immersion in water. The incorporation of particles from Tetra Pak packages provided an improvement in physical properties over pure wood particleboards. The association of Tetra Pak packages and wood presents potential for use in interior and decoration, becoming an alternative for the production of sustainable and good quality materials.

**Keywords:** sustainable materials. *Eucalyptus grandis*. Urea-formaldehyde.

## **1. INTRODUÇÃO**

Embora o crescimento populacional apresenta-se em taxas decrescentes, ainda, o padrão de consumo é alto diante das facilidades da vida diária. A quantidade de lixo gerada pela humanidade deu um grande salto nas últimas décadas, o que preocupa a sobrevivência e preservação do meio ambiente, Almeida e Logsdon (2012).

Os resíduos gerados por serrarias ou por indústrias madeireiras, por vezes, são outro grande problema. Seu gerenciamento é uma das principais dificuldades das indústrias brasileiras, porém, seu aproveitamento, se bem administrado, evita problemas nos aterros sanitários e extrações desnecessárias (PINHEIRO et al., 2008). Nesse sentido, é importante a prática de novas pesquisas que incorporam sustentabilidade ao setor florestal, na busca de materiais ou tecnologias alternativas,

---

derivadas dos recursos naturais renováveis, além da reciclagem de resíduos que podem ser incorporados nestes trabalhos, Barata (2008).

Os painéis aglomerados, produzidos, primordialmente a partir de madeira fragmentada, foram desenvolvidos com o intuito de aproveitamento de resíduos da indústria madeireira, no entanto, a incorporação de sobras de outras atividades, como agrícolas e urbanas, tem ganhado espaço e se tornado uma alternativa para a sua produção.

Os aglomerados, no início de sua comercialização, não tiveram boa aceitação pelo mercado brasileiro, o seu uso levantava questões em relação às suas limitações, como: alta absorção de água, inchamento, usinagem de bordos e problemas quanto à fixação de parafusos. Porém, a introdução de novas tecnologias como a adição de parafina e o controle do gradiente da densidade tem minimizado a problemática mencionada, IWAKIRI et. al. (2005). No Brasil, comenta Iwakiri et. al., (2000), a primeira indústria de aglomerado foi instalada em Curitiba, em 1966, e conforme dados da ABRAF (2013), nos últimos 10 anos, a produção de painéis teve um crescimento médio de 8,9% ao ano, em razão da substituição do uso de compensados pelos painéis de madeira industrializada na produção de móveis, além do crescimento da construção civil.

As embalagens cartonadas, também conhecidas como “longa vida ou tetra pak”, são resíduos encontrados em grande quantidade nos lixões de todo o 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 painéis, combinadas com partículas de madeira, é 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 à utilização de resíduos agrícolas e embalagens cartonadas na confecção de painéis de partículas.

A pesquisa objetiva melhorar a eficiência de reutilização da reciclagem de embalagens cartonadas, economizando recursos madeireiros e diminuindo a poluição ambiental. Ao mesmo tempo busca incorporar práticas sustentáveis ao setor florestal.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Caracterização de material utilizado**

Os resíduos de embalagens cartonadas foram adquiridos na Associação de Seleccionadores de Materiais Recicláveis de Santa Maria (ASMAR), Santa Maria, Rio Grande do Sul. A madeira de *Eucalyptus grandis* é proveniente de um plantio experimental, instalado em 1972, pertencente à empresa CMPC Celulose Riograndense, localizado no município de Barra do Ribeiro (latitude sul 30° 17' 29" e longitude oeste 51° 19' 9"), Rio Grande do Sul.

## 2.2 Preparação das partículas de madeira e embalagens cartonadas

As embalagens cartonadas foram guilhotinadas e transformadas em lâminas, secas a temperatura ambiente e reduzidas em partículas com auxílio de fragmentadora de papel. As toras de *Eucalyptus grandis* foram pré-processadas em discos e fragmentados em moinho flaker, os flocos então sofreram processamento 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%.

## 2.3 Preparo e prensagem dos painéis

A massa formada pela mistura de partículas foi estimada de forma a permitir a produção de três painéis por tratamento, com dimensões de 40 x 40 x 20 cm, totalizando cinco tratamentos em diferentes proporções de madeira e embalagens cartonadas (Tabela 1).

Tabela 1. Composições dos painéis com as proporções de madeira e resíduos de embalagens cartonadas, utilizando-se o adesivo uréia-formaldeído

Identificação	Madeira (%)	Embalagens cartonadas (%)
T0	100	0
T1	75	25
T2	50	50
T3	25	75
T4	0	100

As partículas foram pesadas e misturadas ao adesivo ureia-formaldeído, a água e ao 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/cm<sup>2</sup>, a temperatura de 180°, por aproximadamente 15 minutos. Após a prensagem a quente, os painéis foram identificados, lixados e dispostos em câmara climatizada a 20° e 65% de umidade relativa (Figura 1). 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.



Figura 1. (A) prensa hidráulica utilizada para prensagem a quente; (B) formação do colchão com partículas de madeira; (C) formação do colchão com partículas de embalagens cartonadas; (D) painéis formados, lixados e prontos para aclimação, evidenciando todos os tratamentos.

## 2.4 Determinação da qualidade dos painéis

Para avaliar a qualidade dos painéis foram realizados os ensaios físicos de teor de umidade, massa específica, absorção d'água e inchamento em espessura, de acordo com as recomendações da norma ASTM D 1037 (1998).

### 2.4.1 Teor de umidade e massa específica

Para ambos os ensaios físicos, os corpos-de-prova utilizados possuíam dimensões de 5 cm x 5 cm x 0,95. Foi determinada a massa ao teor de umidade equilíbrio e, posteriormente, os corpos-de-prova foram secos em estufa a 103°C, para determinação da massa seca.

### 2.4.2 Absorção d'água e inchamento em espessura

Foram usados corpos-de-prova com dimensões de 15cm x 15cm x 0,95 cm, com oito pontos demarcados na superfície para a medição dos valores de espessura com relógio comparador. As dimensões laterais foram obtidas com paquímetro digital com 0,01mm de precisão, e a massa, com balança digital com precisão de 0,01 g.

Com estes dados foram realizados os cálculos da absorção d'água e inchamento em espessura. Todas as variáveis foram obtidas das amostras ao teor de umidade de equilíbrio e após 2 e 24 horas de imersão em água.

## 2.5 Delineamento experimental

Os dados das propriedades físicas foram avaliados por análise de regressão. Onde foi utilizada a modelagem dos parâmetros 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 painéis. Havendo a rejeição de hipótese de igualdade foi aplicado o Teste de Tukey com nível de significância a 5% para comparação das médias entre os tratamentos.

## 3 Resultados e Discussões

Os valores obtidos no experimento para massa específica não tiveram diferença significativas entre si, por isso, a média dos painéis de 0,72 g/cm<sup>3</sup>, caracteriza-os como de média densidade (ABNT NBR 14810-1, 2006a) (Tabela 2). O material de origem das partículas teve influência nos resultados, visto que, a introdução de embalagens cartonadas resultou em painéis com maior massa específica, em relação à composição 100% madeira.

Tabela 2: Valores médios de massa específica básica (g/cm<sup>3</sup>), teor de umidade de equilíbrio, absorção de água e inchamento em espessura após 2 e 24 horas

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

\*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 a 5% de significância.

Semelhante aos valores encontrados neste estudo, Oliveira et al. (2010) obtiveram massa específica de 0,71 g/cm<sup>3</sup>, para painéis de 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 0,68 a 0,76 g/cm<sup>3</sup>.

Com relação aos teores de umidade de equilíbrio (tabela 2), 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 14810-1 (2006a) entre 5% e 11%.

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 2). Os resultados podem ser explicados pela hidrófila das partículas de madeira de *Eucalyptus grandis*, que possuem hidroxilas (OH) com afinidade e facilidade de ligação com a molécula de água, do contrário, as embalagens cartonadas, devido a sua composição, são hidrofóbicas e possuem aversão à água.

Analisando compósitos formulados com embalagens cartonadas e *Cupressus lusitanica*, *Gmelina arborea* e *Tectona grandis*, Moya et al. (2014) mostram que a adição de cartonadas reduz a absorção de água em até 40% a 50%, em comparação a painéis 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 e aquecimento das chapas.

As Normas comumente utilizadas para referenciar a qualidade de painéis ABNT NBR 14810-1 (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 neste estudo foram inferiores ao encontrado por Almeida et al. (2012) em aglomerados produzidos com materiais semelhantes, madeira de *Pinus elliotii* 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% (Tabela 2). De modo geral, a introdução de partículas de embalagens cartonadas ocasionou uma diminuição no inchamento, devido à capacidade do polietileno de baixa densidade, reforçar a colagem dos painéis no momento em que é aquecido em prensa.

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 Europeia EN 312 (2003) que estabelece valores máximos de 16%. A Norma Brasileira ABNT NBR 14810-1 (2006a) 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- 36-66 (1968) e ANSI 208.1 (1999) as quais estabelece valores máximos de 35%.

De modo geral, os maiores valores para absorção e inchamento nos painéis de madeira podem ser atribuídos aos espaços vazios e a porosidade ocasionada na formação do colchão.

#### **4 Conclusão**

Os resíduos de embalagens cartonadas apresentam potencial para a produção de painéis sustentáveis e 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 painéis, indica-os como uma excelente opção para objetos decorativos.

---

## 5 Referências Bibliográficas

ABRAF. Associação Brasileira de Produtores de Floresta Plantada. **Anuário Estatístico da ABRAF (2012)**. Brasília-DF, 2013. 142 p.

ALMEIDA, J. E.; LOGSDON, N. B. **Reaproveitamento de materiais para serem utilizados na construção civil: reuso de serragem e isopor para painéis de madeira aglomerada**. XIV ENTAC - Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Juiz de Fora, 2012.

ALMEIDA, J.E. de; LOGSDON, N.B.; JESUS, J.M.H. de. **Painéis de madeira aglomerada produzidos com serragem e poliestireno expandido**. Revista Floresta, v.42, n.1. Curitiba-PR, 2012. p.189-200.

AZAMBUJA, A.; LAHR, F. A. R.; SILVA, S. A. M. **Análise da viabilidade de utilização de resíduos de maçanduba na produção de painéis de madeira aglomerada**. Anais do X Encontro Brasileiro em Madeiras e Estruturas de Madeiras, São Pedro, 2006.

BARATA, T. Q. F. **Proposta de painéis leves de madeira para vedação externa adequados ao zoneamento bioclimático brasileiro**. Campinas, 2008. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.

IWAKIRI, S. et. al. Produção de painéis aglomerados de alta densificação com uso de resina melamina-ureia-formaldeído. **Revista Cerne**, v.11, n.4. Lavras-MG, 2005. p.323-328.

IWAKIRI, S. et. al. Resíduos de serrarias na produção de painéis de madeira aglomerada de eucalipto. **Scientia Agraria**, v.1, n.1/2. Piracicaba,-SP, 2000. p.23-28.

MOYA, R.; CAMACHO, D.; OPORTO, G. S.; SOTO, R. F.; MATA, J. S. Physical, mechanical and hydration kinetics of particleboards manufactured with woody biomass (*Cupressus lusitanica*, *Gmelina arborea*, *Tectona grandis*), agricultural resources, and Tetra Pak packages **Waste Manag Res.**, v. 32, p. 106. 2014.

OLIVEIRA, F. V. **Compositos de partículas de madeira de *Eucalyptus grandis*, polietileno e embalagens cartonadas**. 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**, v.34, n.5. Viçosa-MG, 2010, p.937-946.



---

PINHEIRO, I. G.; VALLE, J. A. B.; LIRA, J.; PELEGRINI, M. Bancos de jardim e revestimentos de pisos construídos com placas fabricadas a partir de resíduos sólidos de uma indústria de papel reciclado – aspectos tecnológicos e ambientais. *Revista de estudos ambientais*, 2008.

XIAO, S., QIU-HUI, Z. Study on the optimum hot-pressing process and surface decoration of waste tetra pak / sawdust composite board. **Advanced Materials Research**, v. 710, p. 147-151, 2013.