

---

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE SERRARIA NA  
PRODUÇÃO DE CHAPAS DE MADEIRA  
AGLOMERADA DE *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus*  
*citriodora* e *Eucalyptus pilularis*

---

SETSUO IWAKIRI  
Dr., Prof. Titular, DETF - AG - UFPR  
CLAIR ROGÉRIO DA CRUZ  
DANIÈLLE PREVIDI OLANDOSKI  
MARTHA ANDREIA BRAND  
Mestrandos em Eng. Florestal - UFPR

R E S U M O

**N**esta pesquisa, foram produzidas em laboratório, chapas de madeira aglomerada de *Eucalyptus saligna*, *E. citriodora* e *E. pilularis* e misturas destas espécies. As partículas de madeira foram obtidas a partir de costaneiras provenientes de desdobro de toras em serraria. A quantidade de resina aplicada foi de 8 e 12%. Foram avaliadas as seguintes propriedades: absorção de água e inchamento em espessura após 2 e 24 horas de imersão em água, módulos de elasticidade e de ruptura em flexão estática e ligação interna. As chapas demonstraram boa estabilidade dimensional e as propriedades de módulo de ruptura e ligação interna apresentaram valores médios bem acima do mínimo exigido pela norma CS 236-66. Com base nos resultados obtidos, pode-se recomendar a utilização destas espécies de eucalipto para produção industrial de chapas de madeira aglomerada.

**Palavras-chaves:** aglomerados, eucalipto, propriedades das chapas

A B S T R A C T

UTILIZATION OF SAWMILL RESIDUES IN  
PARTICLEBOARD PRODUCTION OF  
*Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus citriodora*  
and *Eucalyptus pilularis*

In this experiment, particleboards of *Eucalyptus saligna*, *E. citriodora* and *E. pilularis*, and a mixtures of this wood species were manufactured in the laboratory. The particles were generated from the slabs deriving from sawmills. Resin levels of 8 and 12% were used. The following board properties were evaluated: water absorption and thickness swelling after 2 and 24 hours water soaking, modulus of elasticity and rupture in static bending tests and internal bonding. The boards showed a high dimensional stability and the properties of the modulus of rupture and internal bonding were higher than the minimum required by the CS 236-66 standard. Based on the results of this research, the uses of these eucalyptus species could be recommended for particleboard production.

**Key words:** particleboard, eucalyptus, board properties

## INTRODUÇÃO

O crescimento da produção mundial de chapas de madeira aglomerada tem sido altamente significativo, passando de 30 milhões de m<sup>3</sup> em 1975 para mais de 60 milhões de m<sup>3</sup> em 1995 (TOMASELLI, 1999). Esse aumento reflete a importância deste segmento industrial madeireiro, tendo em vista, os aspectos como o grande volume de produção, características isotrópicas do produto e utilização racional da madeira, este último, em função do aproveitamento integral da madeira.

Nos aspectos concernentes a matéria-prima, as indústrias de aglomerados são supridas quase que integralmente de madeiras de reflorestamento de pinus, competindo com outros segmentos das indústrias de base florestal. Perante este contexto, surge a necessidade de utilização de espécies alternativas de rápido crescimento, visando manter o balanço de produção-consumo de produtos de madeira. Uma destas alternativas seria o aproveitamento de espécies de eucalipto para produção de chapas de madeira aglomerada.

O Brasil possui grandes áreas de plantios de inúmeras espécies de eucalipto localizadas nas regiões sul e sudeste, e que poderiam ser estudadas quanto a viabilidade de uso para produção de aglomerados.

Na produção de chapas de madeira aglomerada, o fator espécie está relacionado principalmente com a densidade da madeira. Durante o processo de prensagem da chapa, o material é densificado até atingir a espessura final desejada. As propriedades físico-mecânicas da chapa são altamente influenciadas pela relação entre a densidade da chapa e a densidade da madeira utilizada, a qual é denominada de razão de compactação (MOSLEMI, 1974; MALONEY, 1993; KELLY, 1977). De acordo com KAWAI & SASSAKI (1993), as propriedades mecânicas das chapas produzidas com diferentes espécies, apresentam uma relação direta e linear com a razão de compactação. Por outro lado, chapas

com maior razão de compactação resultam em maior inchamento em espessura. Ainda segundo os autores, chapas produzidas com baixa densidade, foram mais estáveis dimensionalmente.

Para viabilizar a utilização de espécies de maior densidade, existe a alternativa de mistura de espécies de maior e menor densidade, visando manter a razão de compactação dentro da faixa aceitável, que segundo a literatura deve estar na faixa de 1,3 a 1,6 (MOSLEMI, 1974). Pesquisa realizada por IWAKIRI, et al. (1996), demonstrou a viabilidade de produção de aglomerados com mistura de madeiras de *Pinus elliottii* e *Eucalyptus dunnii*, em proporções de até 50% de cada espécie.

Além da densidade da madeira e da chapa, outras variáveis importantes que influenciam nas propriedades das chapas são: acidez, teor de umidade das partículas, tipo e quantidade de resina (TSOUMIS, 1991; KELLY, 1977). Com relação a acidez, é uma característica peculiar de cada espécie de madeira e poderá interferir negativamente na cura da resina uréia-formaldeído, que ocorre no meio ácido. Portanto, se uma espécie possui alta acidez, poderá resultar em pré-cura da resina, prejudicando as propriedades da chapa (MALONEY, 1993).

O tipo de resina a ser utilizado depende das condições de uso das chapas. A resina uréia-formaldeído apresenta baixa resistência a umidade em comparação às resinas melamina e fenol-formaldeído. Desta forma, a uréia-formaldeído é recomendada para uso interno e as demais para uso externo. As propriedades físico-mecânicas das chapas são melhoradas com o aumento na quantidade de resina, no entanto, deve ser condicionada a otimização da relação custo-benefício, de acordo com a finalidade de uso e resistência mínima exigida (MARRA, 1992).

Quanto ao teor de umidade das partículas, no processo industrial, é recomendada a secagem na faixa de 2 a 3%, para minimizar o efeito da formação de alta pressão interna de vapor

durante a prensagem a quente e ocorrência de delaminação nas chapas, no momento da abertura dos pratos da prensa (MOSLEMI, 1974).

Esta pesquisa foi conduzida com o objetivo de avaliar o comportamento da madeira de *Eucalyptus saligna*, *E. citriodora*, *E. pilularis* e mistura destas, na produção de painéis de madeira aglomerada, utilizando dois diferentes níveis de resina.

## MATERIAIS E MÉTODOS

As espécies de madeira utilizadas nesta pesquisa foram *Eucalyptus saligna*, *E. citriodora* e *E. pilularis*, provenientes da Fazenda Experimental da Escola Superior de Agricultura da Universidade de São Paulo, localizada no Município de Piracicaba-SP.

As partículas de madeira foram obtidas a partir de costaneiras obtidas do desdobro de toras em serraria. Inicialmente, as partículas foram geradas com as dimensões nominais de 25 mm de comprimento, 0,7 mm de espessura e largura variável, sendo posteriormente, reduzidas em dimensões menores no moinho de martelo. A secagem foi conduzida à umidade final na faixa de 3%.

A resina utilizada foi a uréia-formaldeído, com teor de sólidos de 66% e viscosidade de 520 cp. Foi aplicada em quantidades de 8 e 12% base peso seco das partículas, utilizando como catalisador o sulfato de amônia.

As chapas foram produzidas à densidade nominal de 0,8 g/cm<sup>3</sup>, com as dimensões de 45 x 55 x 1,5 cm. O ciclo de prensagem foi: temperatura = 140°C, pressão específica = 40 kgf/cm<sup>2</sup> e tempo de prensagem = 8 minutos. Foram produzidas 3 chapas por tratamento, perfazendo um total de 21 chapas.

O delineamento experimental está demonstrado na tabela 1, a seguir:

Após a prensagem e acondicionamento das

chapas em câmara de climatização à temperatura de 20±2°C e umidade relativa de 65±3%, foram retirados os corpos de prova para realização dos seguintes ensaios físico-mecânicos:

- Absorção de água após 2 e 24 horas de imersão;
- Inchamento em espessura após 2 e 24 horas de imersão em água;
- Flexão estática para determinação de módulos de elasticidade e de ruptura;
- Ligação interna.

Os procedimentos para os ensaios físico-mecânicos foram baseados na norma ASTM D-1037. Os resultados foram avaliados estatisticamente através de análise de variância e teste de Tukey, a nível de probabilidade de 95%.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores médios das propriedades físicas das chapas estão apresentados na tabela 2.

### Absorção de água

Os valores médios de absorção de água variaram de 10,76 a 45,83% para 2 horas de imersão e de 29,24 a 67,32% para 24 horas de imersão em água. Como pode-se observar pela tabela 2, a utilização de maior quantidade de resina, reduziu a absorção de água das chapas. Este fato, pode ser atribuído ao maior recobrimento das partículas com resina e melhor impermeabilização superficial das mesmas, contribuindo para menor absorção de água.

Entre as espécies estudadas, tanto para 2 como para 24 horas de imersão, as chapas de *Eucalyptus saligna* apresentaram melhor comportamento em absorção de água em relação às demais espécies e mistura destas.

Os resultados diferiram estatisticamente entre as chapas de *E. saligna* em comparação às chapas de *E. citriodora* e misturas de espécies, para 12% de resina.

### Inchamento em espessura

Os valores médios de inchamento em espessura variaram de 9,95 a 32,24% e de 23,07 a 45,35%, respectivamente para 2 e 24 horas de imersão em água. As chapas produzidas com 12% de resina apresentaram menor inchamento em espessura em relação

às chapas com 8% de resina. Esta diferença pode ser atribuída à menor absorção de água devido à maior cobertura superficial das partículas com resina.

Tanto para 2 como para 24 horas de imersão em água, e para 8 e 12% de resina, as chapas de *E. saligna* apresentaram melhor comportamento dimensional em relação às chapas produzidas com as demais espécies e mistura destas. Estatisticamente, as chapas de *E. saligna* apresentou menor inchamento em espessura em relação às chapas de *E.*

Tabela 1. Delineamento experimental

Espécie	Porcentagem de resina
<i>Eucalyptus citriodora</i>	8 e 12%
<i>Eucalyptus saligna</i>	8 e 12%
<i>Eucalyptus pilularis</i>	8 e 12%
Mistura de três espécies	12%

Tabela 2. Propriedades físicas das chapas

Propriedades	Tratamentos						
	EC8	EC12	EP8	EP12	ES8	ES12	MI12
Absorção água-2h (%)	45,83	20,53	25,03	12,44	15,26	10,76	15,60
Absorção água-24h (%)	67,32	46,55	64,32	32,89	43,65	29,24	44,44
Inchamento espessura-2h (%)	32,24	16,19	19,70	11,29	14,98	9,95	13,58
Inchamento espessura-24h (%)	45,35	33,99	39,67	25,29	34,33	23,07	30,09

EC8, EC12 : *Eucalyptus citriodora*, 8 e 12% resina; EP8, EP12 : *Eucalyptus pilularis*, 8 e 12% resina; ES8, ES12 : *Eucalyptus saligna*, 8 e 12% resina; MI : mistura das três espécies, 12% resina

*citriodora* e mistura de espécies.

Os valores médios das propriedades mecânicas das chapas estão apresentados na tabela 3.

Os valores médios de módulo de elasticidade variaram de 20783,5 a 26314,5 kgf/cm<sup>2</sup>. Na pesquisa anterior realizada por IWAKIRI, et al. (1996), para aglomerados de *Eucalyptus dunnii*, *Pinus elliottii* e mistura destas espécies, foram obtidos valores médios de MOE na faixa de 22080,7 a 25308,3.

Chapas produzidas com a madeira de *E. saligna* com 8 e 12% de resina e de *E. pilularis* com 12% de resina, apresentaram resultados superiores ao valor mínimo exigido pela norma americana CS 236-66, que é de 24500,0 kgf/cm<sup>2</sup>. Não houve diferenças estatisticamente significativas entre as chapas de diferentes espécies, tanto a 8 como para 12% de resina.

### Módulo de ruptura

Os valores médios de módulo de ruptura variaram de 129,4 a 208,0 kgf/cm<sup>2</sup>. Para esta propriedade, todos os resultados obtidos estão acima do valor mínimo de 112,0 kgf/cm<sup>2</sup>, referenciado pela norma CS 236-66. As chapas de *E. saligna* com 12% de resina apresentaram

melhores resultados de MOR, sendo estatisticamente superior às chapas produzidas com a mistura de espécies.

Na comparação entre chapas produzidas com diferentes níveis de resina, apenas as chapas de *E. saligna* com 12% de resina apresentaram resultados estatisticamente superior em relação às chapas com 8% de resina.

### Ligação interna

Os valores médios de ligação interna variaram de 7,73 a 13,70 kgf/cm<sup>2</sup>. Os resultados obtidos para todos os tratamentos estão significativamente acima do valor mínimo de 4,2 kgf/cm<sup>2</sup> referenciado pela norma CS 236-66.

Os resultados de ligação interna obtidos para chapas de *E. dunnii* e *Pinus elliottii*, variaram na faixa de 8,24 a 11,0 kgf/cm<sup>2</sup> (IWAKIRI, et al., 1996).

Não houve diferença estatisticamente significativa entre as espécies estudadas e mistura destas, tanto para 8 como para 12% de resina. Maior quantidade de resina aplicada resultou no aumento da ligação interna das chapas de *E. pilularis*. Para as chapas das demais espécies não foram constatadas

Tabela 3. Propriedades mecânicas das chapas

Propriedades	Tratamentos						
	EC8	EC12	EP8	EP12	ES8	ES12	MI12
MOE (kgf/cm <sup>2</sup> )	20783,5	22912,1	21558,9	25555,1	25591,7	26314,5	22903,9
MOR (kgf/cm <sup>2</sup> )	129,5	170,8	143,3	160,6	155,2	208,0	149,2
LI (kgf/cm <sup>2</sup> )	10,2	12,8	8,21	13,7	7,73	11,1	11,5

MOE: módulo de elasticidade; MOR: módulo de ruptura; LI: ligação interna; EC8, EC12: *Eucalyptus citriodora*, 8 e 12% resina; EP8, EP12: *Eucalyptus pilularis*, 8 e 12%; ES8, ES12: *Eucalyptus saligna*, 8 e 12%; MI: mistura das três espécies, 12% resina

diferenças estatisticamente significativas para a variável resina.

## CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos nesta pesquisa, as seguintes conclusões podem ser apresentadas:

- Chapas produzidas com 12% de resina apresentaram melhor estabilidade dimensional que as chapas com 8% de resina;
- Entre as espécies estudadas, o *E. saligna* foi a que apresentou melhor estabilidade dimensional;
- Dentro do mesmo nível de resina (oito e 12%), não foram constatadas diferenças significativas no módulo de elasticidade entre as chapas de diferentes espécies;
- As chapas de *E. saligna* com 12% de resina, foram as que apresentaram melhores resultados de módulo de ruptura, além de ser a única espécie em que a maior quantidade de resina influenciou positivamente nos valores desta propriedade;
- Para ligação interna, não houve diferenças significativas entre as diferentes espécies, sendo que, apenas para chapas de *E. pilularis*, foi constatada a influência da maior quantidade de resina sobre esta propriedade;
- Pela análise global dos resultados obtidos e, com base nos valores mínimos exigidos pela norma CS 236-66, todas as espécies de eucalipto estudadas nesta pesquisa podem ser recomendadas para produção de chapas de madeira aglomerada;
- Cabe ressaltar que, o *E. saligna* foi a espécie que apresentou melhor comportamento em todas as propriedades de chapas avaliadas.

## LITERATURA CITADA

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard methods of evaluating the properties of wood-base fiber and particle panel materials. In: Annual Book of ASTM Standards, ASTM D 1037 – 78B. Philadelphia. 1982.
- COMMERCIAL STANDARD. CS 236-66. Mat formed wood particleboard. 1968.
- IWAKIRI, S, LATORRACA, J. V. F., SILVA, D. A. GABARDO, J. L. Produção de chapas de partículas de madeira aglomerada de *Pinus elliotii* e *Eucalyptus dunnii*. *Agrárias*. v.15, p.33-41. Ed. UFPR. 1996.
- KAWAI, S. & SASSAKI, H. Low density particleboard. Recent Research on Wood and Wood-based Materials. *Current Japanese Materials Research*. v.11, p.33-41. London. 1993.
- KELLY, M. W. Critical literature review of relationships between processing parameters and physical properties of particleboard. Us Department of Agriculture. FPL. Wisconsin. 66p. 1977.
- MARRA, A. A Technology of wood bonding – Principles in Practice. Van Nostrand Reinhold. New York. 453p. 1992.
- MALONEY, T. M. Modern Particleboard and dry-process fiber board manufacturing. San Francisco: Miller Freeman. 681p. 1993.
- MOSLEMI, A.A Particleboard. Illinois: Southern Illinois University Press. v. 2, 245p. 1974.
- TOMASELLI, I. Tendências de Mudanças na Indústria de Painéis. *Revista da Madeira*, ano 8, nº 43. 1999.
- TSOUMIS, G. Science and technology of wood. Structure, properties, utilization. Chapman & Hall. New York. 494p. 1991.