

Avaliação da qualidade da madeira de *Pinus merkusii* para produção de lâminasQuality evaluation of *Pinus merkusii* wood for veneer productionGeraldo Bortoletto Júnior¹**Resumo**

Lâminas de madeira foram obtidas através do processo de laminação de toras de *Pinus merkusii*, aos 26 anos de idade. O rendimento médio do processo de laminação foi de 54,4%, valor superior ao encontrado na bibliografia para outras espécies do mesmo gênero. Os resultados das avaliações da qualidade das lâminas, através do método visual e do método de aplicação de ondas acústicas, indicaram que a madeira de *Pinus merkusii* mostrou boa qualidade para produção de lâminas, as quais podem ser destinadas à manufatura de produtos multilaminados para usos estrutural e não-estrutural.

Palavras-chave: Madeira, Lâminas, Qualidade, Produção, *Pinus merkusii*

Abstract

Wood veneers were obtained by peeling process of *Pinus merkusii* logs, at age 26. Average yield of the process was 54.4% above those found in the literature for other species of the same genus. The veneer quality evaluation results – by visual and stress waves methods, indicated that *Pinus merkusii* wood had good quality for veneer production. Its veneer can be efficiently destined for manufacture of structural and non-structural products.

Keywords: Wood, Veneer, Quality, Production, *Pinus merkusii*

INTRODUÇÃO

No Brasil, a utilização da madeira de *Pinus* spp encontra-se diversificada, gerando produtos sólidos como lâminas, painéis compensados e madeira serrada, bem como painéis reconstituídos (MDF, aglomerados e OSB), destinados principalmente aos setores da construção civil, de móveis e embalagens, atendendo aos mercados interno e externo (BORTOLETTO JÚNIOR, 2006).

Entretanto, após o fim dos incentivos fiscais, o plantio de florestas não acompanhou o ritmo de crescimento da produção industrial. Segundo previsões da SBS (2000), a garantia de oferta de matéria-prima para dar suporte ao crescimento da indústria estaria ameaçada, pois a diminuição dos estoques de toras de *Pinus* spp para laminação e serraria já era uma realidade e far-se-ia sentir ainda mais na segunda metade daquela década, como decorrência das reduzidas taxas de plantio nos anos 80 e 90.

Estimativas de Tuoto e Miyake (2000) alertavam que para atender aos níveis de produção industrial em 2004 seria necessária a implantação de 800.000 ha de florestas de rápido crescimento, utilizando as espécies dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*.

O PNF - Programa Nacional de Florestas, criado através do Decreto n° 3.420, em vigor desde abril de 2000, apresentava como meta o plantio de 630.000 ha/ano de florestas, cuja finalidade seria a de expandir a base florestal plantada, visando reduzir o déficit de matéria-prima industrial previsto (PNF, 2000).

Contudo, apesar de todos os esforços conjugados para evitar tal déficit, conforme Freitas (2005), baseado em dados da SBS não publicados, o plantio de florestas de rápido crescimento no ano de 2004 teria sido de 465.000 ha e, segundo estatísticas da SBS (2006), no ano de 2005 teria sido de 553.000 ha, demonstrando que, embora crescente, o efetivo ainda tem estado aquém do previsto como necessário.

Considerando-se a premência em realizar novos plantios, de acordo com Klock (2000), faz-se necessário avançar na silvicultura de outras espécies exóticas promissoras, além das já tradicionalmente plantadas, em especial coníferas, que pelas características gerais da madeira sempre terão mercado cativo.

Conforme Bortoletto Júnior (2006), a espécie destinada ao presente estudo pode ser encontrada nos plantios experimentais da Floresta Nacional de Capão Bonito / IBAMA, SP e da

¹Professor Associado do Departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo - Caixa Postal 09 - Piracicaba, SP - 13418-900 - E-mail: gbortoll@esalq.usp.br

Estação Experimental de Ciências Florestais de Anhembi/Esalq/USP, SP, com bom desenvolvimento, vigor e forma em idades entre 25 e 35 anos, fazendo com que a mesma, do ponto de vista silvicultural, possa ser contemplada como promissora para plantios em maior escala.

A proposta do presente estudo foi avaliar a qualidade da madeira de *Pinus merkusii* para produção de lâminas, visando gerar subsídios que possam contribuir para ampliar a base de matérias-primas alternativas para o processamento industrial.

O objetivo principal deste estudo foi avaliar a qualidade da madeira de *Pinus merkusii* para produção de lâminas. Os objetivos específicos foram os seguintes: determinar o rendimento do processo de laminação; determinar a qualidade das lâminas produzidas em função da regularidade em espessura; determinar a qualidade das lâminas através de classificação baseada no módulo de elasticidade dinâmico (MOEd), obtido através do método não destrutivo de aplicação de ondas acústicas; verificar os efeitos da posição da tora e das dimensões das lâminas sobre o MOEd; determinar a qualidade das lâminas através do método de classificação visual, baseada na presença de defeitos.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta, amostragem e armazenamento do material

A espécie de madeira utilizada neste estudo foi a de *Pinus merkusii*, aos 26 anos de idade.

A seleção das árvores foi realizada em um dos talhões do Projeto de Instalação de Teste de Procedências de *Pinus merkusii* (25 procedências da Tailândia e 01 de Java), localizado na Estação Experimental de Ciências Florestais de Anhembi - Esalq/USP.

O talhão escolhido foi implantado em 20/10/1975 a partir de mudas produzidas com sementes procedentes de Java (7° de latitude e 900 m de altitude). O preparo do solo, para o plantio das mudas no espaçamento 3 x 2 m, foi realizado através de operações com o arado, a grade e o sulcador, sem efetuar adubação e calagem. Antes da seleção das árvores destinadas ao presente estudo o talhão havia passado por dois desbastes não sistemáticos e sucessivos, nos meses de fevereiro e setembro de 1996. Na ocasião da seleção e da colheita das amostras realizadas no mês de janeiro de 2002 o talhão continha 131 árvores, com diâmetro (DAP) e altura mé-

dios de 32 cm e 27 m, respectivamente.

No talhão descrito, 05 árvores (designadas 2, 3, 4, 5 e 6) foram selecionadas, marcadas e abatidas. Na seleção das árvores foi levado em consideração o aspecto visual do fuste, dando preferência àqueles com tronco cilíndrico, reto, sem bifurcações ou defeitos que pudessem incompatibilizar o material com o seu processamento. Uma vez abatida a árvore, foi efetuado o seccionamento do tronco gerando, a partir da base, 02 toras (A e B) no comprimento de 2,50 m cada. Ao todo foram geradas, no campo, 10 toras. Posteriormente, as toras foram transportadas para o LLAPAM - Laboratório de Laminação e Painéis de Madeira do Departamento de Ciências Florestais - LCF da Esalq/USP.

No laboratório, conforme ilustrado na Figura 1, cada uma das 10 toras foi seccionada em duas, no comprimento de 1,30 m - visando à produção de lâminas com 3,00 mm de espessura (toras A1 e B1), e de 1,10m - visando à produção de lâminas com espessura de 2,00 mm de espessura (toras A2 e B2).

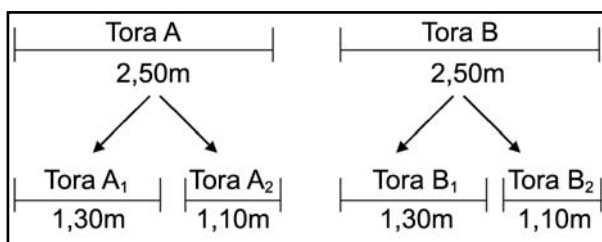


Figura 1. Esquema de seccionamento das toras no laboratório.

Figure 1. Scheme for sectioning logs in the laboratory.

Após o seccionamento, as 20 toras resultantes foram armazenadas em um tanque de acondicionamento existente no LLAPAM, totalmente submersas em água, a fim de evitar a perda de umidade e o ataque de fungos e insetos xilófagos, permanecendo assim até a realização da operação de aquecimento das toras.

Aquecimento das toras para laminação

Essa operação foi efetuada no tanque de aquecimento do LLAPAM, dotado de um sistema aquecedor baseado em resistências elétricas, com controle automático de temperatura. As toras, após serem descascadas, foram aquecidas em água, com temperatura de 60°C, por um período de 12 horas, conforme procedimento usual na indústria de laminação de *Pinus* spp, mas, também, levando em conta as considerações contidas em Lutz (1974) e Feihl e Godin (1970).

Produção das lâminas

A produção de lâminas, após o aquecimento das toras, foi efetuada através do torno desenrolador Thons & Benato, modelo LHT-14, pertencente ao LLAPAM. A partir das toras de 1,30 m, foram obtidas lâminas com espessura nominal de 3,0 mm, e a partir das toras de 1,10 m foram obtidas lâminas com espessura nominal de 2,0 mm, através das regulagens do torno laminador baseadas nas indicações de Feihl e Godin (1970).

Na obtenção de lâminas com 3,0 mm de espessura nominal a regulagem do torno foi a seguinte: a) ângulo de afiação da faca de 21°00'; b) ângulo da faca variando automaticamente de 90°00' a 89°00'; c) abertura horizontal de 2,70 mm; d) abertura vertical de 0,67 mm; e) distância entre os canivetes de 1,25 m. Na obtenção de lâminas com 2,0 mm de espessura nominal a regulagem do torno foi: a) ângulo de afiação da faca de 21°00'; b) ângulo da faca variando automaticamente de 90°00' a 89°00'; c) abertura horizontal de 1,80 mm; d) abertura vertical de 0,45 mm; e) distância entre os canivetes de 1,00 m.

Após o desenrolamento das toras, as lâminas foram enroladas em bobinas, e em seguida guilhotinadas antes do seu resfriamento. Após a guilhotinagem, as lâminas de 3,00 mm de espessura nominal assumiram as dimensões de 0,225 x 1,25 m, e as lâminas de 2,00 mm de espessura nominal assumiram as dimensões de 0,98 x 1,00 m.

Secagem das lâminas

Após serem guilhotinadas, as lâminas foram dispostas paralelamente ao plano horizontal sobre suportes de madeira para secagem natural, em local coberto, até atingirem a umidade de equilíbrio com o ambiente, ou seja, umidade entre 10 e 12%.

Determinação do rendimento da laminação

A determinação do rendimento da laminação foi baseada nos procedimentos adotados por Medina (1986), Gaiotto (1993), Pereyra (1994), Pio (1996), Interamnense (1998) e Almeida (2002). Para efetuar os cálculos e proceder a tal determinação, foram realizadas medidas dos diâmetros das toras com casca e sem casca, das toras arredondadas e dos rolos-resto da laminação.

Classificação das lâminas secas

As lâminas secas foram classificadas através de dois métodos distintos: método visual

– segundo a presença de defeitos, em classes de qualidade decrescentes (A, B, C+, C e D), conforme o Programa Nacional de Qualidade da Madeira – Compensado de *Pinus* (ABIMCI, 2002); método de aplicação de ondas acústicas (não destrutivo) – segundo o Módulo de Elasticidade Dinâmico (MOEd), através do uso do Stress Wave Timer (SWT) – Modelo Metriguard 239A, baseado em Metriguard (1997), Matos (1997) e Pio (2002).

Para obtenção do MOEd, inicialmente, foi determinada a massa e o volume de cada lâmina de madeira. Posteriormente, cada uma das lâminas foi submetida ao SWT com a finalidade de se apurar o tempo gasto pela onda acústica – produzida por meio de um pêndulo que se choca contra um grampo metálico fixado à lâmina – para percorrer a distância entre os dois transdutores acelerômetros de partida e de chegada da onda, os quais foram instalados próximos de cada uma das duas extremidades da lâmina. Com esses dados obtidos, foram calculados, para cada lâmina, a massa específica, a velocidade da onda acústica e o MOEd, através das Equações 1 e 2.

$$V = d / t \quad (1)$$

onde:

V = Velocidade da onda acústica (cm/s);
d = distância entre os transdutores (cm);
t = tempo de propagação (s).

$$MOEd = ME \times V^2 \times (1 / g) \quad (2)$$

onde:

MOEd = Módulo de Elasticidade Dinâmico (kgf/cm²);
ME = massa específica da lâmina (kg/cm³);
V = velocidade da onda acústica (cm/s);
g = aceleração da gravidade (980,4 cm/s²)

As lâminas de 2,00 mm de espessura nominal foram classificadas pelos dois métodos descritos. As lâminas de 3,00 mm de espessura nominal foram classificadas somente pelo método de ondas acústicas. Todas as atividades de classificação das lâminas foram realizadas nas instalações do LLAPAM.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Rendimento do processo de laminação

As Tabelas 1 e 2 apresentam os diâmetros e os volumes das toras durante as diferentes etapas da laminação. As Tabelas 3 e 4 revelam as per-

das ocorridas em cada uma dessas etapas, bem como o rendimento do processo de laminação. Os valores são dados em percentagem e foram calculados com base nos volumes das toras com casca (assumidos como 100%).

Analisando as Tabelas 3 e 4 observa-se que as maiores perdas decorreram das etapas de descascamento e arredondamento. As perdas na operação de descascamento revelam o teor em casca, o qual é inerente à espécie, não ao processo, e foram superiores ao valor encontrado por Medina (1986), 9% em estudos sobre laminação realizados com a madeira de *Pinus elliottii*.

As perdas referentes à operação de arredondamento estão relacionadas à conicidade, a qual é mais acentuada quanto mais próxima da base da árvore a tora se encontrar. Os valores das perdas com o arredondamento das toras de *Pinus merkusii* foram inferiores ao encontrado por Medina (1986), 30%, mostrando que as toras possuíam melhor fator de forma. As toras laminadas para obtenção de lâminas de 3,00 mm (Tabela 4) mostraram perda média superior àquelas para obtenção de lâminas de 2,00 mm (Tabela 3). Isso se deve ao fato das primeiras serem mais cônicas, por se encontrarem relativamente mais próximas da base da árvore.

As perdas com o rolo-resto são determinadas pelo diâmetro das garras do torno, quando não acrescidas por problemas que surgem durante a laminação como, por exemplo, rachaduras acentuadas que levam à interrupção do processo antes de ser atingido o limite do equipamento, o que é mais comum aos eucaliptos e menos aos *Pinus*. Os valores dessas perdas, para os dois conjuntos de toras – para obtenção de lâminas de 2,00 e 3,00 mm, fo-

ram bem próximos e inferiores ao encontrado por Medina (1986), 18%.

A perda com o manuseio refere-se às operações de desenrolamento da bobina de lâminas e de sua subsequente guilhotinagem. Tal perda foi maior para as lâminas de espessura nominal igual a 2,00 mm em relação às lâminas de espessura nominal igual a 3,00 mm, possivelmente pelo fato das lâminas mais finas serem menos firmes e quebrarem com maior facilidade, portanto, resistirem menos ao manuseio. Contudo, ambas as perdas com o manuseio foram compatíveis com a perda média registrada no trabalho de Medina (1986), igual a 9%, cuja lâmina obtida era de 3,00 mm de espessura nominal.

Com relação aos rendimentos do processo de laminação dos dois conjuntos de toras pode-se avaliar que foram bons. A diferença entre eles deve-se à perda no arredondamento das toras, maior para aquelas destinadas à obtenção de lâminas de 3,00 mm, por motivo já comentado. Os rendimentos da laminação das toras de *Pinus merkusii* foram superiores aos encontrados na bibliografia, cujos valores podem ser vistos na Tabela 5.

Qualidade das lâminas produzidas

Espessura das lâminas

A espessura efetiva das lâminas obtidas, apresentada na Tabela 6, em relação à espessura nominal, é um importante parâmetro para avaliar a adequação das regulagens adotadas para o torno laminador.

Para medição da espessura, ao teor de umidade médio de 11%, tomaram-se três medidas diretas, duas próximas às extremidades e uma ao centro, de cada uma das lâminas de 3,00 mm e de 2,00 mm, com as suas dimensões finais.

Tabela 1. Diâmetros e volumes das toras utilizadas para obtenção de lâminas com 2,00 mm de espessura nominal. **Table 1.** Diameters and volumes of logs used to obtain veneers with 2,00 mm nominal thickness.

Tora	Diâmetros (cm)				Volumes (m³)					
	Maior		Menor		AR	RR	CC	SC	AR	RR
	CC	SC	CC	SC						
2A ₂	36,5	34,0	36,0	32,5	31,5	10,0	0,1032	0,0869	0,0779	0,0079
2B ₂	36,0	33,0	35,0	31,5	30,0	10,0	0,0990	0,0820	0,0707	0,0079
3A ₂	37,0	34,5	35,5	32,5	30,0	10,0	0,1033	0,0882	0,0707	0,0079
3B ₂	35,0	33,0	33,0	31,5	28,5	10,0	0,0909	0,0817	0,0638	0,0079
4A ₂	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
4B ₂	32,5	30,0	31,0	29,5	27,0	10,0	0,0792	0,0695	0,0573	0,0079
5A ₂	37,5	34,0	35,5	32,5	30,0	10,0	0,1047	0,0869	0,0707	0,0079
5B ₂	35,5	32,5	34,0	32,0	30,0	10,0	0,0949	0,0817	0,0707	0,0079
6A ₂	36,0	34,5	34,0	33,0	29,5	10,0	0,0963	0,0895	0,0683	0,0079
6B ₂	34,5	32,5	34,0	31,0	29,0	10,0	0,0921	0,0792	0,0661	0,0079
Média	35,6	33,1	34,2	31,8	29,5	10,0	0,0960	0,0828	0,0685	0,0079

Comprimento de todas as toras = 1,00 m; CC = com casca, SC = sem casca; AR = arredondada; RR = rolo-resto. *Tora equivocadamente seccionada com o comprimento inferior ao limite mínimo do torno, motivo pelo qual foi descartada.

Tabela 2. Diâmetros e volumes das toras utilizadas para obtenção de lâminas com 3,00 mm de espessura nominal.
Table 2. Diameters and volumes of logs used to obtain veneers with 3,00 mm nominal thickness.

Tora	Diâmetros (cm)				Volumes (m ³)					
	Maior		Menor		AR	RR	CC	SC	AR	RR
	CC	SC	CC	SC						
2A ₁	40,0	37,5	36,5	34,0	26,0	9,0	0,1439	0,1258	0,0664	0,0080
2B ₁	36,5	33,5	36,0	33,0	29,5	9,5	0,1290	0,1085	0,0854	0,0089
3A ₁	42,0	39,0	37,0	36,0	28,5	11,5	0,1538	0,1383	0,0797	0,0130
3B ₁	35,0	33,5	35,0	33,0	28,5	10,0	0,1203	0,1085	0,0797	0,0098
4A ₁	37,0	33,5	34,5	31,5	30,0	10,0	0,1256	0,1038	0,0884	0,0098
4B ₁	34,5	30,5	32,5	30,0	22,5	9,5	0,1103	0,0898	0,0497	0,0089
5A ₁	41,0	36,0	37,5	34,0	30,0	9,0	0,1515	0,1204	0,0884	0,0080
5B ₁	34,0	32,0	33,0	31,5	29,0	9,5	0,1102	0,090	0,0826	0,0089
6A ₁	39,0	36,5	36,0	34,5	29,5	9,0	0,1383	0,1238	0,0854	0,0080
6B ₁	35,0	33,0	34,5	32,5	27,5	9,5	0,1186	0,1053	0,0742	0,0089
Média	37,4	34,5	35,2	33,0	28,1	9,6	0,1302	0,1114	0,0780	0,0092

Comprimento de todas as toras = 1,25 m; CC = com casca, SC = sem casca; AR = arredondada; RR = rolo-resto.

Tabela 3. Perdas e rendimento do processo de laminação das toras para obtenção de lâminas com 2,00 mm de espessura nominal.

Table 3. Losses and yield from logs peeling process to obtain veneers with 2,00 mm nominal thickness.

Tora	Perdas (%)				Rendimento da Laminação (%)
	Descascamento	Arredondamento	Rolo Resto	Manuseio	
2A ₂	15,8	8,7	7,6	10,5	57,4
2B ₂	17,2	11,4	7,9	5,7	57,8
3A ₂	14,6	17,0	7,6	5,5	55,4
3B ₂	10,1	19,7	8,6	3,3	58,2
4B ₂	12,2	15,5	9,9	6,2	56,1
5A ₂	17,0	15,5	7,5	3,4	56,6
5B ₂	13,9	11,6	8,3	6,0	60,2
6A ₂	7,0	22,0	8,2	5,7	57,2
6B ₂	14,0	14,3	8,5	1,1	62,0
Média	13,5	15,1	8,2	5,3	57,9

Tabela 4. Perdas e rendimento do processo de laminação das toras para obtenção de lâminas com 3,00 mm de espessura nominal.

Table 4. Losses and yield from logs peeling process to obtain veneers with 3,00 mm nominal thickness.

Tora	Perdas (%)				Rendimento da Laminação (%)
	Descascamento	Arredondamento	Rolo Resto	Manuseio	
2A ₁	12,6	41,3	5,5	3,1	37,5
2B ₁	15,9	17,9	6,9	6,3	53,0
3A ₁	10,1	38,1	8,4	1,3	42,1
3B ₁	9,7	23,9	8,2	4,3	53,9
4A ₁	17,4	12,3	7,8	2,3	60,2
4B ₁	18,5	36,4	8,0	1,1	38,9
5A ₁	20,6	21,1	5,2	0,8	52,3
5B ₁	10,2	14,9	8,0	4,8	62,1
6A ₁	10,5	27,8	5,8	1,4	54,7
6B ₁	11,2	26,2	7,5	0,5	54,7
Média	13,7	26,0	7,1	2,6	50,9

Tabela 5. Comparação do rendimento do processo de laminação das toras de *Pinus merkusii* com os valores de outros trabalhos disponíveis na bibliografia.

Table 5. Comparison of the yield from *Pinus merkusii* logs peeling process with values found in the literature.

Fonte	Volume da tora com casca (%)	Volume da tora sem casca (%)	Rendimento (%)	Espécie
Chong (1977)	–	100	55,5	<i>Pinus elliottii</i>
Jankowsky (1978)	–	100	54,4	<i>Pinus strobus</i>
Medina (1986)	100	–	33,7	<i>Pinus elliottii</i>
Brand e Muniz (2003)	100	–	46,5	<i>Pinus taeda</i>
Presente Estudo	100	–	54,4*	<i>Pinus merkusii</i>

*Média do rendimento do processo de laminação considerando todas as toras do presente estudo

Tabela 6. Valores médios de espessura efetiva das lâminas de madeira de *Pinus merkusii*.
Table 6. Average values of effective thickness of *Pinus merkusii* wood veneers.

Espécie	Espessura das Lâminas	
	3,00 mm (Nominal)	2,00 mm (Nominal)
<i>Pinus merkusii</i>	686 3,049 ³	224 2,029 ⁶

O número central em negrito é o valor médio, acima e a direita é o coeficiente de variação, abaixo e a esquerda é o número de repetições.

Analisando os dados da Tabela 6, observa-se que as espessuras médias das lâminas foram bem próximas das espessuras nominais. Também, os baixos valores dos coeficientes de variação demonstram uma boa regularidade em espessura ao longo do comprimento e da largura das lâminas, indicando que as regulagens adotadas para o torno laminador foram adequadas.

Cabe comentar que as espessuras efetivas ligeiramente superiores às espessuras nominais são requeridas e podem minimizar o problema da perda de espessura de um eventual painel formado por lâminas. Tal perda normalmente ocorre durante a prensagem, pelo efeito da compressão, havendo a redução da espessura individual de cada lâmina que compõe o painel, especialmente as das faces.

Classificação das lâminas segundo o MOEd – Módulo de Elasticidade Dinâmico

Todas as lâminas obtidas foram submetidas ao método de ensaio não destrutivo de aplicação de ondas acústicas, visando a determinação do MOEd de cada lâmina. Os valores médios do MOEd das lâminas segregadas e juntadas das toras A e B, para cada conjunto – lâminas de 2,00 mm e de 3,00 mm, são apresentados na Tabela 7. Para cada um desses conjuntos estabeleceu-se uma classificação em classes de qualidade segundo o MOEd, conforme mostram as Tabelas 8 e 9.

É possível observar na Tabela 7 que os valores médios do MOEd das lâminas de 2,00 mm (A2 e B2) e de 3,00 mm (A1 e B1) foram próximos, bem como também foram próximos os valores médios de todas as lâminas dos conjuntos (2,00 e 3,00 mm). De fato, a análise de variância realizada mostrou não haver diferença significativa para as médias do MOEd entre lâminas A2 e B2,

entre lâminas A1 e B1, bem como entre os conjuntos de lâminas de 2,00 e 3,00 mm.

O fato de não haver diferenças entre os dois conjuntos é importante e mostra que não houve influência da espessura e das demais dimensões das lâminas sobre os valores do MOEd. Resultado semelhante foi encontrado por Matos (1997), em seu trabalho com *Pinus taeda* aos 21 anos de idade, utilizando lâminas com 3,2 e 4,2 mm de espessura.

De outro lado, os resultados de equivalência estatística dos valores médios do MOEd entre lâminas A e B, para ambos casos – 2,00 e 3,00 mm, são discordantes dos apresentados por Matos (1997), que encontrou diferenças significativas com média superior para as lâminas obtidas das toras B, em relação àquelas obtidas das toras A. Tanto os resultados obtidos para lâminas de *Pinus merkusii* como os obtidos por Matos (1997) para lâminas de *Pinus taeda*, divergem das observações de Muñiz (1993) para madeira sólida de *Pinus taeda*, pois a autora encontrou valores do MOE (obtido em ensaios destrutivos) decrescentes com a altura da árvore.

A equivalência do MOEd das lâminas obtidas das toras A e B de *Pinus merkusii* sugere que a variação dessa propriedade com a altura da árvore não é acentuada nos primeiros cinco metros a partir da base. Em outras palavras, a espécie teria como característica madeira com formação mais homogênea ao longo do fuste que a madeira de *Pinus taeda*.

Tanto a Tabela 8 como a Tabela 9 mostram que o maior número de lâminas obtidas concentra-se nas classes de MOEd entre 100.000 e 160.000 kgf/cm², representando 63% das lâminas medidas. Matos (1997) encontrou maior número de lâminas concentradas nas classes entre 60.000 e 100.000 kgf/cm², representando 58% das lâminas medidas.

Tabela 7. Valores médios do módulo de elasticidade dinâmico (MOEd) obtidos das lâminas de *Pinus merkusii*.
Table 7. Average values of MOEd - dynamic modulus of elasticity obtained from *Pinus merkusii* veneers.

Lâminas	Módulo de Elasticidade Dinâmico – MOEd					
	N	Média (kgf/cm ²) *	Desvio Padrão	Coeficiente de Variação (%)		
2,00 mm	A2	131	127.676	A	28.544	22
	B2	93	123.186	A	32.044	26
	Todas	224	125.812	A	30.059	24
3,00 mm	A1	365	125.451	A	33.024	26
	B1	321	126.457	A	27.917	22
	Todas	686	126.392	A	30.599	24

*Médias com pelo menos uma letra igual não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade de erro. Obs.: 1 kgf/cm² = 0,0980665 MPa.

Tabela 8. Classificação das lâminas de *Pinus merkusii* de 2,00 mm de espessura, em classes de qualidade, segundo o módulo de elasticidade dinâmico - MOEd.

Table 8. Classification in quality classes of *Pinus merkusii* veneers with 2,00 mm thickness, according to the dynamic modulus of elasticity - MOEd.

Classes de MOEd (kgf/cm ²)	Frequência (N)	Frequência (%)	Frequência Acumulada (%)
60.000 < X ≤ 80.000	14	6	6
80.000 < X ≤ 100.000	35	16	22
100.000 < X ≤ 120.000	54	24	46
120.000 < X ≤ 140.000	43	19	65
140.000 < X ≤ 160.000	45	20	85
160.000 < X ≤ 180.000	28	12,5	97,5
180.000 < X ≤ 200.000	4	2	99,5
200.000 < X ≤ 220.000	1	0,5	100,0
Total	224	100	100

Obs.: 1 kgf/cm² = 0,0980665 MPa.

Tabela 9. Classificação das lâminas de *Pinus merkusii* de 3,00 mm de espessura, em classes de qualidade, segundo o Módulo de Elasticidade Dinâmico - MOEd.

Table 9. Classification of the *Pinus merkusii* veneers quality classes with 3,00 mm thickness, according to the dynamic modulus of elasticity - MOEd.

Classes MOEd (kgf/cm ²)	Frequência (N)	Frequência (%)	Frequência Acumulada (%)
40.000 < X ≤ 60.000	3	0,4	0,4
60.000 < X ≤ 80.000	44	6	6,4
80.000 < X ≤ 100.000	112	16	22,4
100.000 < X ≤ 120.000	127	19	41,4
120.000 < X ≤ 140.000	149	22	63,4
140.000 < X ≤ 160.000	153	22	85,4
160.000 < X ≤ 180.000	82	12	97,4
180.000 < X ≤ 200.000	12	2	99,4
200.000 < X ≤ 220.000	4	0,6	100,0
Total	686	100	100

Obs.: 1 kgf/cm² = 0,0980665 MPa.

Conforme Kretschmann *et al.* (1993), as indústrias dos Estados Unidos, por exemplo, na seleção de lâminas para manufatura de LVL, adotam limite mínimo de MOEd igual a 140.000 kgf/cm², independentemente da espécie utilizada. Entre as lâminas de *Pinus merkusii* de 2,00 mm de espessura, 35% delas ficaram acima daquele valor e entre as lâminas de 3,00 mm o percentual foi de 36,6%. Esses resultados podem ser considerados bons quando comparados com os encontrados por Matos (1997) para lâminas de *Pinus taeda*, cujo percentual de lâminas com MOEd acima do adotado pelas indústrias norte americanas foi de apenas 2%.

Classificação das lâminas pelo Método Visual

Todas as lâminas de 2,00 mm de espessura foram classificadas em classes de qualidade decrescentes (A, B, C+, C e D), segundo o tipo, a quantidade e as dimensões de defeitos, conforme critérios estabelecidos pelo Programa Nacional de Qualidade da Madeira - Compensado de *Pinus* (ABIMCI, 2002). A Tabela 10 mostra os resultados dessa classificação.

Tabela 10. Classificação das lâminas de *Pinus merkusii* de 2,00 mm de espessura, em classes de qualidade, segundo o PNQM - Compensado de *Pinus* (ABIMCI, 2002).

Table 10. Classification of quality classes of *Pinus merkusii* veneers with 2,00 mm thickness, according to the PNQM - Pine Plywood (ABIMCI, 2002).

Classes	Frequência (N)	Frequência (%)	Frequência Acumulada (%)
A	-	-	-
B	19	8	8
C+	167	75	83
C	25	11	94
D	13	6	100
Total	224	100	100

Observa-se na Tabela 10 que o maior número de lâminas obtidas se concentra na classe C+, representando 75% do total. Esse resultado pode ser considerado bom e é coerente, pois as lâminas são provenientes de árvores que não passaram por processo de desrama, o qual poderia reduzir a presença de nós na madeira e melhorar o rendimento em lâminas das classes A e B. Medina (1986), utilizando a norma americana PS1-74, classificou lâminas de *Pinus elliottii*, obtidas de árvores não desramadas, e encontrou maior concentração de lâminas na classe C, representando 61% do total avaliado.

CONCLUSÕES

O rendimento médio do processo de laminação das toras de *Pinus merkusii*, o qual foi de 54,4%, pode ser considerado expressivo e foi superior aos rendimentos de outras espécies de *Pinus* encontrados na bibliografia.

As lâminas obtidas apresentaram boa regularidade em espessura ao longo do comprimento e da largura, sendo que as espessuras efetivas das lâminas foram compatíveis com as espessuras nominais, indicando que as regulagens do torno foram adequadas para laminação da madeira de *Pinus merkusii* e poderiam ser adotadas como ponto de partida na produção de lâminas dessa espécie em escala industrial.

A classificação das lâminas de *Pinus merkusii*, segundo o MOEd, mostrou que elas apresentaram alta rigidez. Lâminas com MOEd entre 100.000 e 160.000 kgf/cm² foram as mais frequentes, representando 63% do total. Lâminas com MOEd acima de 140.000 kgf/cm², perfizeram 36% do total.

Não houve efeito estatisticamente significativo da posição da tora e das dimensões das lâminas sobre o módulo de elasticidade dinâmico (MOEd).

As lâminas de madeira de *Pinus merkusii* mostraram-se viáveis para manufatura de produtos multilaminados. Lâminas classificadas na classe de qualidade C+ foram as mais frequentes, representando 75% do total obtido.

De modo geral conclui-se que a madeira de *Pinus merkusii* se mostrou de boa qualidade para produção de lâminas que podem ser destinadas a manufatura de produtos multilaminados para usos estrutural e não-estrutural.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIMCI - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. Programa Nacional de Qualidade da Madeira: compensado de *Pinus*. Curitiba, 2002. 20p. (Catálogo Técnico, n.1)

ALMEIDA, R.R. Potencial da madeira de clones do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* para a produção de lâminas e manufatura de painéis compensados. 2002. 80p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

BORTOLETTO JÚNIOR, G. Produção de lâminas, compensado e Laminated Veneer Lumber – LVL a partir da madeira de *Pinus merkusii*. 2006. 97p. Tese (Licenciatura) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

BRAND, M.A.; MUÑIZ, G.I.B. Caracterização do rendimento e dos resíduos em uma laminadora através do balanço de materiais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 8, 2003, São Paulo. Anais. São Paulo, 2003. (cd-rom).

CHONG, S.L. Veneer yields of New Zealand: grow slash pine. *New Zealand Journal of Forestry Science*, Rotorua, v.7, n.3, p.420-424, 1977.

FEIHL, O.; GODIN, V. Seeting veneer lathe with aid of instruments. Ottawa: Canadian Forest Service, 1970. 42p. (Publication, 1206).

FREITAS, M. O mercado florestal: palestra proferida em Goiânia, outubro, 2005. Disponível em: <http://www.sbs.org.br/secure/palestra-download.php>. Acesso em: 14/12/2005.

GAIOTTO, M.R. Avaliação da madeira de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus urophylla* para produção de lâminas. 1993. 119p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1993.

INTERAMNENSE, M.T. Utilização das madeiras de *Eucalyptus cloeziana* (F. MUELL), *Eucalyptus maculata* (HOOK) e *Eucalyptus punctata* DC var. *punctata* para produção de painéis compensados. 1998. 81p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.

JANKOWSKY, I.P. Qualidade das lâminas de *Pinus strobus* (Martinez) var. *chiapensis* obtidas por desenrolamento. *Silvicultura*, São Paulo, v.2, n.14, p.9-12, 1978.

KLOCK, U. Qualidade da madeira juvenil de *Pinus maximinoi* H.E. Moore. 2000. 291p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

KRETSCHMANN, D.E.; MOODY, R.C.; PELLERIN, R.F.; BENDTSEN, B.A.; CAHILL, J.M.; MCALISTER, R.H. ; SHARP, D.W. Effect of various proportions of juvenile wood on laminated veneer lumber. *USDA. Forest Service. FPL Research Paper*, Madison, n.521, p.1-31, 1993.

- LUTZ, J.F. Techniques for peeling, slicing and drying veneer. **USDA. Forest Service FPL Research Paper**, Madison, n.228, p.1-64, 1974.
- MATOS, J.L.M. **Estudos sobre a produção de painéis estruturais de lâminas paralelas de *Pinus taeda* L.** 1997. 117p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1997.
- MEDINA, J.C. **Efeito da temperatura de aquecimento na produção de lâminas por desenrolamento e sobre a qualidade da colagem de compensados fenólicos de *Pinus elliottii* Engelm.** 1986. 110p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1986.
- METRIGUARD INC. **Metriguard Model 239: a stress wave timer, manual care and instructions, theory and data reduction.** Pullman, 1997.
- 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.** 1993. 235p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1993.
- PEREYRA, O. **Avaliação da madeira de *Eucalyptus dunnii* (Maid) na manufatura de painéis compensados.** 1994. 87p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994.
- PIO, N.S. **Avaliação da madeira de *Eucalyptus scabra* (Dum-cours) e *Eucalyptus robusta* (Smith) na produção de painéis compensados.** 1996. 101p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1996.
- PIO, N.S. **Produção de painéis estruturais de lâminas paralelas (PLP) de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden.** 2002. 168p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.
- PNF - Programa Nacional de Florestas. **Informações.** Brasília: MMA / SBF / DIFLOR, 2000. 52p.
- SBS - SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. **Contribuição do grupo de trabalho "madeira e florestas" ao fórum de competitividade da cadeia produtiva da indústria de madeira e móveis do MDIC.** São Paulo: SBS, 2000. 33p.
- SBS - SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. **Setor florestal brasileiro: área de reforma e plantio por região em 2005 de espécies florestais madeireiras.** São Paulo, 2006. Disponível em: <http://www.sbs.org.br/estatisticas.htm>. Acesso em: 26/04/2006.
- TUOTO, M.; MIYAKE, N. **A indústria de painéis de madeira supera as expectativas.** **Informativo STCP**, Curitiba, n.4, p.20-22, 2000.

Recebido em 17/08/2007

Aceito para publicação em 12/08/2008

