

## **EFEITO DO CRESCIMENTO RADIAL DE *Pinus taeda* (L.) NAS PROPRIEDADES DO PAINEL COMPENSADO**

**Setsuo Iwakiri<sup>1</sup>  
Vanilda Rosângela de Souza Shimoyama<sup>2</sup>  
Alexandre de Luna Pedrosa<sup>2</sup>  
Rui Alexandre Maggi dos Anjos<sup>2</sup>**

### **RESUMO**

**E**sta pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de avaliar a influência do crescimento da árvore com 27 anos de idade na qualidade do painel compensado de *Pinus taeda* L. Foram retiradas lâminas de 5 faixas de crescimento no sentido medula-casca e produzidos 2 painéis para cada faixa, para avaliação das propriedades físico-mecânicas. Os resultados da densidade da madeira indicaram um aumento progressivo dos valores médios no sentido medula-casca. As propriedades de módulo de elasticidade, módulo de ruptura e resistência da linha de cola, apresentaram uma tendência de aumento no sentido medula-casca. Os painéis produzidos com lâminas da faixa mais próxima à medula apresentaram valores médios estatisticamente inferiores em relação aos painéis da faixa mais próxima a casca, comprovando a influência do crescimento da árvore nestas propriedades avaliadas.

**Palavras-chaves:** Compensado, medula-casca, lâminas

### **ABSTRACT**

## **EFFECT OF RADIAL GROWING OF *Pinus taeda* (L.) ON THE PROPERTIES OF PLYWOOD**

This research was developed with objective to evaluate the influence of radial growing on the properties of plywood manufactured from *Pinus taeda* L., of 27 years old. The veneers were obtained from 5 growing band on the direction from pith to bark, from where were manufactured two plywood for each band, to evaluate the physical and mechanical properties. It was detected continuous increasing in the wood density on the direction from pith to bark. The properties of the modulus of elasticity, modulus of rupture and glue line strength, showed a growing tendency toward the bark. The manufactured plywood from the obtained veneer near the pith showed the mean values statistically lower if compared with plywood obtained near the bark, proving the influence of tree growing in this properties.

**Key words:** Plywood, pith-bark, veneers

### **INTRODUÇÃO**

Os povoamentos florestais de rápido crescimento, como os dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*,

apresentam alta variabilidade das características da madeira entre locais, entre árvores de uma mesma espécie e, principalmente, dentro da árvore, nos sentidos longitudinal (base-

<sup>1</sup> DETF, AG, Universidade Federal do Paraná

<sup>2</sup> PPGEF, AG, Universidade Federal do Paraná

**Recebido para publicação em 2002.**

topo) e radial (medula-casca). Tais variações estão relacionadas a fatores genéticos, silviculturais e edafoclimáticos, que influenciam no crescimento da árvore.

Em árvores de rápido crescimento, a variabilidade das características da madeira entre os lenhos juvenil e adulto é um fator muito importante quanto ao seu processamento e utilização. Matos (1997), relata que a ocorrência de lenhos juvenil e adulto é um fato comum, especialmente em coníferas, e a importância deve-se ao fato que o lenho juvenil, formado nos primeiros anos de crescimento da árvore, apresenta características distintas em relação ao lenho adulto. De acordo com Bendtsen (1978), o lenho juvenil, quando comparado com o lenho adulto, apresenta menor massa específica, maior ângulo das microfibrilas, traqueóides mais curtos, menor contração transversal, menor percentual de lenho tardio, paredes celulares mais finas, maior conteúdo de lignina e menor resistência. Muñiz (1993), estudando a madeira de *Pinus taeda*, constatou que a parte central do tronco, com diâmetro aproximado de 10cm, apresentou baixa massa específica, baixa resistência à flexão estática e à compressão paralela à grã. A autora constatou também altos valores de solubilidade dos extrativos e maior concentração de resina no lenho juvenil e nas partes próximas à base da árvore. Segundo Marra (1992), elevadas quantidades de extrativos interfere na higroscopicidade da madeira reduzindo a taxa de perda de água. Desta forma, o adesivo adquire maior mobilidade do que o desejado e, com a aplicação de pressão e calor, pode resultar na formação de uma linha de cola “faminta”, comprometendo a resistência da ligação adesiva.

Estas variações das características da madeira de lenhos juvenil e adulto afetam diretamente no processamento industrial e uso, não só da madeira serrada, mas também de painéis laminados e particulados de madeira. No caso de painéis compensados, Marra (1992) afirma que, a variação da massa específica e, conseqüentemente, da porosidade e permeabilidade da madeira, apresentam grande influência na mobilidade do adesivo e na

formação e resistência da linha de cola entre as lâminas. O autor afirma ainda que, a madeira de lenho juvenil é relativamente fácil de colar, no entanto, a sua baixa resistência e alta instabilidade dimensional podem resultar em painéis de qualidade inferior. De acordo com Tsoumis (1991), Baldwin (1995) e Sellers (1985), as lâminas de madeira de menor massa específica, absorverão maior quantidade de adesivo em relação às lâminas de maior massa específica, devido a maior porosidade e permeabilidade da madeira. Dessa forma, o painel compensado produzido com lâminas de menor massa específica poderá apresentar linha de cola “faminta” e baixa resistência da ligação adesiva. Portanto, é de suma importância que, o uso de madeiras provenientes de florestas de rápido crescimento, seja adaptado às suas características peculiares.

Esta pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de avaliar o efeito da variabilidade radial do xilema secundário de *Pinus taeda* nas propriedades do painel compensado.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas nesta pesquisa lâminas de madeira de *P. taeda*, obtidas de uma árvore com 27 anos de idade, retirada de um povoamento comercial da empresa Pisa Florestal S/A, localizado no município de Sengés, Estado do Paraná. Uma tora da base, com 1,2m de comprimento e 45cm de diâmetro na extremidade mais fina, foi laminada em torno desfolhador, com espessura de 2,6mm, até um diâmetro de rolo resto (rolete) de 12cm, conforme ilustrado na figura 1.

Foram obtidas 50 lâminas com as dimensões de 1,2m x 0,6m, sendo empilhadas de acordo com a seqüência de laminação e numeradas de 01 a 50. As lâminas foram seccionadas nas dimensões finais do painel de 50 x 50cm e conduzidas à secagem até o teor de umidade médio de 10%. Após a secagem, as lâminas foram agrupadas de 5 em 5 para manufatura de 10 painéis compensados de 5 camadas. O experimento foi conduzido em 5 tratamentos,

representando 5 faixas de crescimento, sendo o tratamento 1, composto pelos painéis 1 e 2, correspondentes às lâminas provenientes da região mais próxima à medula e, assim sucessivamente, até o tratamento 5, composto pelos painéis 9 e 10, correspondentes às lâminas da faixa de crescimento mais próxima à casca (Tabela 1).

Os compensados foram produzidos com a resina uréia-formaldeído, com a seguinte formulação em partes por peso (p/p): resina = 100 p/p, extensor = 75 p/p, água = 80 p/p e catalisador = 7 p/p. Foi empregada uma gramatura de 360 g/m<sup>2</sup> (linha dupla), e com o seguinte ciclo de prensagem: temperatura = 95°C, tempo de prensagem = 13 minutos e pressão específica = 10 kgf/cm<sup>2</sup>.

Após o acondicionamento dos painéis em câmara climática, ao teor de umidade de equilíbrio médio de 12%, foram retirados os corpos de prova para os seguintes ensaios físico-mecânicos: densidade – 2 corpos de prova/painel, módulos de elasticidade e de ruptura em flexão estática (sentido paralelo) – 2 corpos de prova/painel e resistência da linha de cola ao esforço de cisalhamento – 5 corpos de prova/painel, de acordo com a norma ASTM D-805 (1982). O método estatístico empregado foi a análise de variância e teste de Tukey, com 95% de probabilidade. Para avaliar as interações entre as propriedades dos painéis e as diferentes posições medula-casca onde foram obtidas as lâminas, foram testados modelos de regressão linear e exponencial.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios das propriedades físico-mecânicas dos painéis, correspondentes à densidade do painel, módulo de elasticidade, módulo de ruptura e resistência da linha de cola, bem como os resultados dos testes de médias, são apresentados na Tabela 2.

### Densidade

Os valores médios de densidade variaram de 0,493 g/cm<sup>3</sup> (faixa 1) a 0,638 g/cm<sup>3</sup> (faixa 5). Através da Tabela 2, pode-se observar que há um aumento

progressivo da densidade através das faixas de crescimento de 1 a 5, no sentido medula-casca, ou seja, os painéis produzidos com lâminas de madeira retiradas próxima a medula apresentaram valores médios inferiores e, das próximas a casca, valores médios superiores de densidade. Estas diferenças constatadas em densidade estão de acordo com os resultados obtidos por TOMASELLI (1980) e MUÑIZ (1993) para as espécies de *Pinus taeda* e *Pinus elliottii*. A densidade dos painéis em relação às 5 faixas de crescimento no sentido medula-casca apresentou uma alta correlação ( $R^2 = 0.9376$ ), como pode ser observado pelo modelo de regressão exponencial apresentado na Figura 2.

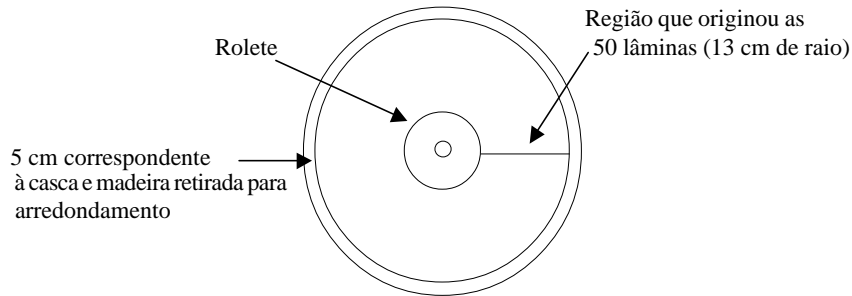
### Módulo de elasticidade

Os valores médios de módulo de elasticidade (MOE), variaram de 44.748,7 kgf/cm<sup>2</sup> (Faixa 1) a 73.120,5 kgf/cm<sup>2</sup> (faixa 5). De acordo com a Tabela 2, pode-se observar que o MOE dos painéis da faixa 1, foi estatisticamente inferior aos das faixas de crescimento subsequentes. Por outro lado, os painéis da faixa 5, a mais externa, apresentou valor médio de MOE estatisticamente superior em relação aos valores médios dos painéis das faixas de crescimento 1, 2 e 3. Essas diferenças podem ser atribuídas à menor densidade da madeira na região mais próxima a medula, correspondente ao lenho juvenil, e à maior densidade da madeira na região mais próxima a casca, correspondente ao lenho adulto. Entre as faixas intermediárias (2, 3 e 4) não foram constatadas diferenças estatísticas entre si, no entanto, os seus valores médios foram estatisticamente superiores em relação à faixa mais próxima à medula. A análise de regressão linear apresentada na Figura 3, demonstra uma boa correlação do MOE em relação às posições medula-casca.

### Módulo de ruptura

Os valores médios de módulo de ruptura (MOR) variaram de 471,4 kgf/cm<sup>2</sup> (faixa 1) a 714,6 kgf/cm<sup>2</sup> (faixa 5). De acordo com a Tabela 2, pode-se constatar que o MOR dos painéis da faixa uma foi estatisticamente inferior em relação às faixas de

1



**Figura 1.** Esquema ilustrativo da tora para obtenção de lâminas.  
**Figure 1.** Schematic chart of the log for veneer obtaintion.

**Tabela 1.** Posições onde foram retiradas as lâminas para a produção de compensados.

**Table 1.** Location of growing band for obtaintion of the veneer for plywood manufacturing.

Tratamento	Faixa no raio (cm)	Posição média (cm)
	(sentido medula-casca)	
1	6 a 8,6	7,3
2	8,6 a 11,2	9,9
3	11,2 a 13,8	12,5
4	13,8 a 16,4	15,1
5	16,4 a 19,0	17,7

**Tabela 2.** Valores médios das propriedades físico-mecânicas dos compensados em diferentes faixas de crescimento radial.

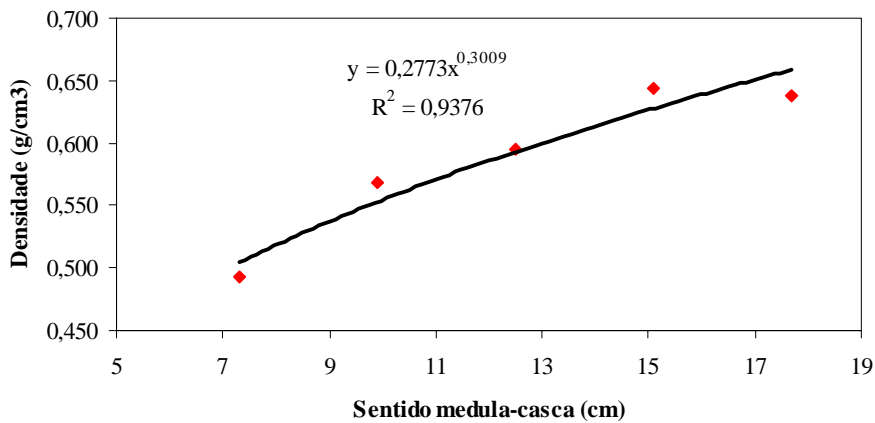
**Table 2.** Average values of physical and mechanical properties of the plywood on the differents growing band.

Faixas	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	MOE <sup>2</sup>	MOR <sup>3</sup>	RLC <sup>4</sup>
		(kgf/cm <sup>2</sup> )	(kgf/cm <sup>2</sup> )	kgf/cm <sup>2</sup>
1	0,493 a <sup>1</sup>	44.748 a	471a	14,19 a
2	0,568 b	60.660 b	604 b	14,98 a
3	0,595 b	52.150 b	572 b	18,36 b
4	0,644 c	66.077 bc	668 bc	15,30 c
5	0,638 c	73.120 cd	714 cd	17,17 b

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra são estatisticamente iguais em nível de probabilidade de 95%. <sup>2</sup>MOE- módulo de elasticidade; <sup>3</sup>MOR- módulo de ruptura; <sup>4</sup>RLC- resistência da linha de cola.

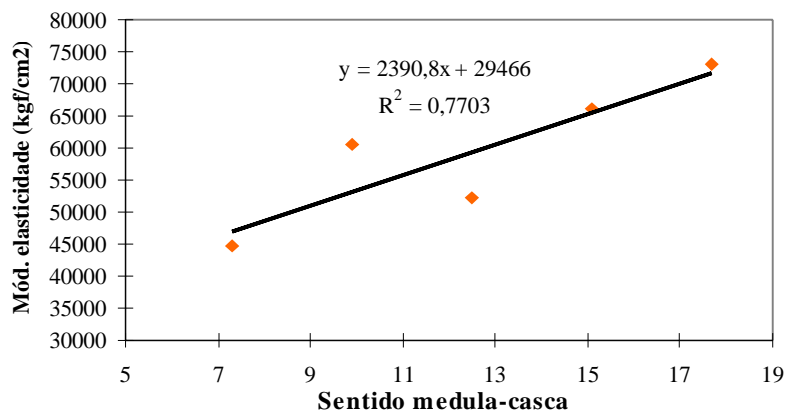
crescimento subsequentes e, o MOR dos painéis correspondentes a faixa 5, a mais externa, foi estatisticamente superior em relação aos valores médios dos painéis das faixas de crescimento 1, 2 e 3. Portanto, pode-se constatar mais uma vez, a influência dos lenhos juvenil e adulto, sobre a densidade da madeira e nas propriedades de flexão estática dos painéis compensados. Da mesma forma

como observado para o MOE, não foram constatadas diferenças estatísticas entre os valores médios de MOR das faixas intermediárias (2, 3 e 4), sendo estes, estatisticamente superiores em relação à faixa (1) mais próxima à medula. A análise de regressão linear apresentada na Figura 4, demonstra uma boa correlação entre o MOR e as diferentes posições medula-casca.



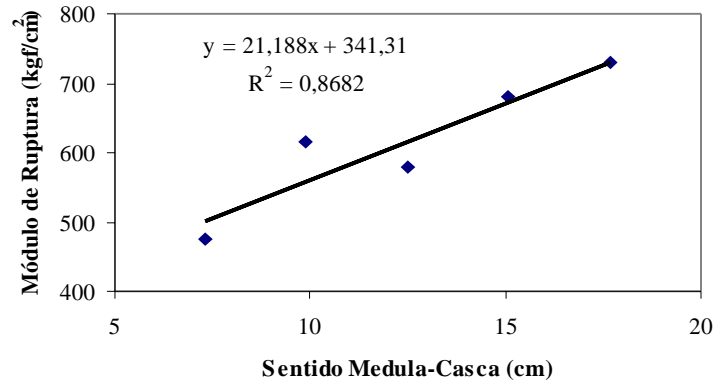
**Figura 2.** Variação da densidade da madeira no sentido medula-casca em compensados de *P. taeda*.

**Figure 2.** Variation of wood density at the pith-bark direction in the plywood of *P. taeda*.



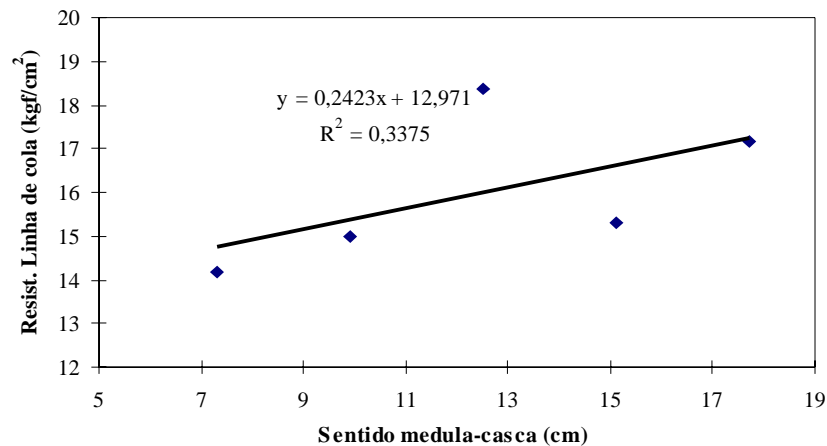
**Figura 3.** Variação do módulo de elasticidade no sentido medula-casca em compensados de *P. taeda*.

**Figure 3.** Variation of the modulus of elasticity at the pith-bark direction in the plywood of *P. taeda*.



**Figura 4.** Variação do módulo de ruptura no sentido medula-casca em compensados de *P. taeda*.

**Figure 4.** Variation of the modulus of rupture at the pith-bark direction in the plywood of *P. taeda*.



**Figura 5.** Variação da resistência da linha de cola no sentido medula-casca em compensados de *P. taeda*.

**Figure 5.** Variation of the glue line strength at the pith-bark direction in the plywood of *P. taeda*.

### Resistência da linha de cola

Os valores médios de resistência da linha de cola (RLC), variaram de 14,19 kgf/cm<sup>2</sup> (faixa 1) a 17,17 kgf/cm<sup>2</sup> (faixa 5). De acordo com a Tabela 2, pode-se observar uma tendência de aumento na RLC dos painéis da faixa 1 em relação a das faixas subsequentes. É importante ressaltar que há diferença estatisticamente significativa na RLC

entre os painéis das faixas 1, 3, 4 e 5, ou seja, nas posições mais próximas a medula e a casca, onde há maior diferencial entre as densidades da madeira. Este diferencial, pode ter resultado em maior penetração do adesivo nas lâminas próximas à medula, as quais apresentam menor densidade e maior porosidade, resultando em linha de cola frágil e, conseqüentemente, menor resistência da

ligação adesiva. O maior teor de extrativos presentes nas lâminas mais próximas à medula, pode também ter contribuído para redução na resistência da linha de cola dos painéis. Ao contrário das propriedades anteriores, foi obtida uma baixa correlação para RLC em relação às diferentes posições medula-casca (Figura 5). Esta situação, provavelmente, foi influenciada pelas diferentes interações entre a densidade e porosidade da madeira em relação a mobilidade do adesivo, devido não apenas às variações relativas aos lenhos juvenil e adulto, mas também, dos lenhos inicial e tardio.

## CONCLUSÕES

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

- Há uma relação linear de aumento na densidade dos painéis no sentido medula-casca e, uma diferença significativa entre as faixas mais próximas a medula e a casca;
- As propriedades de módulo de elasticidade, módulo de ruptura e resistência da linha de cola, dos painéis produzidos com lâminas da região próxima à medula, foram significativamente inferiores em relação aos painéis produzidos com lâminas da região próxima à casca;
- Embora o objetivo da pesquisa de avaliar o efeito do crescimento radial da árvore nas propriedades do painel compensado, tenha sido alcançado, recomenda-se que, as futuras pesquisas sejam conduzidas com maior número de árvores no sentido de aumentar a representatividade amostral.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. **Annual Book of ASTM standards**. ASTM D-805. Standard methods of testing veneer, plywood and other glued veneer constructions. Philadelphia, 1982.

BALDWIN, R.F. **Plywood manufacturing practices**. San Francisco: Miller Freeman, 1995. 388p.

BENDTSEN, B.A. Properties of wood from improved and intensively managed trees. In: The Economics & Financial Management and Timber Production Technical Committees of the Forest Products Research Society. **Proceedings...**, Atlanta, Georgia, 1978. 78p.

MARRA, A.A. **Technology of wood bonding**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992. 453p.

MATOS, J.L.M. **Estudos sobre a produção de painéis estruturais de lâminas paralelas de *Pinus taeda* L.** Curitiba, 1997, 117p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

MUÑIZ, G.I.B. **Caracterização e desenvolvimento de modelos para estimar as propriedades e o comportamento na secagem da madeira de *Pinus elliottii* Engelm. e *Pinus taeda* L.** Curitiba, 1993, 126p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

SELLERS, T. **Plywood and adhesive technology**. New York: Marcel Dekker Inc., 1985. 661p.

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