

Estudo de algumas propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Pinus merkusii*Study of some physical and mechanical properties of *Pinus merkusii* woodGeraldo Bortoletto Júnior<sup>1</sup>**Resumo**

O presente estudo teve por objetivo principal avaliar os valores de algumas das propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Pinus merkusii*, visando aumentar o conhecimento sobre o potencial tecnológico dessa espécie, ainda pouco conhecida no Brasil. Para o desenvolvimento do estudo foram utilizadas 10 toras, provenientes de 05 árvores coletadas aos 26 anos de idade nos plantios da Estação Experimental de Anhembi, Estado de São Paulo, Brasil. As toras foram desdobradas e corpos-de-prova foram obtidos e ensaiados conforme as prescrições da Norma Brasileira NBR 7190 (1997). Os resultados indicaram que a madeira da espécie apresentou estabilidade dimensional média e alta resistência mecânica em comparação com outras coníferas, revelando um elevado potencial para uso estrutural.

**Palavras-chave:** Madeira, *Pinus merkusii*, Propriedades

**Abstract**

The main objective of this study was to determine the values of some physical and mechanical properties of the *Pinus merkusii* wood, seeking to increase the knowledge on the technological potential of this species, still little known in Brazil. Ten logs were used on this research, from five trees, 26 years old, collected in the Experimental Station of Anhembi, São Paulo State, Brazil. The logs were sawmill processed and specimens were obtained and tested according to the Brazilian Norm NBR 7190 (1997). The results indicated that wood of this species had medium dimensional stability and high mechanical strength compared to others conifers, revealing an elevated potential for structural use.

**Keywords:** Wood, *Pinus merkusii*, Properties

**INTRODUÇÃO**

O *Pinus merkusii* é uma das poucas espécies do gênero, no mundo, verdadeiramente tropical, e é o único cuja distribuição natural atravessa a linha do Equador e avança para o hemisfério sul. A espécie é natural e extensivamente distribuída no sudeste da Ásia, ocorrendo na fronteira nordeste da Índia (possivelmente no Tibet), Tailândia, Laos, Camboja, Vietnã, Sumatra e Ilhas Filipinas de Luzon e Mindoro. Ocorre em altitudes com ampla variação, desde pouco acima do nível do mar até 1800 metros. É encontrada sobre uma grande diversidade de solos e sob climas que variam de marcadamente sazonal (seis meses sem chuva) a condições equatoriais constantemente úmidas com pouco ou nenhum déficit de umidade (COOLING, 1968).

Segundo Andrew (1973), o *Pinus merkusii* é fonte notável de uma ampla gama de produtos resinosos. A densidade da madeira é moderada,

exceto em amostras que contêm grande quantidade de resina, e as propriedades de resistência são caracteristicamente médias, mas, devido à presença da resina, podem ser muito variáveis.

Webb *et al.* (1980), citados por Pousujja (1986), informam que o *Pinus merkusii*, de modo geral, produz madeira "macia", utilizada para construção e marcenaria. O alburno é branco ou amarelo-pálido e o cerne é marrom ou castanho-avermelhado. A densidade básica da madeira varia entre 440 e 590 kg/m<sup>3</sup>.

Rachman e Balfas (1987) realizaram ensaios de trabalhabilidade - operações em plaina, furadeira, torno, respigadeira, tupia e lixadeira, baseados na Norma ASTM D-1666, com 28 espécies de madeira provenientes da região oeste de Java, entre elas *Swietenia macrophylla* (mogno) e *Pinus merkusii*. Segundo os resultados obtidos pelos autores, essas duas espécies foram classificadas como de trabalhabilidade boa a muito boa.

Considerando a qualidade dos produtos que pode oferecer e a habilidade de crescer em bai-

<sup>1</sup>Professor 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](mailto:gbortoll@esalq.usp.br)

xas altitudes nos trópicos, o *Pinus merkusii* merece especial atenção como uma espécie potencial para plantios em países tropicais e subtropicais, em áreas remotas ou locais onde a floresta foi consumida pelo fogo, por exploração ou outras causas (COOLING, 1968).

Em sua revisão, Andrew (1973) concluiu que em geral o *Pinus merkusii* é de rápido crescimento e se desenvolve com boa forma, particularmente, em condições climáticas favoráveis.

Tais características também foram observadas por Bortoletto Júnior (2006) em plantios da Estação Experimental de Ciências Florestais de Anhembi, Estado de São Paulo, cujas árvores de *Pinus merkusii* mostraram-se bem desenvolvidas e com boa forma na idade de 26 anos. Com base nessas observações, o autor sugeriu que do ponto de vista silvicultural a espécie pode ser contemplada como promissora para novos plantios em maior escala.

Entretanto, no Brasil, pouco se conhece sobre a qualidade da madeira dessa espécie (SIQUEIRA *et al.*, 2001; BORTOLETTO JÚNIOR, 2006).

Neste contexto, o presente trabalho tem por objetivo determinar os valores de algumas das propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Pinus merkusii*, cotejar esses valores com os de outras espécies de coníferas disponíveis na bibliografia, bem como disponibilizar informações que possam contribuir para aumentar o conhecimento sobre o potencial tecnológico dessa espécie, com especial atenção para sua utilização na construção civil.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Coleta e amostragem do material

A espécie de madeira utilizada no presente estudo foi a de *Pinus merkusii*, aos 26 anos de idade.

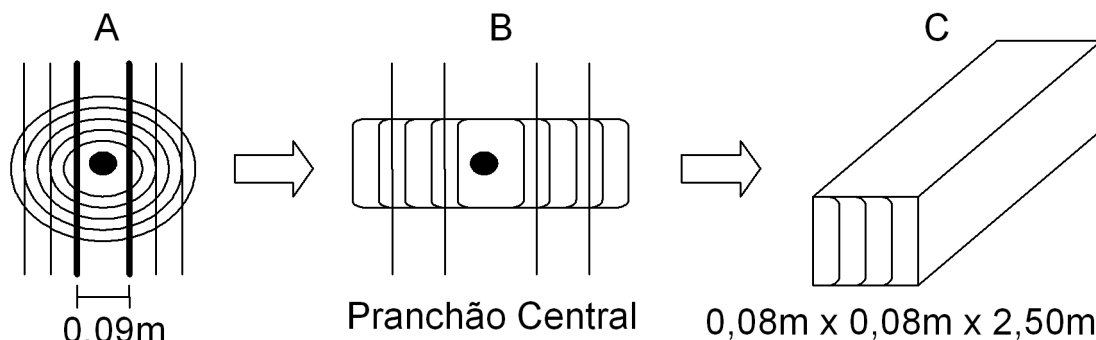
A seleção das árvores foi realizada em um dos talhões do Projeto de Instalação de Teste de Procedências de *Pinus merkusii* (25 procedências da Tailândia e 01 de Java), localizado na Estação Experimental de Ciências Florestais de Anhembi, pertencente à ESALQ/USP.

O talhão, no qual se deu a seleção, 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 3m x 2m 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 realizada no mês de janeiro de 2002 o talhão continha 131 árvores, com diâmetro (DAP) e altura médios de 32cm e 27m, respectivamente.

No talhão descrito, 05 árvores 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 no comprimento de 2,50 m cada. Ao todo foram geradas, no campo, 10 toras. Posteriormente, as toras foram transportadas para a Serraria do Departamento de Ciências Florestais - LCF da ESALQ/USP.

### Desdobro das toras em serraria e amostragem dos corpos-de-prova

As toras foram processadas na Serraria conforme a seqüência esquematizada na Figura 1.



**Figura 1.** Seqüência esquemática de desdobro de uma tora: A – Desdobro tangencial em serra-fita; B – Desdobro paralelo à casca em serra circular; C – Vigas 8cm x 8cm resultantes do desdobro, destinadas à secagem para posterior retirada aleatória de corpos-de-prova.

**Figure 1.** Schematic sequence of log sawing: A – Flat-sawn by band saw; B – Parallel to bark sawing with circular saw; C – Beams (8cm x 8cm) sawed from the central plank, destined to dry and later to obtain random specimens.

Após a secagem das vigas de madeira resultantes do desdobro, realizou-se a amostragem aleatória dos corpos-de-prova isentos de defeitos, para os ensaios físicos e mecânicos previstos, conforme os procedimentos gerais constantes na NBR 7190 (ABNT, 1997). Cabe destacar que a porção da medula foi descartada no desdobro do pranchão central e os nós evitados na amostragem aleatória dos corpos-de-prova.

### Ensaio físicos e mecânicos

Depois de obtidos, todos os corpos-de-prova foram encaminhados ao Laboratório de Ensaio Mecânicos de Madeira e Derivados – LEMMAD do LCF/ESALQ/USP, permanecendo condicionados à temperatura de  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  e umidade relativa de  $65 \pm 5\%$ .

Ao final do período de condicionamento, momento em que os corpos-de-prova atingiram massa constante, procedeu-se à realização dos ensaios mecânicos – flexão estática, compressão paralela, tração paralela e cisalhamento, conduzidos conforme a Norma Brasileira NBR 7190 (1997).

Os corpos-de-prova destinados aos ensaios físicos, após o período de condicionamento e antes de serem ensaiados, foram saturados em água no interior de uma autoclave, com auxílio de vácuo e pressão. Posteriormente, foram realizados os ensaios de determinação da massa específica e da estabilidade dimensional – retração máxima axial, radial, tangencial e volumétrica, conduzidos de acordo com a Norma Brasileira NBR 7190 (1997).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Propriedades físicas da madeira de *Pinus merkusii*

A Tabela 1 apresenta os valores médios de densidade básica e massa específica aparente da madeira de *Pinus merkusii*. A Tabela 2 apresenta

os valores médios de retratibilidade máxima linear e volumétrica.

Siqueira *et al.* (2001), trabalhando com madeira de *Pinus merkusii* oriunda de árvores com 37 anos de idade, procedentes da Floresta Nacional de Capão Bonito, encontraram um valor médio de densidade básica igual a  $458 \text{ kg/m}^3$ . Talvez, esse valor que é pouco mais elevado que o encontrado no presente estudo (Tabela 1) seja devido à diferença entre a idade das árvores dos dois estudos.

O valor médio da densidade básica (Tabela 1) é concordante com Webb *et al.* (1980), citados por Pousujja (1986), os quais afirmam que a madeira de *Pinus merkusii* apresenta densidade básica variável entre  $440$  e  $590 \text{ kg/m}^3$ . O valor encontrado também é compatível com a densidade básica de outras espécies de pinus tropicais - *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *Pinus oocarpa*, respectivamente,  $430$  e  $440 \text{ kg/m}^3$  - plantadas no Estado de São Paulo e estudadas por Bortoletto Júnior (1993). Entretanto, é algo inferior se comparado à densidade básica da madeira de *Pinus taeda* ( $510 \text{ kg/m}^3$ ), chamado subtropical, estudado pelo mesmo autor.

Com relação aos valores de retratibilidade (Tabela 2), valem os mesmos comentários feitos para densidade básica, ou seja, são compatíveis aos encontrados para outras espécies de pinus tropicais estudados por Bortoletto Júnior (1993). Tais valores, também, são compatíveis com os obtidos para madeira de *Araucaria angustifolia*, apresentados por Brotero (1956) e por Jankowsky (1990).

O valor da relação T/R da madeira de *Pinus merkusii* pode ser considerado normal e é característico de espécies que apresentam estabilidade dimensional média. Tal valor é compatível com o apresentado por Jankowsky (1990), para madeira de *Araucaria angustifolia*, igual a 1,95.

**Tabela 1.** Valores médios de densidade básica e massa específica aparente da madeira de *Pinus merkusii*.

**Table 1.** Average values of basic density and apparent density from *Pinus merkusii* wood.

Espécie	Densidade Básica <sup>1</sup> (kg/m <sup>3</sup> )	Massa Específica Anidra <sup>2</sup> (kg/m <sup>3</sup> )	Massa Específica Seca <sup>3</sup> (kg/m <sup>3</sup> )	Massa Específica Saturada <sup>4</sup> (kg/m <sup>3</sup> )
<i>Pinus merkusii</i>	<sub>48</sub> 438 <sup>12</sup>	<sub>48</sub> 492 <sup>13</sup>	<sub>48</sub> 527 <sup>13</sup>	<sub>48</sub> 1.128 <sup>1</sup>

1Massa ao teor de umidade de 0% e o volume saturado; 2Massa e volume ao teor de umidade de 0%; 3Massa e volume ao teor de umidade médio de 11%; 4Massa e Volume ao teor de umidade médio de 161%. Em cada célula o número central é o valor médio, a esquerda é o número de repetições e a direita é o coeficiente de variação (%).

**Tabela 2.** Valores médios de retratibilidade máxima da madeira de *Pinus merkusii*.

**Table 2.** Average values of maximum shrinkage from *Pinus merkusii* wood.

Espécie	Retratibilidade Máxima (%)				
	Tangencial	Radial	Longitudinal	Volumétrica	Relação T/R
<i>Pinus merkusii</i>	<sub>41</sub> 7,4 <sup>8</sup>	<sub>41</sub> 4,0 <sup>15</sup>	<sub>41</sub> 0,2 <sup>50</sup>	<sub>41</sub> 11,6 <sup>9</sup>	<sub>41</sub> 1,9 <sup>16</sup>

Em cada célula o número central é o valor médio, a esquerda é o número de repetições e a direita é o coeficiente de variação (%).

### Propriedades mecânicas da madeira de *Pinus merkusii*

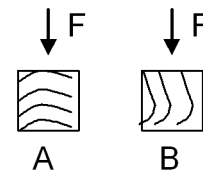
As Tabelas 3 a 6 apresentam os resultados dos ensaios de compressão paralela às fibras, flexão estática, tração paralela às fibras e cisalhamento paralelo às fibras da madeira de *Pinus merkusii*, respectivamente. Nas mesmas tabelas, também são apresentados os valores médios das propriedades da madeira de outras espécies de pinus, extraídos da bibliografia, para permitir a comparação dos resultados.

Através da Tabela 4 constata-se que não houve diferença significativa do módulo de resistência (MOR) e do módulo de elasticidade (MOE) da madeira de *Pinus merkusii* quando as forças foram aplicadas na face tangencial (A) e na face radial (B) do corpo-de-prova no ensaio de flexão estática, conforme ilustra a Figura 2. Do mesmo modo, verifica-se através da Tabela 6 que não houve diferença significativa da resistência ao cisalhamento entre os planos tangencial e radial. Sendo assim, utilizou-se o conjunto dos valores das duas faces e dos dois planos para representar o valor médio de cada uma daquelas propriedades para a madeira de *Pinus merkusii*.

Analisando as Tabelas 3 a 5 é possível observar que os valores médios de resistência, MOR e MOE, obtidos para madeira de *Pinus merkusii*,

foram compatíveis aos valores encontrados para o *Pinus taeda* e algo superiores, na maioria dos casos, aos valores encontrados para as demais espécies de pinus. Através da Tabela 6 observa-se que a resistência ao cisalhamento da madeira do *Pinus merkusii* foi algo inferior à das demais espécies, contrariando a tendência geral verificada para as outras propriedades consideradas.

Os valores dos coeficientes de variação da resistência, do MOR e do MOE das propriedades determinadas para madeira de *Pinus merkusii* foram compatíveis com os valores médios sugeridos por Green *et al.* (1999), mas, foram inferiores quando comparados aos mesmos valores encontrados para as demais espécies de pinus.



**Figura 2.** Vista da seção transversal de corpos-de-prova, com a indicação da aplicação da força na face tangencial ou na direção radial (A) e na face radial ou na direção tangencial aos anéis de crescimento (B), durante o ensaio de flexão estática.

**Figure 2.** Transversal section view of the specimen with indication of strength applied either to the tangential face or to radial direction (A) and on radial face or in the tangential direction to growth rings (B), during the static flexion test.

**Tabela 3.** Valores médios de resistência e módulo de elasticidade (MOE) a compressão paralela às fibras da madeira de *Pinus merkusii*.

**Table 3.** Average values of axial compression strength and modulus of elasticity from *Pinus merkusii* wood.

Espécies	Compressão Paralela às Fibras	
	Resistência (MPa)	MOE (MPa)
<i>Pinus merkusii</i>	44 <sup>15</sup>	12.872 <sup>29</sup>
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>bahamensis</i> *	32 <sup>24</sup>	6.705 <sup>47</sup>
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>caribaea</i> *	35 <sup>25</sup>	8.332 <sup>45</sup>
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> *	41 <sup>30</sup>	9.409 <sup>48</sup>
<i>Pinus oocarpa</i> *	43 <sup>22</sup>	10.715 <sup>36</sup>
<i>Pinus elliotii</i> var. <i>elliotii</i> *	40 <sup>22</sup>	11.183 <sup>34</sup>
<i>Pinus taeda</i> *	44 <sup>19</sup>	13.320 <sup>37</sup>

Em cada célula o número central é o valor médio, a esquerda é o número de repetições e a direita é o coeficiente de variação (%). \*Dados obtidos de Bortoletto Júnior (1993)

**Tabela 4.** Valores médios de módulo de resistência (MOR) e módulo de elasticidade (MOE) à flexão estática da madeira de *Pinus merkusii*.

**Table 4.** Average values of static bending strength and elasticity modulus from *Pinus merkusii* wood.

Espécies		Flexão Estática	
		MOR (MPa)*	MOE (MPa)*
<i>Pinus merkusii</i>	Força Aplicada na Face Tangencial	86 <sup>31</sup> A	11.696 <sup>34</sup> A
	Força Aplicada na Face Radial	74 <sup>29</sup> A	11.569 <sup>22</sup> A
	Valor Médio	80 <sup>23</sup>	11.638 <sup>22</sup>
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>bahamensis</i> **		59 <sup>24</sup>	6.431 <sup>31</sup>
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>caribaea</i> **		63 <sup>43</sup>	7.030 <sup>45</sup>
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> **		61 <sup>35</sup>	8.876 <sup>36</sup>
<i>Pinus oocarpa</i> **		65 <sup>31</sup>	9.355 <sup>33</sup>
<i>Pinus elliotii</i> var. <i>elliotii</i> **		70 <sup>23</sup>	10.632 <sup>33</sup>
<i>Pinus taeda</i> **		82 <sup>28</sup>	12.969 <sup>26</sup>

Em cada célula o número central é o valor médio, a esquerda é o número de repetições e a direita é o coeficiente de variação (%). \*Médias com pelo menos uma letra igual não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade de erro. \*\*Dados obtidos de Bortoletto Júnior (1993).

**Tabela 5.** Valores médios de resistência e módulo de elasticidade (MOE) a tração paralela às fibras da madeira de *Pinus merkusii*.

**Table 5.** Average values of axial tension strength and elasticity modulus from *Pinus merkusii* wood.

Espécies	Tração Paralela às Fibras	
	Resistência (MPa)	MOE (MPa)
<i>Pinus merkusii</i>	22 72 <sup>22</sup>	22 11.318 <sup>16</sup>
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>bahamensis</i> *	35 52 <sup>52</sup>	35 6.793 <sup>63</sup>
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>caribaea</i> *	29 63 <sup>49</sup>	29 7.066 <sup>58</sup>
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> *	104 49 <sup>47</sup>	104 9.643 <sup>52</sup>
<i>Pinus oocarpa</i> *	72 60 <sup>38</sup>	72 11.438 <sup>37</sup>
<i>Pinus elliottii</i> var. <i>elliottii</i> *	24 65 <sup>29</sup>	24 13.117 <sup>41</sup>
<i>Pinus taeda</i> *	15 81 <sup>23</sup>	15 15.886 <sup>28</sup>

Em cada célula o número central é o valor médio, a esquerda é o número de repetições e a direita é o coeficiente de variação (%). \*Dados obtidos de Bortoletto Júnior (1993).

**Tabela 6.** Valores médios de resistência ao cisalhamento paralelo às fibras da madeira de *Pinus merkusii*.

**Table 6.** Average values of axial shear strength from *Pinus merkusii* wood.

Espécies	Cisalhamento Paralelo às Fibras	
	Resistência (MPa)*	
<i>Pinus merkusii</i>	Plano Tangencial	23 11 <sup>16</sup> A
	Plano Radial	23 10 <sup>14</sup> A
	Valor Médio	46 11 <sup>16</sup>
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>bahamensis</i> **		37 11 <sup>20</sup>
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>caribaea</i> **		29 13 <sup>21</sup>
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> **		108 13 <sup>21</sup>
<i>Pinus oocarpa</i> **		75 13 <sup>16</sup>
<i>Pinus elliottii</i> var. <i>elliottii</i> **		24 12 <sup>15</sup>
<i>Pinus taeda</i> **		16 13 <sup>12</sup>

O número central é o valor médio, a esquerda é o número de repetições e a direita é o coeficiente de variação (%). \*Médias com pelo menos uma letra igual não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade de erro. \*\*Dados obtidos de Bortoletto Júnior (1993).

Os valores elevados do coeficiente de variação das espécies de pinus extraídos da bibliografia, possivelmente, são devidos ao fato de que os valores individuais considerados para obtenção dos valores médios, na maioria dos casos, foram obtidos de populações diversas (5 regiões distintas), com idades diversas (15, 17, 20 e 25 anos), embora provenientes de plantios localizados no Estado de São Paulo. Exceções foram os casos das madeiras de *Pinus elliottii* (provenientes de 2 regiões, com idades de 20 e 25 anos) e de *Pinus taeda* (provenientes de 2 regiões, com idade de 20 anos), para os quais os coeficientes de variação não foram elevados na maioria das propriedades comparadas. Já, no caso do *Pinus merkusii*, a madeira foi coletada de uma única região (Anhembi, SP), a partir de árvores de mesma idade (26 anos), fatos que podem explicar os valores das propriedades terem sido mais homogêneos.

Os valores médios de resistência e MOE a

compressão paralela às fibras, e do MOR e MOE à flexão estática da madeira de *Pinus merkusii*, são compatíveis com os obtidos para madeira de *Araucaria angustifolia*, apresentados por Brotero, 1956. Já o valor médio da resistência ao cisalhamento da madeira do *Pinus merkusii* foi superior ao da araucária (variável entre 5,5 a 7,8 MPa, conforme a região do Estado de São Paulo). Tal comparação deve ser analisada com cuidado, uma vez que os métodos de ensaio utilizados pelo IPT à época divergem dos prescritos pela atual NBR 7190 (1997).

A Tabela 7 apresenta uma classificação para madeiras de coníferas, conforme definido na Norma Brasileira NBR 7190 (1997). A Tabela 8 apresenta os valores das propriedades da madeira de *Pinus merkusii*, extraídos dos dados experimentais obtidos no presente estudo e calculados de acordo com a Norma Brasileira em referência, para fins de classificação conforme as classes de resistência exibidas na Tabela 7.

**Tabela 7.** Classes de resistência para coníferas segundo a NBR 7190 (1997).

**Table 7.** Strength degrees for conifers according to NBR 7190 (1997).

Classe	<sup>1</sup> f <sub>co,k</sub> (MPa)	<sup>2</sup> f <sub>vk</sub> (MPa)	<sup>3</sup> E <sub>co,m</sub> (MPa)	<sup>4</sup> ρ <sub>bas,m</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	<sup>5</sup> ρ <sub>ap</sub> (kg/m <sup>3</sup> )
C20	20	4	3.500	400	500
C25	25	5	8.500	450	550
C30	30	6	14.500	500	600

1 = valor característico da resistência à compressão paralela às fibras; 2 = valor característico da resistência ao cisalhamento paralelo às fibras; 3 = valor médio do módulo de elasticidade à compressão paralela às fibras; 4 = valor médio da densidade básica; 5 = valor médio da densidade aparente.

**Tabela 8.** Valores das propriedades da madeira de *Pinus merkusii* para fins de classificação em classes de resistência para coníferas segundo a NBR7190 (1997).

**Table 8.** *Pinus merkusii* wood properties values for classification in degrees of strength for conifers according to NBR 7190 (1997).

Espécie	$f_{cok}$ (MPa)	$f_{vk}$ (Mpa)	$E_{co,m}$ (Mpa)	$\rho_{bas,m}$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\rho_{ap}$ (kg/m <sup>3</sup> )
<i>Pinus merkusii</i>	37	9	12.872	438	527

Obs.: O  $f_{cok}$  e o  $f_{vk}$  foram estimados através da expressão fornecida pela NBR 7190, a partir do conjunto de dados originais das resistências à compressão paralela e ao cisalhamento paralelo, obtidos no estudo.

Comparando os valores apresentados na Tabela 8 com aqueles da Tabela 7, observa-se que a madeira de *Pinus merkusii* poderia ser admitida com boa margem de segurança na classe C30 de resistência para coníferas, já que a condição de aceitação nessa classe é  $f_{cok} \geq 30$ , conforme proposto por Sales (2000).

O enquadramento da madeira de *Pinus merkusii* na classe C30 constitui importante evidência de que essa espécie se encontra entre as mais resistentes madeiras de coníferas plantadas no Brasil. Tal evidência pode ser contemplada como um argumento favorável à inclusão da espécie nos programas de reflorestamento, os quais visam aumentar as áreas plantadas com coníferas a fim de eliminar certo déficit atual desse tipo de madeira para produtos sólidos.

## CONCLUSÕES

As propriedades físicas da madeira de *Pinus merkusii* mostraram ser compatíveis às propriedades das madeiras de *Araucaria angustifolia* e de outras espécies de pinus disponíveis na bibliografia. A madeira da espécie estudada apresentou estabilidade dimensional média.

As propriedades mecânicas da madeira de *Pinus merkusii* mostraram ser compatíveis com as propriedades das madeiras de *Araucaria angustifolia* e de *Pinus taeda*, e superiores, na maioria dos casos, às propriedades das madeiras de outros pinus tropicais disponíveis na bibliografia.

Os valores das propriedades mecânicas da madeira de *Pinus merkusii* permitiram enquadrá-la na classe de resistência C30, a mais exigente da NBR 7190 (1997), indicando que a madeira dessa espécie se encontra entre as mais resistentes madeiras de coníferas plantadas no Brasil e que a mesma possui forte aptidão para o uso estrutural.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estruturas de madeira.** Rio de Janeiro, 1997. (Norma Brasileira NBR-7190)

ANDREW, I.A. Wood quality of *Pinus merkusii* Jung. and de Vriese: a review. In: BURLEY, J.; NIKLES, D.G. **Selection and breeding to improve some tropical conifers.** Oxford: Commonwealth Forestry Institute and Queensland, Department of Forestry, 1973. v.2, p.116-125.

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard methods for conducting machining tests of wood and wood-base materials.** Philadelphia, 1990. (Norma ASTM D-1966)

BORTOLETTO JÚNIOR, G. **Indicações para utilização da madeira de seis espécies e variedades de pinus aplicada na construção civil.** 1993. 119p. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 1993.

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

BROTERO, F.A. Métodos de ensaios adotados no IPT para o estudo de madeiras nacionais: tabelas de resultados obtidos para madeiras nacionais. **Boletim IPT,** São Paulo, n.31, p.1-28, 1956.

COOLING, E.N.G. *Pinus merkusii.* Oxford: Commonwealth Forestry Institute, 1968. 169p.

GREEN, D.W.; WINANDY, J.E.; KRETSCHMANN, D.E. Mechanical properties of wood. **USDA. Forest Service. General Technical Report,** Madison, n.113, cap.4-1/4-45. 1999.

JANKOWSKY, I.P.; CHIMELO, J.P.; CAVALCANTE, A.A.; GALINA, I.C.M.; NAGAMURA, J.C.S. **Madeiras brasileiras.** Caxias do Sul: Spectrum, 1990.

POUSUJJA, R. *Pinus merkusii* Jungh. & de Vriese. Humlebaeck: Danida Forest Seed, 1986. 26p.

RACHMAN, O.; BALFAS, J. Machining properties of wood species from West Java. **Jurnal Penelitian Hasil Hutan**, Bogor, v.4, n.3, p.54-64, 1987.

SALES, A. Classes de resistência para madeira. **Madeira: arquitetura e engenharia**, São Carlos, v.1, n.1, p.25-30, 2000.

SIQUEIRA, M.M.; PEREIRA, J.C.D.; MATTOS, P.P.; SHIMIZU, J. Características físicas, químicas e anatómicas da madeira de *Pinus merkusii*. **Comunicado Técnico EMBRAPA Florestas**, Colombo, n.65, p.1-4, 2001.

Recebido em 27/11/2007  
Aceito para publicação em 05/11/2008