

PEDRO NICOLAU SERPA

**AVALIAÇÃO DA MADEIRA DE *Eucalyptus grandis* W. HILL EX MAIDEN,  
*Eucalyptus saligna* SMITH E *Pinus elliottii* ENGELM PARA A PRODUÇÃO  
DE MÓVEIS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2001

PEDRO NICOLAU SERPA

**AVALIAÇÃO DA MADEIRA DE *Eucalyptus grandis* W. HILL EX MAIDEN,  
*Eucalyptus saligna* SMITH E *Pinus elliottii* ENGELM PARA A PRODUÇÃO  
DE MÓVEIS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 18 de julho de 2001.

---

Prof. Alexandre Santos Pimenta  
(Conselheiro)

---

Prof. Ricardo Marius Della Lucia  
(Conselheiro)

---

Eng. Ana Márcia M. L. Carvalho

---

Eng. José Tarcísio da Silva Oliveira

---

Prof. Benedito Rocha Vital  
(Orientador)

Atrás de cada linha de chegada, há uma de partida.

A todo silvicultor brasileiro, independentemente da dimensão do seu  
empreendimento,

Dedico.

## AGRADECIMENTO

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Engenharia Florestal, pela oportunidade de realizar esta capacitação.

Aos mestres educadores do Departamento de Engenharia Florestal da UFV, pelos ensinamentos; em especial ao meu orientador Professor Benedito Rocha Vital, pelo incentivo, pela orientação e pelo convívio durante a realização deste curso.

Ao Eng.º Florestal José Tarcísio da Silva Oliveira, pesquisador do Laboratório de Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira do DEF/UFV, pelo apoio nas atividades desenvolvidas e pelo companheirismo.

À Eng.ª Florestal Ana Márcia Macêdo Ladeira Carvalho, pela contribuição na melhoria deste trabalho.

Aos funcionários do Laboratório de Painéis e Energia da Madeira e do Laboratório de Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira, pela colaboração e amizade.

Aos funcionários do setor de Silvicultura do DEF e da Marcenaria da UFV, pelo auxílio prestado.

Aos funcionários da Coordenação de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia Florestal da UFV, pela atenção e pelo bom atendimento.

À EPAGRI – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A. –, pela dispensa para realização deste aperfeiçoamento.

Aos novos amigos feitos no mestrado, pela acolhida, pelo companheirismo e pela convivência.

À Nara, minha esposa, e aos nossos filhos Rômulo e Marília, pela tolerância da ausência e pela motivação.

*Muito obrigado!*

## **BIOGRAFIA**

PEDRO NICOLAU SERPA, filho de Silvano Pedro Serpa e Praxedes Vieira Serpa, nasceu em Itapema, Santa Catarina, em 10 de setembro de 1954.

Em 1978 graduou-se em Engenharia Agrônoma na Universidade Federal de Pelotas, em Pelotas, RS.

Entre fevereiro e julho de 1979, atuou como Engenheiro Agrônomo na Cooperativa Regional Agropecuária do Planalto Catarinense Ltda., em Curitibanos, SC.

Em agosto de 1979, ingressou na Associação de Crédito e Assistência Rural de Santa Catarina (hoje EPAGRI), desempenhando atividades na área de extensão rural.

A partir de junho de 1997 transferiu-se, pela mesma empresa, para a Estação Experimental de Itajaí, SC, onde desenvolve pesquisa na área florestal.

Em abril de 1999, iniciou o curso de Mestrado em Ciência Florestal, na área de Tecnologia da Madeira, na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG, concluindo-o em julho de 2001.

## ÍNDICE

	Página
RESUMO	viii
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Qualidade da madeira de eucalipto	3
2.1.1. Tensões de crescimento	5
2.1.2. Colapso	7
2.1.3. Densidade	8
2.1.4. Contração volumétrica	11
2.2. Aspectos mercadológicos	13
2.3. A indústria moveleira	15
3. MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1. Colheita do material	17
3.2. Desdobro	18
3.3. Seleção e preparo do material	19
3.4. Análise estatística	22
3.4.1. Densidade básica, contração volumétrica, resistência à flexão estática e à compressão	22
3.4.2. Qualidade da linha de cola	22
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1. Rendimento em madeira serrada	24
4.2. Densidade básica da madeira	25
4.3. Contração volumétrica	35
4.4. Resistência à flexão estática	45
	Página

4.5. Resistência à compressão paralela às fibras	54
4.6. Qualidade da linha de cola	63
4.6.1. Resistência da linha de cola	63
4.6.2. Percentagem de falha na madeira	69
4.7. Trabalhabilidade	74
5. CONCLUSÕES	76
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78

## RESUMO

SERPA, Pedro Nicolau, M.S. Universidade Federal de Viçosa, julho de 2001.  
**Avaliação da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, *Eucalyptus saligna* Smith e *Pinus elliottii* Engelm para a produção de móveis.** Orientador: Benedito Rocha Vital. Conselheiros: Alexandre Santos Pimenta e Ricardo Marius Della Lucia.

No presente trabalho, foi utilizado material coletado de árvores das espécies *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, *Eucalyptus saligna* Smith e *Pinus elliottii* Engelm colhidas no campus da Universidade Federal de Viçosa, MG. Foram abatidas três árvores de cada uma das espécies, com idades aproximadas de 50, 40 e 40 anos, respectivamente. Com o objetivo de avaliar a qualidade da madeira para a produção de móveis, foram determinadas algumas de suas características, bem como suas propriedades físicas e mecânicas. Foram amostradas três toras de cada árvore, sendo uma da base, uma do meio e uma do topo do fuste, visando conhecer o comportamento das propriedades no sentido longitudinal. De cada tora, foi estudada também a variação ocorrida na direção medula-casca. Os resultados mostraram que todas as propriedades físicas e mecânicas variaram dentro da árvore nos sentidos radial e longitudinal. A densidade básica, a resistência à flexão e à compressão aumentaram na direção medula-casca, enquanto a contração volumétrica diminuiu. Portanto, para obtenção de madeiras mais densas, mais estáveis e com maior resistência à flexão e à compressão, é necessária a colheita de árvores mais velhas. Longitudinalmente, a tendência foi a tora da porção média do fuste apresentar valores menores que as da base e do topo, em relação a todas as propriedades analisadas. A



resistência da linha de cola e a percentagem de falha na madeira apresentaram poucas diferenças em relação à aderência entre madeira juvenil e entre madeira madura, em todas as posições no fuste. No ensaio de confecção de espiga e furação para espiga, todas as espécies mostraram resultados satisfatórios, sem praticamente a ocorrência de defeitos. Com base nas propriedades estudadas neste trabalho, pode-se considerar que as madeiras de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii* são apropriadas para a fabricação de móveis.

## ABSTRACT

SERPA, Pedro Nicolau, M.S. Universidade Federal de Viçosa, July, 2001.  
**Evaluation of the wood of *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, *Eucalyptus saligna* Smith and *Pinus elliottii* Engelm for furniture production.** Adviser: Benedito Rocha Vital. Committee Members: Alexandre Santos Pimenta and Ricardo Marius Della Lucia.

In this work, material collected from trees of the species *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, *Eucalyptus saligna* Smith and *Pinus elliottii* Engelm harvested in the Federal University of Viçosa, MG, Brazil, was studied. Three trees of each species, with approximate ages of 50, 40 and 40 years, respectively, were harvested. In order to evaluate the wood quality for furniture production, some of their characteristics were determined, as well as physical and mechanical properties. Three logs of each tree were sampled, one on the base, one at the middle and the last one on the top of the stem, in order to know the behavior of the properties in the longitudinal direction at each log. Also properties variation from pith to bark was studied. The results showed that all the physical and mechanical properties varied inside the tree in the radial and longitudinal directions. Basic density, as well as resistance to flexion and to compression, increased from pith to bark, while volumetric contraction decreased. Therefore, to obtain wood of greater density, solidity and resistance to flexion and to compression, it is necessary to harvest older trees. Longitudinally, the trend was the log of the middle of the stem presenting lower values than those of the base and the top, for all the analyzed properties. Little difference was found in resistance of the glue line and percentage of wood failures for young and old trees, at

all positions in the stem. All the species tested showed satisfactory results, without failures, in the mortise and tenon test. Based on the properties studied in this work, it can be considered that *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* and *Pinus elliottii* can be used for furniture production.

## 1. INTRODUÇÃO

O potencial do eucalipto como madeira serrada não é novidade. Muitos trabalhos científicos de concepção abrangente já foram publicados, com tendência a uma sinergia crescente e a canalizar esforços complementares para viabilizar industrialmente a madeira do eucalipto. Aspectos básicos, tanto de silvicultura como de tecnologia, estão se firmando e permitindo uma postura otimista quanto à disseminação do uso dessa matéria-prima florestal.

Alguns mitos, entretanto, ainda persistem em detrimento do uso do eucalipto para fins mais nobres, como no setor de movelaria. Por haver uma tradição no uso de produtos oriundos de florestas nativas, com características diferentes, as propriedades e a utilização da madeira de eucalipto precisam ser melhor estudadas e difundidas, com o intuito de produzir informações capazes de generalizar seu aproveitamento.

A indústria moveleira tem expressiva participação na economia brasileira, mormente nas regiões Sul e Sudeste, com um bom potencial para crescimento, tanto para o mercado interno como para exportação de produtos acabados.

Com a carência e o aumento do custo de madeiras tradicionais, e devido às pressões de ordem

ambiental, as florestas plantadas constituem uma alternativa para suprir esse mercado.

As espécies do gênero *Eucalyptus* podem prover essa necessidade, já que apresentam menor custo de produção, rápido crescimento, alta produtividade e menor idade de corte. Além disso, permitem o uso múltiplo da floresta, produzem matéria-prima mais homogênea, apresentam regularidade de oferta e madeira de boa qualidade.

Madeiras provenientes de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* têm sido citadas como potencialmente utilizáveis na fabricação de móveis.

Em relação às florestas plantadas, devem ser destacadas as nossas características edafoclimáticas, associadas a altos índices solarimétricos e elevadas temperaturas, o que possibilita uma intensa atividade biológica, tendo como resultado altas taxas de produtividade. No Quadro 1, de acordo com a ABCECEL, citada por OLIVEIRA (1997), é evidenciada a posição de destaque do Brasil, quando comparado a outros países, em relação à produtividade volumétrica.

Quadro 1. Produtividade volumétrica em diferentes países

País	M <sup>3</sup> /ha/ano
Finlândia	5
Portugal	10
Estados Unidos	15
África do Sul	18
Brasil	25

Fonte: OLIVEIRA, 1997.

No entanto, para a correta utilização da madeira de eucalipto, é necessário o conhecimento de seu comportamento na linha de produção e em serviço. Sem o conhecimento de seus atributos e características, esta madeira não poderá ser utilizada de forma efetiva. O desconhecimento de suas propriedades e principalmente de sua variabilidade leva, freqüentemente, a dificuldades na sua eficiente utilização.

Este trabalho teve por objetivo avaliar as propriedades físicas e mecânicas e as características das madeiras de duas espécies de eucalipto e uma de pinus, com vistas ao seu aproveitamento pela indústria moveleira.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Colheita do material

As toras foram obtidas de árvores das espécies *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, *Eucalyptus saligna* Smith e *Pinus elliottii* Engelm, colhidas no campus da Universidade Federal de Viçosa, MG. As espécies de eucalipto têm como procedência o município de Rio Claro, Estado de São Paulo. Foram colhidas três árvores de cada uma dessas espécies, com idades aproximadas de 50, 40 e 40 anos, respectivamente.



Figura 2. Toras de *Eucalyptus* spp. utilizadas neste trabalho.

Foi feita a medição do DAP (diâmetro à altura do peito) de todas as árvores antes do abate. Depois de abatidas, foram seccionadas em toras com comprimento de

quatro metros até o quanto possível, procurando-se fazer o máximo aproveitamento de seu fuste (Figura 2). Foram medidos os diâmetros nas duas extremidades das toras, para determinação de seu volume. Cada tora foi marcada com o número da árvore e a sua posição no tronco. O volume da tora foi calculado de acordo com BENCHIMOL (1996), pela fórmula:

$$VT = \frac{\pi}{8}(D^2 + d^2)L$$

em que:

VT = volume da tora;

D<sup>2</sup> = diâmetro da face maior;

d<sup>2</sup> = diâmetro da face menor;

L = comprimento da tora.

Os dados obtidos das árvores são apresentados no Quadro 3.

Quadro 3. DAP, número de toras e volume comercial com casca das árvores colhidas

Espécie	Árvore	DAP (cm)	N.º de toras	Vol. (m <sup>3</sup> /CC)
<i>Eucalyptus grandis</i>	1	83	5	6,289
<i>Eucalyptus grandis</i>	2	59	5	3,550
<i>Eucalyptus grandis</i>	3	65	5	3,818
<i>Eucalyptus saligna</i>	1	69	8	6,591
<i>Eucalyptus saligna</i>	2	59	7	4,521
<i>Eucalyptus saligna</i>	3	57	9	5,588
<i>Pinus elliottii</i>	1	40	5	1,660
<i>Pinus elliottii</i>	2	48	5	2,211
<i>Pinus elliottii</i>	3	47	4	1,703
Total	9	xx	53	35,931

### 3.2. Desdobro

Para o desdobro das toras, empregou-se um engenho de serra de fita marca Schiffer, com motor de 60 CV, cujo volante mede 1,20 m de diâmetro, empregando-se uma lâmina com 17,5 cm de largura e 1,2 mm de espessura. Inicialmente foram retiradas as quatro costaneiras, seguindo-se cortes paralelos. A espessura de desdobro das tábuas foi de 3 cm. Durante o desdobro, as tábuas resultantes foram marcadas de acordo com a espécie, o número da árvore e da tora que lhes deram origem. Nessa operação, as tábuas diametrais, além de identificadas, foram separadas. O canteamento foi processado em serra circular múltipla, marca Schiffer, com motor de 40 HP, constituída de um conjunto de três lâminas de 50 cm de diâmetro e 6 mm de espessura. Durante o empilhamento das tábuas, foram tomadas suas medidas de comprimento, largura e espessura, para calcular o rendimento em madeira serrada.



Figura 3. Operação de desdobro e empilhamento das tábuas desdobradas.

### **3.3. Seleção e preparo do material**

De cada árvore, foram selecionadas tábuas diametrais provenientes das toras da base, do meio e do topo, das quais foram retiradas as amostras para realização dos ensaios. As amostras foram preparadas a partir de baguetas retiradas das tábuas diametrais, nos dois sentidos a partir da medula, a cada dois centímetros, em direção à casca (Figura 4). Até a terceira posição a partir da medula foi possível a retirada de amostras para todas as toras analisadas.

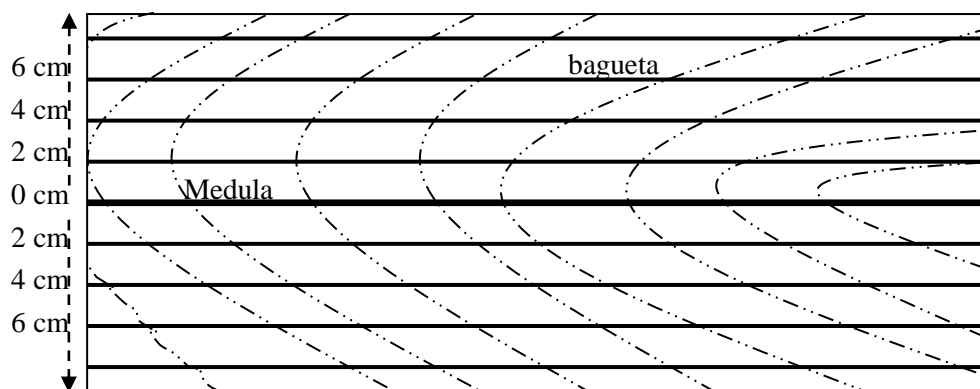


Figura 4. Representação da tábua diametral com as posições de retirada das baguetas.

Para as três espécies em estudo, foram analisadas a densidade básica, a contração volumétrica total, a resistência à flexão, a resistência à compressão paralela às fibras, a qualidade da linha de cola, e no teste de trabalhabilidade, a confecção de espiga e a furação para espiga. Os resultados dos ensaios com madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*, além da comparação entre si, foram também comparados com os da madeira de *Pinus elliottii*, muito utilizada na confecção de móveis.

A densidade básica foi determinada utilizando-se o método de imersão em mercúrio, conforme descrito por VITAL (1984), com corpos de prova na dimensão nominal de 2 x 2 x 3 cm. Os mesmos corpos de prova foram utilizados para determinação da contração volumétrica total, conforme a norma MB 26/40 da ABNT (ABNT, 1940).

As resistências à flexão e à compressão paralela às fibras foram avaliadas seguindo também as diretrizes da norma MB 26/40 da ABNT, tendo os corpos de prova dimensões nominais de 2 x 2 x 30 cm e 2 x 2 x 3 cm, respectivamente. Os corpos de prova, por ocasião dos testes, apresentavam o seguinte teor médio de umidade: ensaio de flexão para madeira de *Eucalyptus saligna* igual a 18,11%; para



*Eucalyptus grandis*, igual a 17,25%; para *Pinus elliottii*, igual a 11,95%; ensaio de compressão para madeira de *Eucalyptus saligna* igual a 20,99%; para *Eucalyptus grandis*, igual a 20,29%; e para *Pinus elliottii*, igual a 14,89%.

Os valores de resistência obtidos nos ensaios de flexão e compressão foram ajustados para 12% de umidade, conforme a NBR 7190 (ABNT, 1997), pela equação:

$$f_{12} = f_{U\%} \left[ 1 + \frac{3(U\% - 12)}{100} \right]$$

em que:

$f_{12}$  = Valor da resistência no teor de 12% de umidade;

$f_{U\%}$  = Valor da resistência encontrado no teor de umidade ensaiado;

$U\%$  = Umidade do corpo de prova no momento do ensaio.

No ensaio de qualidade da linha de cola, foi utilizado adesivo próprio para madeira, à base de acetato de polivinila (PVA), as chamadas colas brancas, da marca comercial Cascorez, com teor de sólidos de 46,29%.

Para esse ensaio, foram confeccionadas quatro amostras (ripas) de cada tábua diametral, sendo duas delas de madeira próxima à região da medula, e as outras duas de madeira próxima à casca (Figura 5). As amostras da região da medula foram coladas entre si, igualmente às amostras da região próxima à casca, para posterior confecção dos corpos de prova, seguindo critérios da norma ASTM D-905. Os corpos de prova, no momento dos ensaios, apresentavam o seguinte teor médio de umidade: para madeira de *Eucalyptus grandis*, igual a 15,03%; para *Eucalyptus saligna*, igual a 15,23%; e para *Pinus elliottii*, igual a 13,51%.

No ensaio de trabalhabilidade o procedimento foi semelhante, retirando-se duas amostras (ripas) de cada tábua diametral, uma na região da medula e outra próxima à casca. A norma tomada como referência para confecção dos corpos de prova foi a ASTM D-1666.

A secagem do material para todos os testes foi feita naturalmente ao ar, até o ponto de equilíbrio com o ambiente.

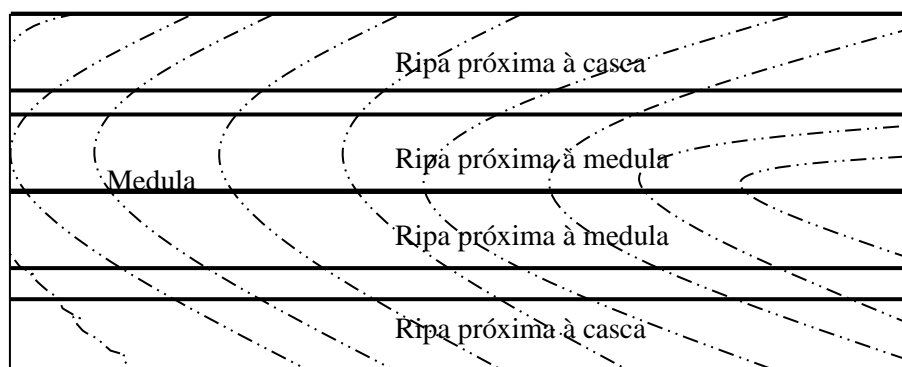


Figura 5. Representação da tábua diametral com as posições de retirada das ripas.

### 3.4. Análise estatística

#### 3.4.1. Densidade básica, contração volumétrica, resistência à flexão e à compressão

O experimento consistiu em uma amostragem aleatória de três árvores de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*, avaliadas em três posições no fuste – base, meio e topo – e várias distâncias medula-casca (0 a 14 cm).

Foram obtidos os dados de densidade básica, em  $\text{g/cm}^3$ , contração volumétrica total, em %, flexão e compressão, em MPa. As espécies e as posições no fuste foram comparadas por meio do teste t de Student para duas amostras independentes, a 5% de probabilidade.

O efeito da distância medula-casca foi estudado por meio de análise de regressão e dos modelos mais adequados, escolhidos com base no coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e na significância dos coeficientes de regressão pelo teste t ( $P < 0,05$  e  $P < 0,01$ ).

#### 3.4.2. Qualidade da linha de cola

O experimento foi feito por meio de uma amostragem aleatória de três árvores de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*, avaliadas em

três partes da árvore – tora da base, do meio e do topo – e em duas posições da tora – próxima à medula e próxima à casca.

Foram obtidos os dados de resistência da linha de cola, em MPa, e de percentagem de falha na madeira, submetidos ao teste t de Student para duas amostras independentes, a 5% de probabilidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIMÓVEL – Associação Brasileira das Indústrias do Mobiliário. Página da Internet: <http://www.abimovel.org.br>, 2001.

ACOSTA, M. S. Estado de la tecnologia en usos no tradicionales de la madera de eucalipto en el Mercosur y otros países. In: I Seminário Internacional sobre Produtos Sólidos de Madeira de Alta Tecnologia; I Encontro sobre Tecnologias Apropriadas de Desdobro, Secagem e Utilização da Madeira de Eucalipto. Belo Horizonte, 1998. **Anais...** Viçosa: SIF, 1998.

ALBINO, J. C.; TOMAZELLO FILHO, M. **Variação da densidade básica da madeira e produtividade de *Eucalyptus* spp.** Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1985. 43 p. (EMBRAPA-CPAC, Boletim de Pesquisa, 26).

ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard methods for conducting machining tests of wood and wood-base material (s. 1666-8). In: ASTM. **Annual Book of ASTM Standards**, v. 4-10 – Wood. Philadelphia: ASTM, 1994. 608p.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estruturas de madeira** - NBR 7190. Rio de Janeiro: ABNT, 1997. 107 p.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Ensaios físicos e mecânicos de madeiras: Método Brasileiro** - MB-26/40. São Paulo: ABNT, 1940. 15 p.

- BENCHIMOL, I. S. **Técnicas de desdobro e produtividade da floresta amazônica em madeira serrada**. Piracicaba: ESALQ-USP, 1996. 89 p. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal).
- BRASIL - Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. **Norma para medição e classificação de toras de madeiras de folhosas**. Brasília: IBDF-MA, 1984. 42 p.
- BRASIL - Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. **Norma para classificação de madeira serrada de folhosas**. Brasília: IBDF-MA, 1983. 67 p.
- BRASIL - Ministério da Indústria e do Comércio / Secretaria de Tecnologia Industrial. **Manual de secagem da madeira** - por Reinaldo Herrero Ponce e Luiz Tadashi Watai. Brasília: STF-IPT, 1985. 70 p.
- BROTERO, F. A. **Métodos de ensaios adotados no IPT para o estudo de madeiras nacionais / Tabelas de resultados obtidos para madeiras nacionais / Nomenclatura para madeiras nacionais**. 2 ed. São Paulo: IPT, 1956. 62 p. (Boletim Técnico, 31).
- CARVALHO, A. M. **Valorização da madeira do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* através da produção conjunta de madeira serrada em pequenas dimensões, celulose e lenha**. Piracicaba, ESALQ-USP, 2000. 129 p. (Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Madeiras).
- CAVALCANTE, A. A. **Ocorrência de colapso na secagem da madeira de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna***. Piracicaba: ESALQ-USP, 1991. 76 p. (Dissertação de Mestrado).
- CHIMELO, J. P. **Development of a probability based computerized characterization system for identification and for properties prediction of selected tropical hardwoods**. Blacksburg: Virginia Polytechnic Institute and State University, 1980. 206 p. (Tese – Ph.D.)
- DEL MENEZZI, C. H. S. **Utilização de um método combinado de desdobro e secagem para a produção de madeira serrada de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *E. cloeziana* F. Muell.** Piracicaba: ESALQ-USP, 1999. 85 p. (Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Madeiras).
- EDWARDS, D. W. Defects of fast-grown eucalypts in New South Wales. In: IUFRO MEETING DIVISION, 5. **Proceedings...** Pretoria, 1973. v. 2, p. 256-70.
- FERREIRA, M. **Estudo da variação da densidade básica da madeira de**

- povoamentos de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden.** Piracicaba: ESALQ-USP, 1970. 62 p. (Tese – Título de Livre-Docente).
- FERREIRA, M. **Variação da densidade básica da madeira de povoamentos comerciais de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden nas idades de 11, 12, 13, 14 e 16 anos.** Piracicaba: IPEF, 1972. v. 4, p. 65-89.
- HILLIS, W. E.; BROW, A. G. **Eucalypts for wood production.** Austrália: CSIRO, 1988. 434 p.
- IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Madeira: o que é e como pode ser processada e utilizada.** São Paulo: IPT, 1985. 189 p. (Boletim ABPM, 36).
- IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Regras NHLA para medição e classificação de madeiras duras serradas.** 2 ed. São Paulo: IPT, 1986. (Publicação IPT n.º 1689).
- JANKOWSKI, I. P. Equipamentos e processos para secagem de madeiras. In: **Seminário Internacional de Utilização da Madeira de Eucalipto para Serraria.** São Paulo, 1995. p. 109-118.
- KOLLMANN, F. F. P.; CÔTÉ, W. A. **Principles of wood science and technology.** New York: Springer-Verlag, 1968. v. 1.
- LELLES, J. G.; SILVA, J. C. Problemas e soluções sobre rachaduras de topo de madeira de *Eucalyptus* spp. nas fases de desdobro e secagem. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 18, n. 186, p. 62-69, 1997.
- LIMA, E. S. Novos rumos e desafios da indústria moveleira. In: I Seminário Internacional sobre Produtos Sólidos de Madeira de Alta Tecnologia; I Encontro sobre Tecnologias Apropriadas de Desdobro, Secagem e Utilização da Madeira de Eucalipto. Belo Horizonte, 1998. **Anais...** Viçosa: SIF, 1998.
- LIMA, J. T. **Influência do teor de umidade nas propriedades mecânicas da madeira de *Eucalyptus saligna* Smith.** Viçosa: UFV, 1983. 106 p. (Dissertação de Mestrado em Ciência Florestal).
- LIMA, T. G. **Variações nos sentidos radial e longitudinal de algumas propriedades das madeiras de *Eucalyptus microcorys* F. Muell. e *Eucalyptus pilularis* Sm.** Viçosa: UFV, 1996. 106 p. (Dissertação de Mestrado em Ciência Florestal).
- LOPES, A. G. **Qualidade da madeira de *Eucalyptus saligna* Smith, de Itatinga,**

- associada aos padrões de casca apresentados pela população.** Piracicaba: ESALQ-USP, 2000. 74 p. (Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Madeiras).
- LOPES, C. R. G. **Produção de madeira e carvão em plantações de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus cloeziana*.** Viçosa: UFV, 1996. 92 p. (Dissertação de Mestrado em Ciência Florestal).
- LÓPEZ, C. B. Perspectivas de utilización de la madera de eucalipto *Eucalyptus globulus* en la carpintería y mobiliario / Técnicas de aserrado de la madera. In: I Seminário Internacional sobre Produtos Sólidos de Madeira de Alta Tecnologia; I Encontro sobre Tecnologias Apropriadas de Desdobro, Secagem e Utilização da Madeira de Eucalipto. Belo Horizonte, 1998. **Anais...** Viçosa: SIF, 1998.
- MARQUES, C. G. Aspectos tecnológicos para definição do projeto Tecflor. In: I Seminário Internacional sobre Produtos Sólidos de Madeira de Alta Tecnologia; I Encontro sobre Tecnologias Apropriadas de Desdobro, Secagem e Utilização da Madeira de Eucalipto. Belo Horizonte, 1998. **Anais...** Viçosa: SIF, 1998.
- MELLADO, E. C. E. R. **Contribuição ao desenvolvimento tecnológico para utilização de madeira serrada de *Eucalyptus grandis* (Hill ex Maiden) na geração de produtos com maior valor agregado.** Curitiba: UFPR, 1993. 133 p. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal).
- MENEZES, L. F. Desdobro, secagem e beneficiamento da madeira de eucalipto - a experiência da FLOSUL. In: I Seminário Internacional sobre Produtos Sólidos de Madeira de Alta Tecnologia; I Encontro sobre Tecnologias Apropriadas de Desdobro, Secagem e Utilização da Madeira de Eucalipto. Belo Horizonte, 1998. **Anais...** Viçosa: SIF, 1998.
- MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR / SECRETARIA DO DESENVOLVIMENTO DA PRODUÇÃO. **Fórum de competitividade** - Cadeira produtiva de madeira e móveis. Brasília: MDIC, 2001.
- MOREIRA, W. S. **Relações entre propriedades físico-mecânicas e características anatômicas e químicas da madeira.** Viçosa: UFV, 1999. 107 p. (Tese de Doutorado em Ciência Florestal).
- MOURA, M. C. O. **Variações em características do crescimento e da madeira em clones de *Eucalyptus*.** Lavras: UFLA, 2000. 63 p. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal).
- NAHUZ, M. A. R.; FRANCO, N.; FIGUEROA, F. M. Z. Uso estrutural da madeira de eucalipto: a experiência do IPT. In: I Seminário Internacional sobre Produtos

- Sólidos de Madeira de Alta Tecnologia; I Encontro sobre Tecnologias Apropriadas de Desdobro, Secagem e Utilização da Madeira de Eucalipto. Belo Horizonte, 1998. **Anais...** Viçosa: SIF, 1998.
- NICHOLSON, J. E. Growth stress differences in eucalypts. **Forest Science**, Bethesda, v. 19, n. 3, p. 169-174, 1973.
- NIELSEN, R. A. **Utilização da madeira comercial do híbrido de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake x *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden na confecção de vigas laminadas coladas**. Curitiba: UFPR, 1998. 109 p. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná, 1998.
- OLIVEIRA, J. T. S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo / Departamento de Engenharia de Construção Civil, 1997. v. 2. (Tese de Doutorado).
- PANSHIN, A. J.; DE ZEEUW, C. **Textbook of wood technology**. 4 ed. New York: McGraw-Hill Book Company, 1980. 722 p.
- PEREIRA, J. C. D.; STURION, J. A.; HIGA, A. R.; HIGA, R. C. V.; SCHIMIZU, J. Y. **Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil**. Colombo: EMBRAPA Florestas, 2000. 113 p. (EMBRAPA/MAA, Documentos, 38).
- PONCE, H. P. Eucalipto: uso alternativo da madeira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 18, n. 186, p. 52-57, 1997.
- SANTOS, Z. M. **Avaliação da durabilidade natural da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden em ensaios de laboratório**. Viçosa: UFV, 1992. 75 p. (Dissertação de Mestrado em Ciência Florestal).
- SENAI/CETEMO. A madeira do eucalipto na indústria moveleira. In: I Seminário Internacional sobre Produtos Sólidos de Madeira de Alta Tecnologia; I Encontro sobre Tecnologias Apropriadas de Desdobro, Secagem e Utilização da Madeira de Eucalipto. Belo Horizonte, 1998. **Anais...** Viçosa: SIF, 1998.
- SIAU, J. F. **Transport processes in wood**. New York: Springer-Verlag, 1984. 245 p.
- SILVA, J. A. **Estimativas de volume do tronco e da copa, densidade básica, fator de empilhamento para madeira da copa e rendimento, de madeira serrada de eucalipto**. Viçosa: UFV, 1991. 90 p. (Tese de Mestrado).
- SIMULA M. T.; TISSARI, J. T. Market prospects for eucalyptus solid wood products

in the European Common Market. In: I Seminário Internacional sobre Produtos Sólidos de Madeira de Alta Tecnologia; I Encontro sobre Tecnologias Apropriadas de Desdobro, Secagem e Utilização da Madeira de Eucalipto. Belo Horizonte, 1998. **Anais...** Viçosa: SIF, 1998.

SBS – SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. Página da Internet: <http://www.sbs.org.br>, 2001.

TOMASELLI, I.; KLITSKE, R. J. Secagem da madeira. **Folha Florestal**, Curso Secagem da Madeira, UFV, Viçosa, 2001.

TSOUMIS, G. **Science and technology of wood**: Structure, properties, utilization. 1 ed. New York: Chapman and Hall, 1991. 494 p.

VALLE, R. S. **Efeito da desrama artificial no crescimento e na qualidade da madeira de clones de eucalipto, em sistema agro-silvo-pastoril**. Lavras: UFLA, 2000. 96 p. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal).

VITAL, B. R. **Métodos de determinação da densidade da madeira**. Viçosa: SIF, 1984. 21 p. (SIF, Boletim Técnico, 1).

VITAL, B. R.; TRUGILHO, P. F. **Variação dimensional e uso da madeira de *Eucalyptus***. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 18, n. 186, p. 57-61, 1997.

VITAL, B. R.; DELLA LUCIA, R. M. **Procedência de sementes e qualidade da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden**. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 4, n. 2, p. 170-178, 1980.

VITAL, B. R.; PEREIRA, A. R.; DELLA LUCIA, R. M.; ANDRADE, D. C. **Efeito da idade da árvore na densidade da madeira de *Eucalyptus grandis* cultivado na região do cerrado de Minas Gerais**. Brasília: IBDF, 1984. p. 49-52. (IBDF, Boletim Técnico, 8).

WILLISTON, E. M. **Lumber manufacturing: the design and operation of sawmills and planer mills**. San Francisco: Miller Freeman, 1978. 512 p.



## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Rendimento em madeira serrada

O Quadro 4 apresenta, para cada espécie, o número e o volume com casca das toras desdobradas, o número de tábuas produzidas e o respectivo rendimento em madeira serrada. Os valores de rendimento obtidos para madeira de eucalipto podem ser considerados adequados. Isso pode ser atribuído às características das toras que apresentavam grande diâmetro, baixos índices de conicidade e de encurvamento, bem como à qualidade do equipamento de desdobro, do engenho de serra de fita e da operação de desdobro. DEL MENEZZI (1999), trabalhando com toras de eucalipto de 21 anos de idade, obteve rendimento em torno de 52%. Esse autor, em sua revisão, escreve que autores como Steele e Wade apontam a tendência de aumento do rendimento em madeira serrada em função do aumento do diâmetro, considerando que, com esse aumento, o volume de madeira perdida como costaneira e no canteamento é menor, percentualmente, em relação ao volume da tora.

Quadro 4. Número e volume das toras desdobradas e das tábuas produzidas, e rendimento em madeira serrada, por espécie

Espécie	Tora	Tábuas	Rendimento
---------	------	--------	------------

	N.º de toras	m <sup>3</sup> (CC )	m <sup>3</sup> /tora (CC)	N.º Total	m <sup>3</sup> total	(%)
<i>E. saligna</i>	24	16,700	0,696	346	11,161	66,83
<i>E. grandis</i>	15	13,657	0,910	249	8,793	64,38
<i>P. elliottii</i>	14	5,574	0,398	111	2,794	50,13

#### 4.2. Densidade básica da madeira

O Quadro 5 apresenta as médias de densidade básica das madeiras das três espécies estudadas, em função da posição da tora no fuste e da distância medula-casca.

Para *Eucalyptus saligna*, a posição da tora no fuste não afetou de forma significativa a densidade básica em nenhuma distância da medula. Contudo, para *Eucalyptus grandis* foram observadas diferenças significativas entre a tora do meio e a do topo a quatro centímetros da medula, e entre todas as toras a seis centímetros desta, indicando que a densidade varia ao longo do eixo axial da árvore. Na madeira de *Pinus elliottii*, ocorreu diferença significativa entre a tora do meio e a do topo na região próxima à medula, e entre a tora do topo e as demais a dois centímetros desta. Autores como LIMA (1996), OLIVEIRA (1997), MOREIRA (1999), PEREIRA et al. (2000) e VALLE (2000) também encontraram valores diferentes para densidade em distintas posições do tronco, em árvores de diversas espécies de eucalipto.

Na comparação entre as espécies, a madeira de *Pinus elliottii* da tora do topo diferiu das demais em todas as distâncias da medula. Na tora do meio, a dois e a

quatro centímetros da medula, todas as espécies diferiram entre si. Na tora da base, a madeira de *Pinus elliottii* diferiu das demais a quatro centímetros da medula. A seis centímetros desta, apenas nas toras do topo não ocorreu diferença significativa entre *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*.

Comparações entre as médias de densidade para cada espécie, fixando-se a distância da medula, são apresentadas no Quadro 6 e na Figura 6. Pode-se observar que todas as espécies diferiram significativamente entre si, exceto na região próxima à medula. Nesta, a densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* diferiu daquela da madeira de *Eucalyptus grandis*. Em todas as distâncias medula-casca, a madeira de *Eucalyptus saligna* foi a que apresentou a maior densidade básica, seguida de *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii*. Exceção ocorreu na região próxima à medula, em que a densidade da madeira de *Eucalyptus grandis* foi menor que aquela da madeira de *Pinus elliottii*.

O Quadro 7 apresenta a densidade básica média da madeira de cada espécie em cada posição no fuste, podendo-se verificar que para o *Eucalyptus saligna* os valores não diferiram significativamente nas diferentes posições. Em *Eucalyptus grandis* ocorreu diferença significativa entre as toras do meio e do topo, e em *Pinus elliottii*, entre as toras da base e do topo. Na comparação entre as espécies, todas diferiram significativamente entre si em todas as posições no fuste.

O valor médio de densidade encontrado para a madeira de *Eucalyptus grandis* assemelha-se àquele citado por PEREIRA et al. (2000), que em um povoamento de 8 anos de idade observou uma densidade básica igual a  $0,50 \text{ g/cm}^3$  (média da árvore). No entanto, para *Eucalyptus saligna*, com populações variando de 8 a 10,5 anos de idade (PEREIRA et al., 2000), o autor encontrou densidades básicas (média da árvore) variando de  $0,44$  a  $0,55 \text{ g/cm}^3$ . LOPES (2000), para árvores de *Eucalyptus saligna* com 22 anos de idade, encontrou valores entre  $0,62$  e  $0,68 \text{ g/cm}^3$ . Em seu estudo, MOREIRA (1999) encontrou valores de  $0,47 \text{ g/cm}^3$  para *Eucalyptus grandis* e de  $0,74 \text{ g/cm}^3$  para *Eucalyptus saligna*. VITAL et al. (1984), estudando madeira de *Eucalyptus grandis*, confirmou o aumento sistemático da densidade com a idade das árvores.

Para as madeiras de eucalipto, observou-se uma tendência de decréscimo da densidade da madeira da base para o meio da tora, voltando a crescer na direção do topo. VALLE (2000) também encontrou tendência semelhante em clones de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus urophylla*, com seis anos de idade.

Quadro 5. Médias de densidade básica de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii* nas diferentes posições no fuste, e distância da medula, em g/cm<sup>3</sup>

Distância da medula (cm)	Espécie	Posição no fuste		
		Base	Meio	Topo
0	<i>E. SALIGNA</i>	0,53 (3) Aa	0,53 (3) Aa	0,59 (3) Aa
	<i>E. GRANDIS</i>	0,46 (3) Aa	0,50 (3) Aa	0,51 (3) Aa
	<i>P. elliottii</i>	0,58 (3) ABa	0,60 (3) Aa	0,34 (3) Bb
2	<i>E. SALIGNA</i>	0,59 (3) Aa	0,60 (3) Aa	0,64 (3) Aa
	<i>E. GRANDIS</i>	0,52 (3) Aa	0,51 (3) Ab	0,58 (3) Aa
	<i>P. elliottii</i>	0,55 (3) Aa	0,40 (3) Ac	0,34 (3) Bb
4	<i>E. SALIGNA</i>	0,66 (3) Aa	0,64 (3) Aa	0,68 (3) Aa
	<i>E. GRANDIS</i>	0,56 (3) ABa	0,54 (3) Bb	0,59 (3) Aa
	<i>P. elliottii</i>	0,37 (3) Ab	0,34 (3) Ac	0,37 (3) Ab
6	<i>E. SALIGNA</i>	0,69 (3) Aa	0,66 (3) Aa	0,72 (3) Aa
	<i>E. GRANDIS</i>	0,54 (3) Cb	0,59 (3) Bb	0,64 (3) Aa
	<i>P. elliottii</i>	0,37 (3)	0,39 (2)	0,35 (1)
8	<i>E. SALIGNA</i>	0,69 (3)	0,70 (3)	0,64 (1)
	<i>E. GRANDIS</i>	0,57 (2)	0,61 (3)	0,65 (2)
	<i>P. elliottii</i>	0,53 (1)	-	0,55 (1)
10	<i>E. SALIGNA</i>	0,72 (3)	0,63 (1)	-
	<i>E. GRANDIS</i>	0,58 (2)	-	0,56 (1)
	<i>P. elliottii</i>	-	-	-
12	<i>E. SALIGNA</i>	-	-	-
	<i>E. GRANDIS</i>	0,63 (2)	-	-
	<i>P. elliottii</i>	-	-	-
14	<i>E. SALIGNA</i>	-	-	-
	<i>E. GRANDIS</i>	0,67 (2)	-	-

Para a mesma distância da medula e a mesma espécie, comparações de médias entre posições no fuste seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste t de Student ( $P > 0,05$ ).

Para a mesma distância da medula e a mesma posição no fuste, comparações de médias entre espécies seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste t de Student ( $P > 0,05$ ).

Os valores entre parênteses correspondem ao número de repetições.

Quadro 6. Média geral da densidade básica das três posições no fuste, em função da distância da medula de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliotii*, em  $\text{g/cm}^3$

Distância da medula (cm)	Espécie	Média
0	<b>E. SALIGNA</b>	0,55 (9) a
	<b>E. GRANDIS</b>	0,49 (9) b
	<i>P. elliotii</i>	0,51 (9) ab
2	<b>E. SALIGNA</b>	0,61 (9) a
	<b>E. GRANDIS</b>	0,54 (9) b
	<i>P. elliotii</i>	0,43 (9) c
4	<b>E. SALIGNA</b>	0,66 (9) a
	<b>E. GRANDIS</b>	0,56 (9) b
	<i>P. elliotii</i>	0,36 (9) c
6	<b>E. SALIGNA</b>	0,69 (9) a
	<b>E. GRANDIS</b>	0,59 (9) b
	<i>P. elliotii</i>	0,38 (6) c
8	<b>E. SALIGNA</b>	0,68 (7) a
	<b>E. GRANDIS</b>	0,61 (7) b
	<i>P. elliotii</i>	0,54 (2) c
10	<b>E. SALIGNA</b>	0,70 (4) a
	<b>E. GRANDIS</b>	0,58 (3) b
	<i>P. elliotii</i>	-
12	<b>E. SALIGNA</b>	-
	<b>E. GRANDIS</b>	0,63 (2)
	<i>P. elliotii</i>	-
14	<b>E. SALIGNA</b>	-
	<b>E. GRANDIS</b>	0,67 (2)

Para a mesma distância da medula, médias para cada espécie seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste t de Student ( $P > 0,05$ ).

Os valores entre parênteses correspondem ao número de repetições.

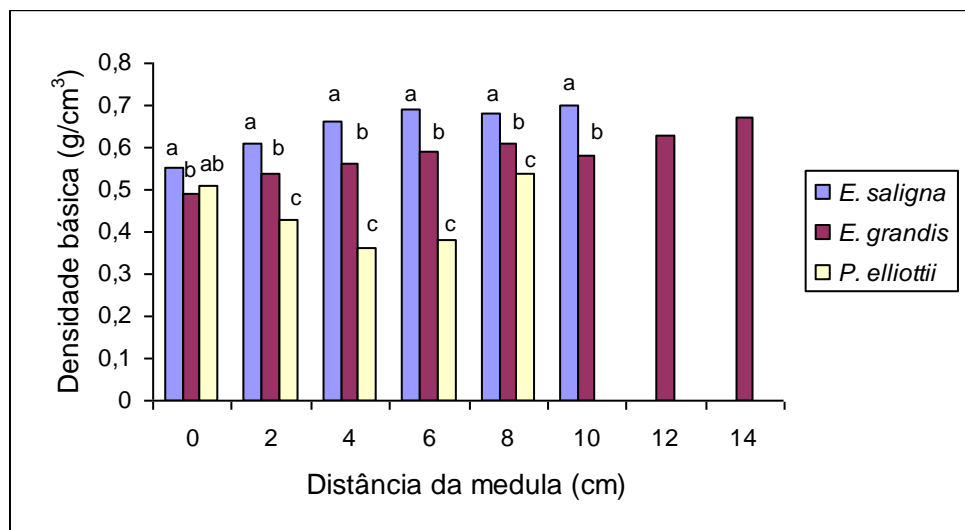


Figura 6. Média geral da densidade básica das três posições no fuste em função da distância da medula de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliotii*. Para a mesma distância da medula, médias para cada espécie seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste t de Student ( $P > 0,05$ ).

Quadro 7. Densidade básica média em cada posição no fuste de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliotii*, em g/cm<sup>3</sup>

Espécie	Posição			Média geral
	Base	Meio	Topo	
<b><i>E. SALIGNA</i></b>	0,64 (18) Aa	0,63 (16) Aa	0,66 (13) Aa	0,64 (48) a
<b><i>E. GRANDIS</i></b>	0,56 (20) ABb	0,55 (15) Bb	0,59 (15) Ab	0,56 (50) b
<b><i>P. ELLIOTTII</i></b>	0,47 (13) Ac	0,44 (11) ABc	0,37 (11) Bc	0,43 (35) c

Para a mesma espécie, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste t de Student ( $P > 0,05$ ).

Os valores entre parênteses correspondem ao número de repetições.

No Quadro 8 são apresentadas as equações ajustadas para estimar a densidade em função da distância da medula, por espécie e por posição no fuste, bem como por espécie em geral. Observa-se que este efeito não foi significativo apenas na madeira das toras do topo de *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliotii*. No entanto, quando se



considera a densidade básica média da árvore, o efeito foi significativo para todas as espécies.

As Figuras 7, 8 e 9 mostram a tendência das densidades, afetadas pelas variáveis estudadas.

Quadro 8. Equações ajustadas aos dados de densidade básica de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus*, em função da distância medula-casca ( $D$ ), nas toras da base, do meio e do topo

ESPÉCIE	Posição	Equação ajustada	R <sup>2</sup>
<b>E. SALIGNA</b>	Base	$\hat{Y} = 0,5313 + 0,03671D - 0,001799D^2$	0,97
	Meio	$\hat{Y} = 0,5356 + 0,04123D - 0,002980D^2$	0,94
	Topo	$\bar{Y} = 0,661$	-
<b>E. GRANDIS</b>	Base	$\hat{Y} = 0,4822 + 0,01275D$	0,92
	Meio	$\hat{Y} = 0,4970 + 0,01453D$	0,94
	Topo	$\hat{Y} = 0,5077 + 0,04231D - 0,003468D^2$	0,86
<b>P. ELLIOTTII</b>	Base	$\hat{Y} = 0,5853 + 0,6452D^{1/2} - 0,7130D + 0,1693D^{3/2}$	0,99
	Meio	$\hat{Y} = 0,6038 - 0,1308D + 0,01608D^2$	0,99
	Topo	$\bar{Y} = 0,373$	-
<b>E. SALIGNA</b>	.	$\hat{Y} = 0,5543 + 0,03622D - 0,002380D^2$	0,98
<b>E. GRANDIS</b>	.	$\hat{Y} = 0,5129 + 0,01064D$	0,86
<b>P. ELLIOTTII</b>	.	$\hat{Y} = 0,5262 - 0,08160D + 0,01025D^2$	0,92

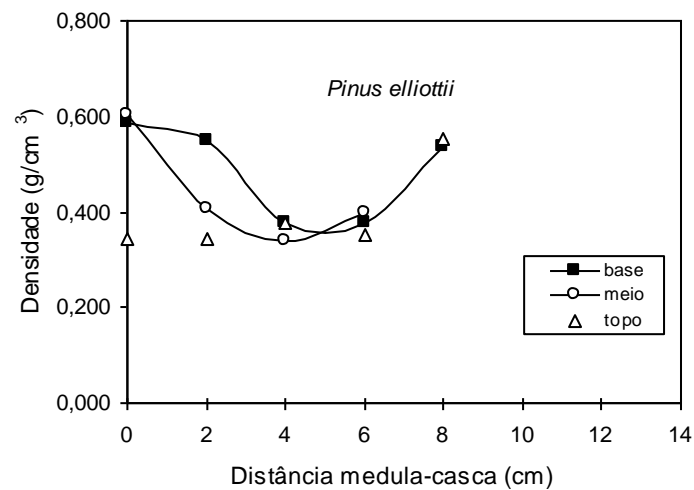
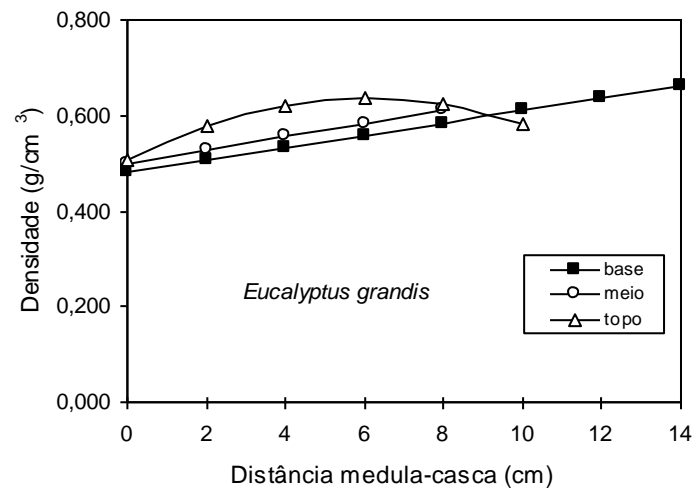
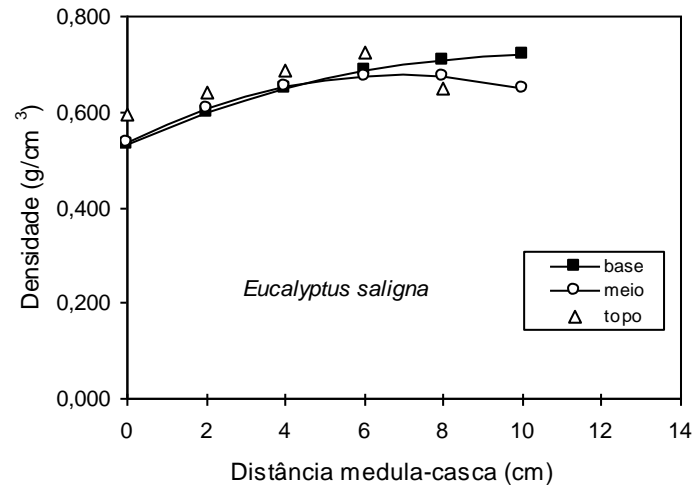


Figura 7. Densidade básica estimada e observada das madeiras de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*, em função da distância medula-casca, nas toras da base, do meio e do topo do fuste. Quando o efeito da distância medula-casca (D) não é significativo, aparecem apenas os pontos observados.

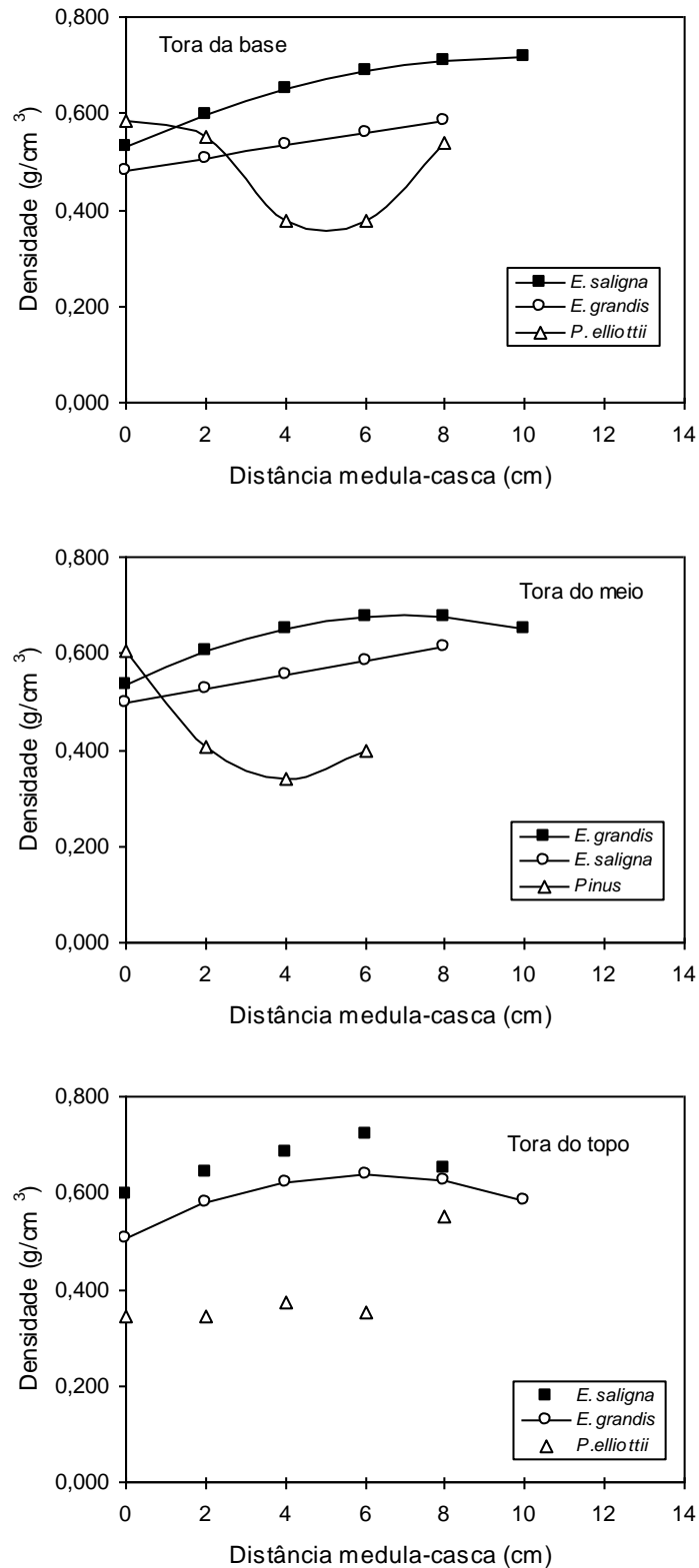


Figura 8. Densidade básica estimada e observada nas toras da base, do meio e do topo do fuste de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus eliottii*, em função da distância medula-casca. Quando o efeito da distância medula-casca (D) não é significativo, aparecem apenas os pontos observados.

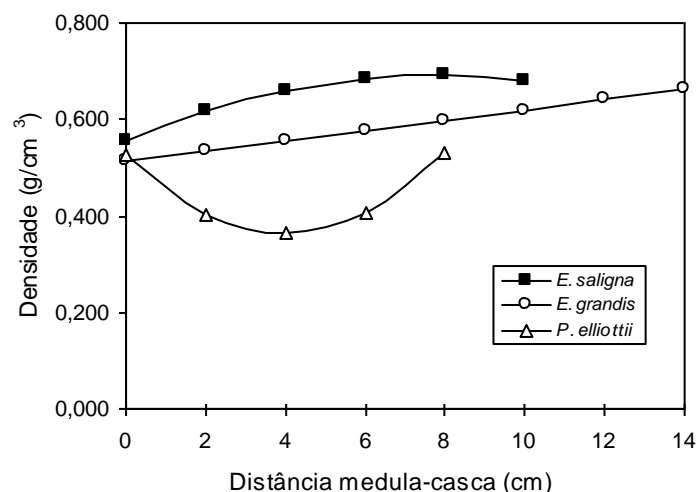


Figura 9. Densidade básica estimada das madeiras de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*, em função da distância medula-casca.

Conforme pode ser observado na Figura 9, a densidade das madeiras de eucalipto tendem a crescer no sentido medula-casca., ocorrendo aumento acentuado desses valores até próximo à região do albúrnio, onde se manifesta novamente uma queda na densidade. Tais resultados são coerentes com aqueles encontrados por FERREIRA (1972), SANTOS (1992), OLIVEIRA (1997) e MOREIRA (1999). Isso provavelmente é causado pela presença de madeira juvenil na região central da tora, conforme citado por MOREIRA (1999), indicando que, para se obter madeiras mais densas, é necessária a colheita de árvores mais velhas. Por outro lado, observou-se que para *Pinus elliottii* a tendência geral foi uma redução inicial seguida por acréscimo, o que é compatível com os dados disponíveis em PANSWIN e DE ZEEUW (1980).

Quando se considera a posição no fuste (Figura 8), observa-se o mesmo tipo de tendência para as toras da base e do meio. Para as toras do topo, observou-se que a densidade cresceu inicialmente e depois apresentou tendência para diminuir. Observou-se ainda que as densidades na base, de modo geral, foram inferiores às aquelas observadas no topo da árvore.

OLIVEIRA (1997) encontrou diferenças significativas na densidade básica da madeira ao longo das árvores de algumas espécies de *Eucalyptus*, exceto para

*Eucalyptus citriodora*. Igualmente, VALLE (2000), trabalhando com duas espécies de *Eucalyptus*, detectou tendência semelhante. Resultados contrastantes foram detectados por MOURA (2000), que não encontrou nenhuma diferença significativa na densidade da madeira de clones de eucalipto no sentido longitudinal.

Conforme citado em VALLE (2000), para o gênero *Eucalyptus* tem sido mais comum observar, para as espécies comerciais, a diminuição da densidade básica da madeira até a região do DAP, seguida de aumento a partir desse ponto, podendo ou não haver decréscimo próximo ao topo. Tais padrões de variação da densidade básica das madeiras de eucalipto variam enormemente de acordo com a espécie e a idade da árvore, o que permite encontrar, na literatura, diversas tendências citadas pelos pesquisadores.

### **4.3. Contração volumétrica**

O Quadro 9 apresenta as médias de contração volumétrica total das madeiras das três espécies estudadas, em função da posição da tora no fuste e da distância medula-casca.

Para a madeira de *Eucalyptus saligna*, não houve diferença significativa na contração volumétrica, para nenhuma posição da tora nas distâncias a quatro e a seis centímetros da medula. Na região próxima à medula, a tora do topo diferiu das demais, e a dois centímetros da medula, houve diferença entre as toras do topo e do meio. Para *Eucalyptus grandis*, apenas a dois centímetros da medula houve diferença significativa entre as toras da base e do topo. Na madeira de *Pinus elliottii* a posição da tora no fuste não influenciou significativamente a contração volumétrica em nenhuma distância da medula.

Na comparação entre as espécies, a madeira de *Pinus elliottii* diferiu significativamente das demais em todas as toras e distâncias da medula. Entre *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*, essa diferença ocorreu apenas na tora da base, a dois e a quatro centímetros da medula, e na tora do topo, na região da medula.

O Quadro 10 e a Figura 10 mostram as médias de contração volumétrica total da madeira de cada espécie, fixando-se a distância da medula. Observa-se que a dois,

quatro e seis centímetros da medula, todas as espécies diferiram entre si. A madeira de *Pinus elliottii* diferiu das demais espécies em todas as distâncias medula-casca.

O Quadro 11 apresenta a contração volumétrica total média da madeira de cada espécie em cada posição no fuste, podendo-se verificar que para *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* o valor da contração na tora da base foi significativamente menor que o das outras duas, com tendência crescente ao longo do fuste. Para a madeira de *Pinus elliottii*, a posição da tora não teve significância na contração volumétrica.

Na comparação entre as espécies, todas apresentaram diferenças significativas entre si nas toras da base e do topo. Na tora do meio, apenas *Pinus elliottii* diferiu das outras espécies. A madeira de *Eucalyptus saligna* (Figuras 12 e 13) foi a que apresentou a maior percentagem de contração volumétrica, seguida das madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii*. Quando se considera o valor da contração média da árvore, todas as espécies diferiram significativamente entre si.

Os valores médios de contração encontrados são semelhantes aos citados por LELLES e SILVA (1997) – de 23,4% para *Eucalyptus saligna* –, porém diferentes para *Eucalyptus grandis*, de 18,8%, detectado pelos mesmos autores. Os valores também diferem dos encontrados por VITAL e TRUGILHO (1997) para *Eucalyptus grandis* de três e quatro anos de idade, cuja variação foi de 10,43% e 9,53%, respectivamente. MOREIRA (1999) encontrou valores médios de 12,4% para *Eucalyptus grandis* e de 20,5% para *Eucalyptus saligna*. OLIVEIRA (1997) encontrou para madeiras de *Eucalyptus grandis* com 16 anos de idade a contração volumétrica média de 15,9%.

Para fins comparativos com outras espécies produtoras de madeira, têm-se segundo BROTERO (1956), para madeiras tradicionais, os seguintes valores de contração volumétrica total: para cedro, 11,2% a 15,3%; para pinheiro brasileiro, 11,8% a 15,0%; para peroba rosa, 12,2% a 14,1%; e para sucupira, 15,3% a 15,7%).

As madeiras de eucalipto estudadas apresentaram valores de contração volumétrica superiores aos acima citados. Conseqüentemente, para o seu

adequado aproveitamento, torna-se necessário a adoção de medidas diferenciadas e especiais desde a colheita, passando por técnicas específicas de desdobro, secagem e armazenamento. Dentre essas técnicas, pode ser citado o anelamento da árvore antes da colheita e das toras antes de serem traçadas, aliviando o efeito das tensões de crescimento. O selamento do topo das toras também é indicado, prevenindo a perda rápida de umidade por essa região e minimizando a ocorrência de rachaduras de topo. É recomendável também traçar as toras com o maior comprimento possível, desdobrar preferencialmente em serra múltipla e no menor prazo pós-colheita. A secagem deve ser realizada a temperaturas brandas, com aumento gradual e acondicionamento no final do processo, buscando evitar altos gradientes de umidade na peça. A umidade final da madeira deve ser compatível com o ambiente onde ela será usinada e/ou utilizada.

Quadro 9. Médias de contração volumétrica total de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii* nas diferentes posições no fuste, e distância da medula, em percentagem

Distância da medula (cm)	Espécie	Posição		
		Base	Meio	Topo
0	<b><i>E. SALIGNA</i></b>	23,77 (3) Ba	24,07 (3) Ba	29,38 (3) Aa
	<b><i>E. GRANDIS</i></b>	18,38 (3) Aa	23,59 (3) Aa	23,96 (3) Ab
	<b><i>PINUS</i></b>	8,41 (3) Ab	8,54 (3) Ab	9,20 (3) Ac
2	<b><i>E. SALIGNA</i></b>	26,27 (3) ABa	26,05 (3) Ba	29,01 (3) Aa
	<b><i>E. GRANDIS</i></b>	17,79 (3) Bb	22,47 (3) ABa	27,55 (3) Aa
	<b><i>PINUS</i></b>	8,91 (3) Ac	9,17 (3) Ab	9,73 (3) Ab
4	<b><i>E. SALIGNA</i></b>	27,18 (3) Aa	28,63 (3) Aa	27,76 (3) Aa
	<b><i>E. GRANDIS</i></b>	21,71 (3) Ab	26,42 (3) Aa	25,50 (3) Aa
	<b><i>PINUS</i></b>	9,26 (3) Ac	10,03 (3) Ab	9,05 (3) Ab
6	<b><i>E. SALIGNA</i></b>	25,57 (3) Aa	28,57 (3) Aa	26,14 (3) Aa
	<b><i>E. GRANDIS</i></b>	22,13 (3) Aa	25,79 (3) Aa	23,63 (3) Aa
	<b><i>PINUS</i></b>	10,90 (3) Ab	11,03 (2) Ab	9,75 (1)
8	<b><i>E. SALIGNA</i></b>	22,78 (3) Ba	26,86 (3) Aa	22,03 (1)
	<b><i>E. GRANDIS</i></b>	24,12 (2) Aa	27,24 (3) Aa	20,03 (2) A
	<b><i>PINUS</i></b>	12,67 (1)	-	10,21 (1)
10	<b><i>E. SALIGNA</i></b>	21,63 (3) a	23,50 (1)	-
	<b><i>E. GRANDIS</i></b>	24,36 (2) a	-	14,59 (1)
	<b><i>PINUS</i></b>	-	-	-
12	<b><i>E. SALIGNA</i></b>	18,91 (1)	-	-
	<b><i>E. GRANDIS</i></b>	22,32 (2)	-	-
	<b><i>PINUS</i></b>	-	-	-
14	<b><i>E. SALIGNA</i></b>	-	-	-
	<b><i>E. GRANDIS</i></b>	20,44 (2)	-	-
	<b><i>PINUS</i></b>	-	-	-

Para a mesma distância da medula e a mesma espécie, comparações de médias entre posições no fuste seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste t de Student ( $P > 0,05$ ).

Para a mesma distância da medula e a mesma posição no fuste, comparações de médias entre espécies seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste t de Student ( $P > 0,05$ ).

Os valores entre parênteses correspondem ao número de repetições.



Quadro 10. Média geral da contração volumétrica total das três posições no fuste, em função da distância da medula de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*, em percentagem

Distância da medula (cm)	Espécie	Média
0	<b><i>E. SALIGNA</i></b>	25,74 (9) a
	<b><i>E. GRANDIS</i></b>	21,98 (9) a
	<b><i>PINUS</i></b>	8,72 (9) b
2	<b><i>E. SALIGNA</i></b>	27,11 (9) a
	<b><i>E. GRANDIS</i></b>	22,61 (9) b
	<b><i>PINUS</i></b>	9,27 (9) c
4	<b><i>E. SALIGNA</i></b>	27,86 (9) a
	<b><i>E. GRANDIS</i></b>	24,54 (9) b
	<b><i>PINUS</i></b>	9,45 (9) c
6	<b><i>E. SALIGNA</i></b>	26,76 (9) a
	<b><i>E. GRANDIS</i></b>	23,85 (9) b
	<b><i>PINUS</i></b>	10,75 (6) c
8	<b><i>E. SALIGNA</i></b>	24,42 (7) a
	<b><i>E. GRANDIS</i></b>	24,29 (7) a
	<b><i>PINUS</i></b>	11,44 (2) b
10	<b><i>E. SALIGNA</i></b>	22,10 (4) a
	<b><i>E. GRANDIS</i></b>	21,11 (3) a
	<b><i>PINUS</i></b>	-
12	<b><i>E. SALIGNA</i></b>	18,91 (1)
	<b><i>E. GRANDIS</i></b>	22,32 (2)
	<b><i>PINUS</i></b>	-
14	<b><i>E. SALIGNA</i></b>	-
	<b><i>E. GRANDIS</i></b>	20,44 (2)
	<b><i>PINUS</i></b>	-

Para a mesma distância da medula, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste t de Student ( $P > 0,05$ ).

Os valores entre parênteses correspondem ao número de repetições.

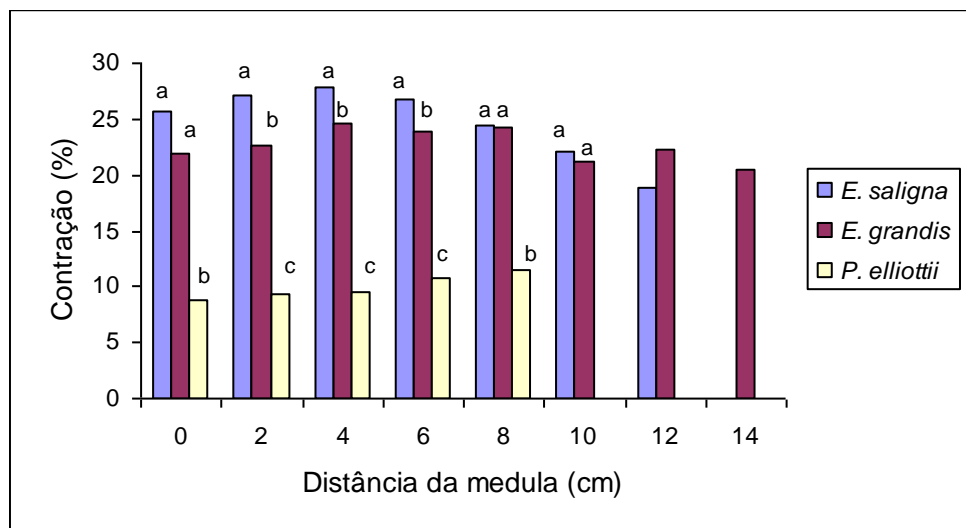


Figura 10. Média geral da contração volumétrica total das três posições no fuste, em função da distância da medula de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliotii*. Para a mesma distância da medula, médias para cada espécie seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste t de Student ( $P > 0,05$ ).

Quadro 11. Contração volumétrica total média em cada posição do fuste, de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliotii*, em percentagem

Espécie	Posição			Média geral
	Base	Meio	Topo	
<b><i>E. SALIGNA</i></b>	24,24 (19) Ba	26,63 (16) Aa	27,61 (13) Aa	25,95 (48) a
<b><i>E. GRANDIS</i></b>	21,13 (20) Bb	25,11 (15) Aa	23,77 (15) Ab	23,11 (50) b
<b><i>P. ELLIOTTII</i></b>	9,62 (13) Ac	9,57 (11) Ab	9,45 (11) Ac	9,55 (35) c

Para a mesma espécie, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste t de Student ( $P > 0,05$ ).

Para a mesma posição, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste t de Student ( $P > 0,05$ ).

Os valores entre parênteses correspondem ao número de repetições.

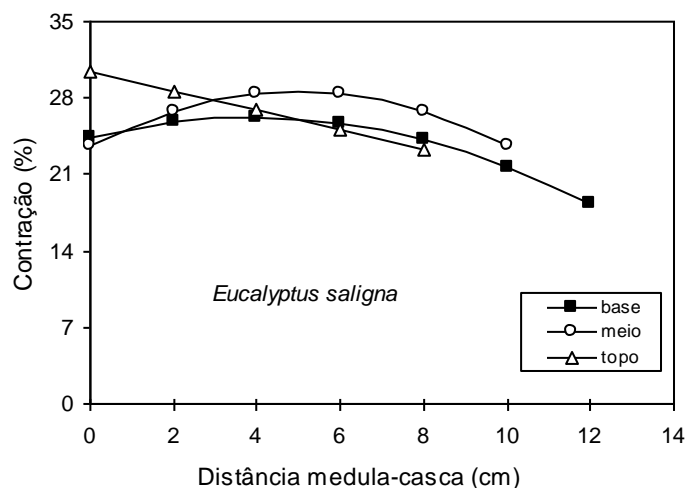
No Quadro 12 são apresentadas as equações ajustadas para estimar a contração volumétrica em função da distância da medula, por espécie e por posição no fuste, bem como por espécie em geral. Observa-se que ocorreram variações

significativas em todas as espécies e posições da tora no fuste, exceto para a tora do topo de *Pinus elliottii*.

As Figuras 11, 12 e 13 mostram a variação das contrações volumétricas, afetadas pelas variáveis estudadas.

Quadro 12. Equações ajustadas aos dados de contração volumétrica total de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*, em função da distância medula-casca ( $D$ ), nas toras da base, do meio e do topo

Espécie	Posição	Equação ajustada	R <sup>2</sup>
<b>E. SALIGNA</b>	Base	$\hat{Y} = 24,4532 + 0,8790D - 0,1153D^2$	0,92
	Meio	$\hat{Y} = 23,7055 + 1,9513D - 0,1958D^2$	0,96
	Topo	$\hat{Y} = 30,3740 - 0,8777D$	0,87
<b>E. GRANDIS</b>	Base	$\hat{Y} = 17,0458 + 1,4803D - 0,08574D^2$	0,81
	Meio	$\hat{Y} = 22,9817 + 0,5308D$	0,71
	Topo	$\hat{Y} = 24,5792 + 1,2746D - 0,2293D^2$	0,98
<i>P. elliottii</i>	Base	$\hat{Y} = 7,9286 + 0,5253D$	0,90
	Meio	$\hat{Y} = 8,4445 + 0,4166D$	0,99
	Topo	$\bar{Y} = 9,45$	-
<b>E. SALIGNA</b>	.	$\hat{Y} = 25,9616 + 0,7949D - 0,1161D^2$	0,98
<b>E. GRANDIS</b>	.	$\hat{Y} = 21,8596 + 0,7347D - 0,05930D^2$	0,93
<b>P. ELLIOTTII</b>	.	$\hat{Y} = 8,5396 + 0,3370D$	0,94



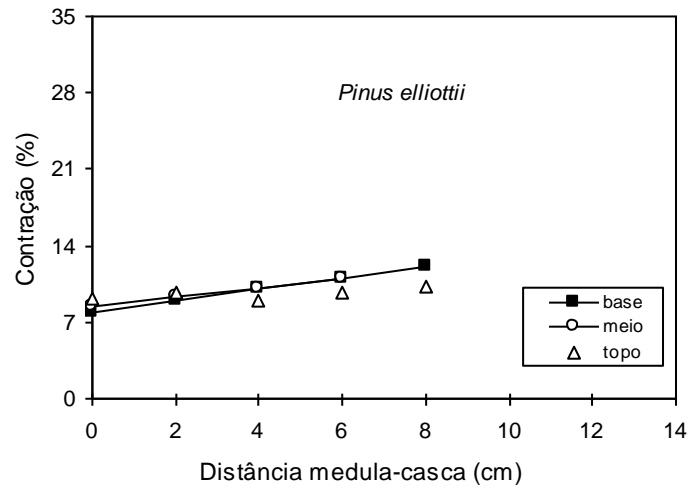
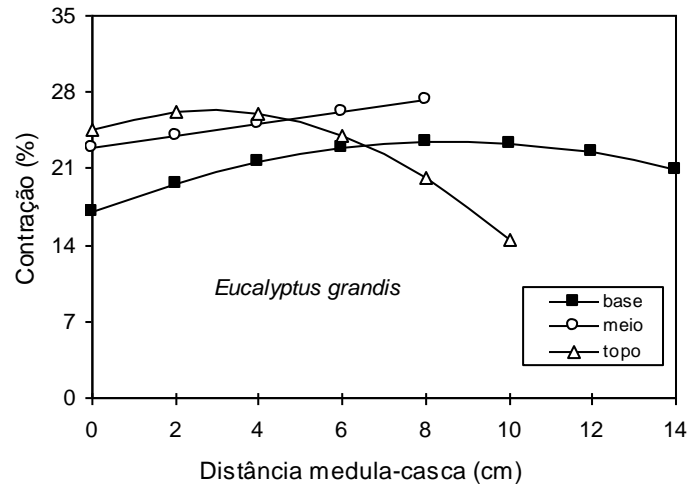
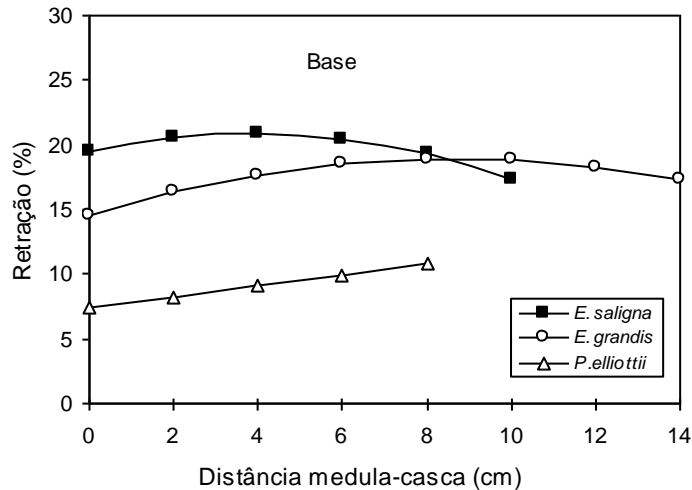


Figura 11. Contração volumétrica total estimada e observada das madeiras de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus eliottii*, em função da distância medula-casca, na base, no meio e no topo do fuste. Quando o efeito da distância medula-casca (D) não é significativo, aparecem apenas os pontos observados.



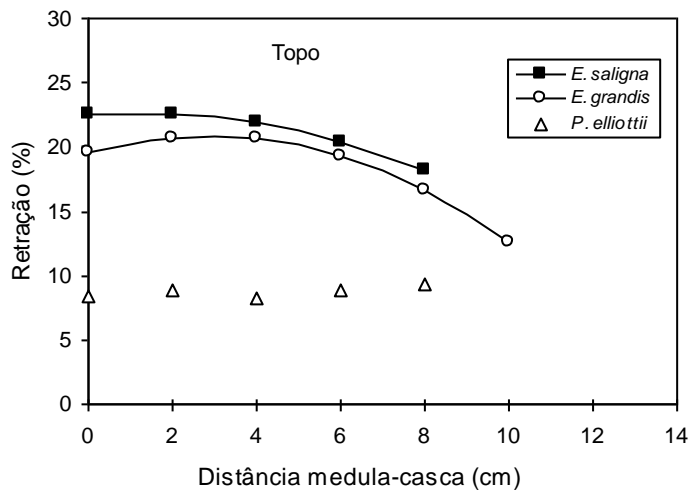
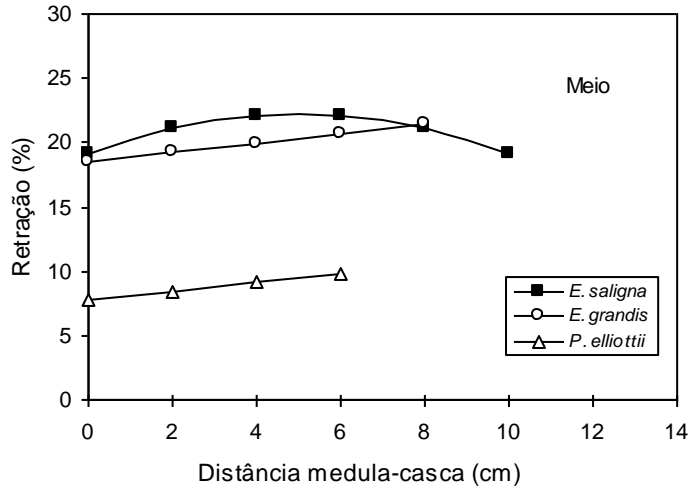


Figura 12. Contração volumétrica total estimada e observada na base, no meio e no topo do fuste de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliotii*, em função da distância medula-casca. Quando o efeito da distância medula-casca (D) não é significativo, aparecem apenas os pontos observados.

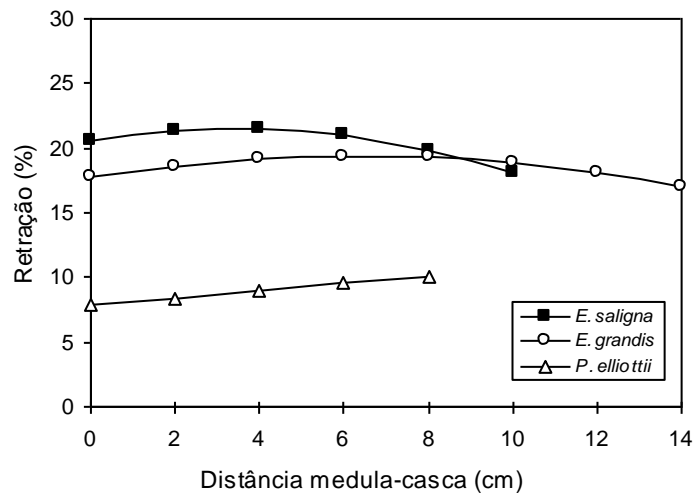


Figura 13. Contração volumétrica total estimada de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*, em função da distância medula-casca.

De acordo com a Figura 11, constata-se que existem diferenças na variação volumétrica total da madeira em função da posição da tora no fuste e da distância medula-casca. Também é possível observar, nas Figuras 11, 12 e 13, que, exceto para *Pinus elliottii*, essa variação é normalmente maior naquelas madeiras próximas à região da medula, provavelmente influenciada pela presença de madeira juvenil, tendendo a decrescer em direção à casca. LIMA (1996) encontrou tendência semelhante para a madeira de *Eucalyptus microcorys*, e inversa para *Eucalyptus pilularis*. MOREIRA (1999) encontrou tendência crescente no sentido medula-casca, tanto para *Eucalyptus grandis* quanto para *Eucalyptus saligna*.

Os resultados indicam que, para obtenção de madeira dimensionalmente mais estável, faz-se necessária uma seleção do material desdobrado, elegendo-se aquele oriundo das camadas mais externas da tora. O material obtido da parte mais central da tora deve ser destinado a finalidades menos exigentes em termos de retratibilidade. Neste caso, é interessante adotar uma operação de desdobro seletiva, separando a madeira dita juvenil da do cerne. Nessa operação, visando otimizar o aproveitamento da tora e a conseqüente classificação e valoração da matéria prima, sugere-se efetuar o desdobro até que se encontre a madeira juvenil, realizando nesse momento a rotação da tora no engenho, evitando ou diminuindo a presença, na mesma tábuca, das madeiras madura e juvenil.

Já é prática comum, no mercado de madeiras do gênero *Eucalyptus*, a ocorrência de preços bastante diferenciados entre madeira madura e juvenil, com remuneração bem inferior para esta última. Uma outra medida que pode ser adotada, para se obter maior volume relativo de madeira madura e conseqüentemente mais estável, é a colheita de árvores com mais idade.

Conforme o Quadro 11, pode-se concluir também que madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* obtidas das toras mais basais tendem a apresentar, em termos médios, menor contração volumétrica que aquelas do topo, indicando que no futuro, desde que classificadas, poderá haver também diferenciação

de preço para essas toras, se seu uso final requerer melhor estabilidade dimensional, como é o caso para a fabricação de móveis.

#### 4.4. Resistência à flexão estática

O Quadro 13 apresenta as médias de resistência à flexão das madeiras das três espécies estudadas, em função da posição da tora no fuste e da distância medula-casca.

Para *Eucalyptus saligna* a posição da tora no fuste não apresentou efeito significativo na flexão em nenhuma distância da medula. Para *Eucalyptus grandis* essa condição foi significativa apenas entre as toras da base e do topo, a dois e a seis centímetros da medula. Na madeira de *Pinus elliottii* ocorreram diferenças significativas entre as toras do meio e do topo, a dois e a quatro centímetros da medula.

Na comparação entre as espécies, a madeira da tora da base de *Pinus elliottii* diferiu das demais em todas as distâncias da medula. Nessa tora, *Eucalyptus saligna* diferiu de *Eucalyptus grandis* a quatro e a seis centímetros da medula. Na tora do meio, a resistência à flexão da madeira de *Pinus elliottii* diferiu da de *Eucalyptus saligna* a dois, quatro e seis centímetros da medula, e da madeira de *Eucalyptus grandis* a seis centímetros dela. Nessa posição, a quatro, seis e oito centímetros da medula, ocorreram diferenças significativas entre as madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*. Na tora do topo, *Pinus elliottii* diferiu das outras espécies a dois e a quatro centímetros da medula, e de *Eucalyptus saligna* na região da medula. Nessa tora, não houve diferença significativa entre as madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*, em nenhuma distância considerada.

Comparações entre as médias de resistência à flexão de cada espécie, fixando-se a distância da medula, são apresentadas no Quadro 14 e na Figura 14. Observa-se que nas distâncias quatro, seis e oito centímetros, todas as espécies diferiram significativamente entre si, e que a madeira de *Pinus elliottii* diferiu das madeiras das demais espécies em todas as distâncias consideradas. A resistência à

flexão das espécies *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* não diferiu apenas na região da medula e a dois centímetros desta. Em todas as distâncias da medula, a madeira de *Eucalyptus saligna* foi a que apresentou a maior resistência à flexão, seguida das madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii*.

No Quadro 15 é apresentada a resistência média à flexão de cada espécie em cada posição no fuste, podendo-se verificar que a posição da tora não teve efeito significativo para as duas espécies de *Eucalyptus*. Na madeira de *Pinus elliottii*, ocorreu diferença significativa entre a tora do meio e a do topo. Na comparação entre as espécies, todas diferiram significativamente entre si em todas as posições no fuste. Em todas as posições, a madeira de *Eucalyptus saligna* foi a que apresentou a maior resistência à flexão, seguida das madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii*. Para todas as espécies, ocorreu uma tendência de diminuição da resistência na madeira da tora do meio em relação à da base, voltando essa resistência a aumentar na tora do topo. Os valores médios obtidos assemelham-se aos encontrados por MOREIRA (1999) – de 93,5 MPa para a madeira de *Eucalyptus grandis* e de 116,6 MPa para *Eucalyptus saligna* – e diferem do encontrado por BROTERO (1956) – de 105,0 MPa para a madeira de *Eucalyptus saligna*.



Quadro 13. Médias de resistência à flexão das madeiras de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii* nas diferentes posições no fuste, e distância da medula, em MPa

Distância da medula (cm)	Espécie	Posição		
		Base	Meio	Topo
0	<b>E. SALIGNA</b>	77,97 (3) Aa	62,38 (3) Aa	92,79 (3) Aa
	<b>E. GRANDIS</b>	68,30 (3) Aa	68,40 (3) Aa	69,95 (3) Aab
	<b>P. ELLIOTTII</b>	37,72 (3) Ab	43,05 (3) Aa	42,93 (3) Ab
2	<b>E. SALIGNA</b>	111,33 (3) Aa	95,51 (3) Aa	110,92 (3) Aa
	<b>E. GRANDIS</b>	80,68 (3) Ba	87,02 (3) ABab	103,80 (3) Aa
	<b>P. ELLIOTTII</b>	44,93 (3) ABb	41,60 (3) Bb	47,88 (3) Ab
4	<b>E. SALIGNA</b>	126,36 (3) Aa	112,73 (3) Aa	133,57 (3) Aa
	<b>E. GRANDIS</b>	94,28 (3) Ab	91,82 (3) Ab	107,07 (3) Aa
	<b>P. ELLIOTTII</b>	40,52 (3) ABc	37,92 (3) Bb	49,50 (3) Ab
6	<b>E. SALIGNA</b>	140,59 (3) Aa	143,97 (3) Aa	135,49 (3) Aa
	<b>E. GRANDIS</b>	94,15 (3) Bb	94,79 (3) ABb	119,72 (3) Aa
	<b>P. ELLIOTTII</b>	51,70 (3) Ac	46,91 (2) Ac	41,25 (1)
8	<b>E. SALIGNA</b>	139,81 (3) Aa	145,91 (3) Aa	128,78 (1)
	<b>E. GRANDIS</b>	115,43 (2) Aa	112,50 (3) Ab	117,98 A
	<b>P. ELLIOTTII</b>	64,71 (1)	-	69,94 (1)
10	<b>E. SALIGNA</b>	152,22 (3) a	113,69 (1)	-
	<b>E. GRANDIS</b>	116,96 (2) a	-	84,74 (1)
	<b>P. ELLIOTTII</b>	-	-	-
12	<b>E. SALIGNA</b>	137,41 (1)	-	-
	<b>E. GRANDIS</b>	97,84 (2)	-	-
	<b>P. ELLIOTTII</b>	-	-	-
14	<b>E. SALIGNA</b>	-	-	-
	<b>E. GRANDIS</b>	113,72 (2)	-	-
	<b>P. ELLIOTTII</b>	-	-	-

Para a mesma distância da medula e a mesma espécie, comparações de médias entre posições no fuste seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste t de Student ( $P > 0,05$ ).

Para a mesma distância da medula e a mesma posição no fuste, comparações de médias entre espécies seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste t de Student ( $P > 0,05$ ).

Os valores entre parênteses correspondem ao número de repetições.

Quadro 14. Média geral da resistência à flexão de madeiras de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*, das três posições do fuste, em função distância da medula, em MPa

Distância da medula (cm)	Espécie	Média
0	<b><i>E. SALIGNA</i></b>	77,72 (9) a
	<b><i>E. GRANDIS</i></b>	68,88 (9) a
	<b><i>P. ELLIOTTII</i></b>	41,23 (9) b
2	<b><i>E. SALIGNA</i></b>	105,92 (9) a
	<b><i>E. GRANDIS</i></b>	90,50 (9) a
	<b><i>P. ELLIOTTII</i></b>	44,80 (9) b
4	<b><i>E. SALIGNA</i></b>	124,22 (9) a
	<b><i>E. GRANDIS</i></b>	97,73 (9) b
	<b><i>P. ELLIOTTII</i></b>	42,65 (9) c
6	<b><i>E. SALIGNA</i></b>	140,02 (9) a
	<b><i>E. GRANDIS</i></b>	102,89 (9) b
	<b><i>P. ELLIOTTII</i></b>	48,36 (6) c
8	<b><i>E. SALIGNA</i></b>	140,85 (7) a
	<b><i>E. GRANDIS</i></b>	114,93 (7) b
	<b><i>P. ELLIOTTII</i></b>	67,33 (2) c
10	<b><i>E. SALIGNA</i></b>	142,59 (4) a
	<b><i>E. GRANDIS</i></b>	106,22 (3) b
	<b><i>P. ELLIOTTII</i></b>	-
12	<b><i>E. SALIGNA</i></b>	137,41 (1)
	<b><i>E. GRANDIS</i></b>	97,84 (2)
	<b><i>P. ELLIOTTII</i></b>	-
14	<b><i>E. SALIGNA</i></b>	-
	<b><i>E. GRANDIS</i></b>	113,72 (2)
	<b><i>P. ELLIOTTII</i></b>	-

Para a mesma distância da medula, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste t de Student ( $P > 0,05$ ).

Os valores entre parênteses correspondem ao número de repetições.

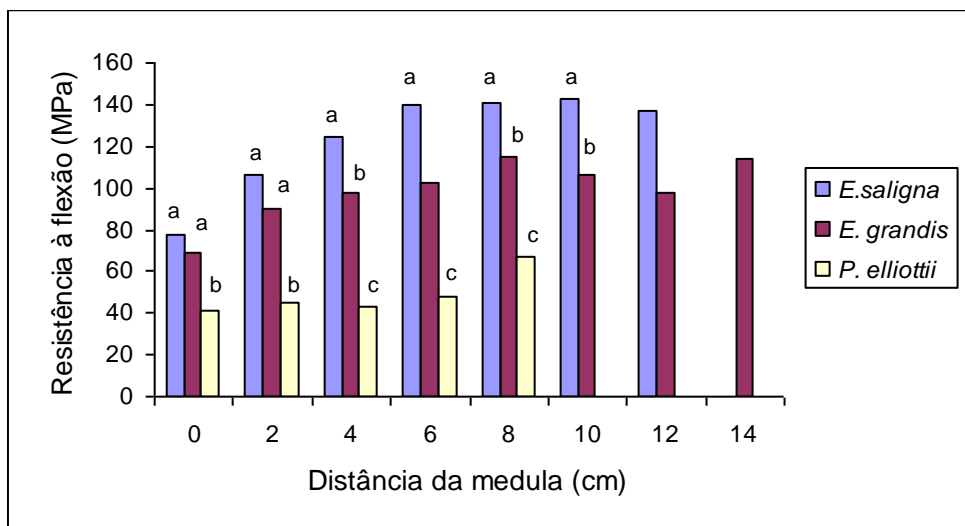


Figura 14. Média geral da resistência à flexão das madeiras de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*, nas três posições no fuste, em função da distância da medula, em MPa. Para a mesma distância da medula, médias para cada espécie seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste t de Student ( $P > 0,05$ ).

Quadro 15. Resistência média à flexão em cada posição no fuste das madeiras de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*, em MPa

Espécie	Posição			Média geral
	Base	Meio	Topo	
<b><i>E. SALIGNA</i></b>	125,38 (19) Aa	112,20 (16) Aa	119,00 (13) Aa	119,26 (48) a
<b><i>E. GRANDIS</i></b>	95,02 (20) Ab	90,91 (15) Ab	101,49 (15) Ab	95,72 (50) b
<b><i>P. ELLIOTTII</i></b>	45,33 (13) ABc	41,96 (11) Bc	48,37 (11) Ac	45,23 (35) c

Para a mesma espécie, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste t de Student ( $P > 0,05$ ).

Para a mesma posição, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste t de Student ( $P > 0,05$ ).

Os valores entre parêntesis correspondem ao número de repetições.

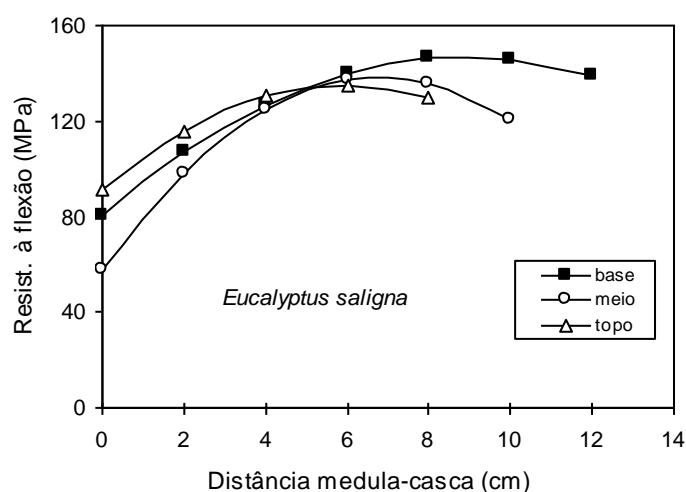
No Quadro 16 são apresentadas as equações ajustadas para estimar a flexão em função da distância da medula, por espécie e por posição no fuste, bem como por

espécie em geral. Observa-se que esse efeito foi significativo em todas as espécies e posições da tora, exceto para a tora do meio e do topo de *Pinus elliottii*.

As Figuras 15, 16 e 17 mostram a variação da resistência à flexão, afetada pelas variáveis estudadas.

Quadro 16. Equações ajustadas aos dados de resistência à flexão para madeiras de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*, em função da distância medula-casca ( $D$ ), nas toras da base, do meio e do topo

ESPÉCIE	Posição	Equação ajustada	R <sup>2</sup>
<b>E. SALIGNA</b>	Base	$\hat{Y} = 80,3112 + 15,0281D - 0,8453D^2$	0,97
	Meio	$\hat{Y} = 57,9248 + 23,5852D - 1,7314D^2$	0,93
	Topo	$\hat{Y} = 90,9437 + 14,8852D - 1,2573D^2$	0,97
<b>E. GRANDIS</b>	Base	$\hat{Y} = 67,5697 + 7,7178D - 0,3416D^2$	0,83
	Meio	$\hat{Y} = 71,7122 + 4,7985D$	0,92
	Topo	$\hat{Y} = 70,1556 + 17,7173D - 1,5872D^2$	0,91
<b>P.ELLIOTTII</b>	Base	$\hat{Y} = 35,7633 + 3,0381D$	0,80
	Meio	$\bar{Y} = 41,96$	-
	Topo	$\bar{Y} = 48,37$	-
<b>E. SALIGNA</b>	.	$\hat{Y} = 79,7008 + 14,1126D - 0,8083D^2$	0,97
<b>E. GRANDIS</b>	.	$\hat{Y} = 71,0623 + 8,2151D - 0,3691D^2$	0,97
<b>P. ELLIOTTII</b>	.	$\hat{Y} = 41,2510 + 4,9751D - 2,0855D^2 + 0,2339D^3$	0,99



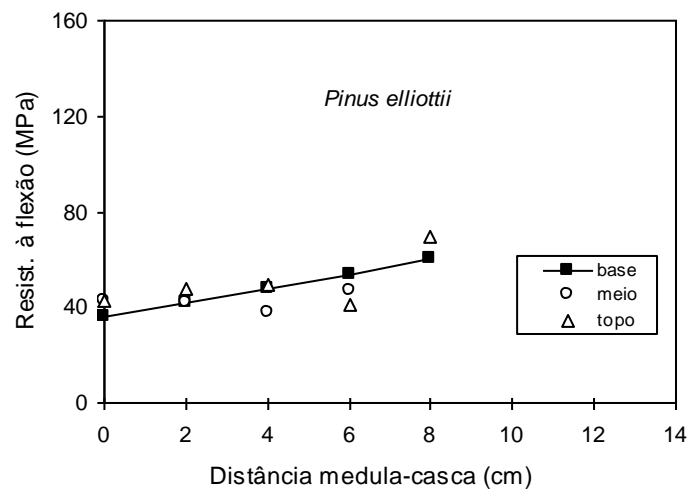
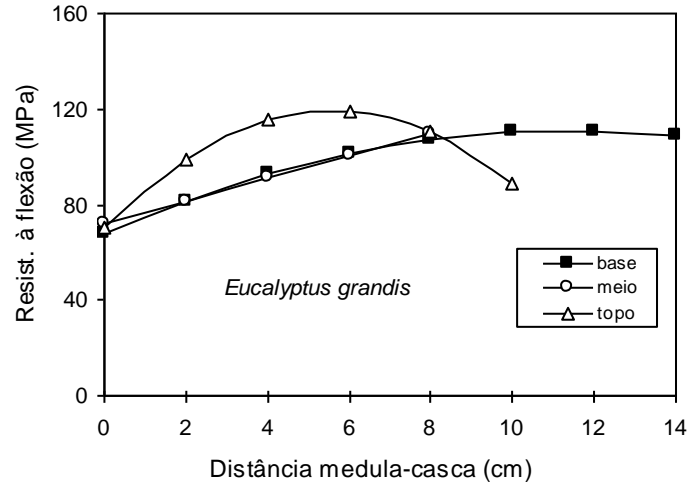
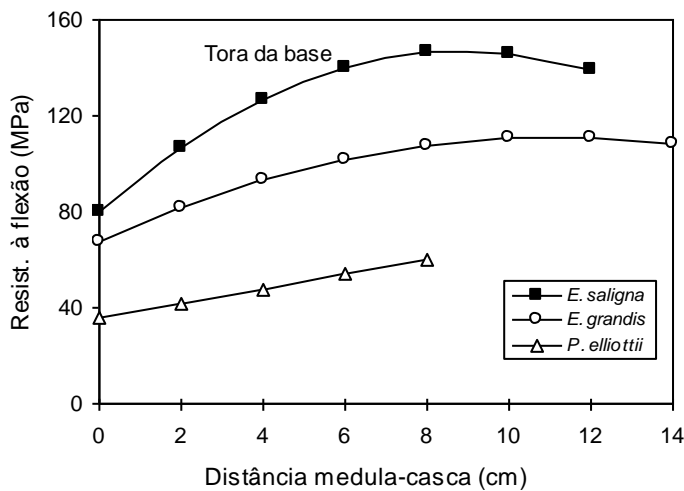


Figura 15. Resistência à flexão estimada e observada das madeiras de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*, em função da distância medula-casca, nas toras da base, do meio e do topo do fuste. Quando o efeito da distância medula-casca (D) não é significativo, aparecem apenas os pontos observados.



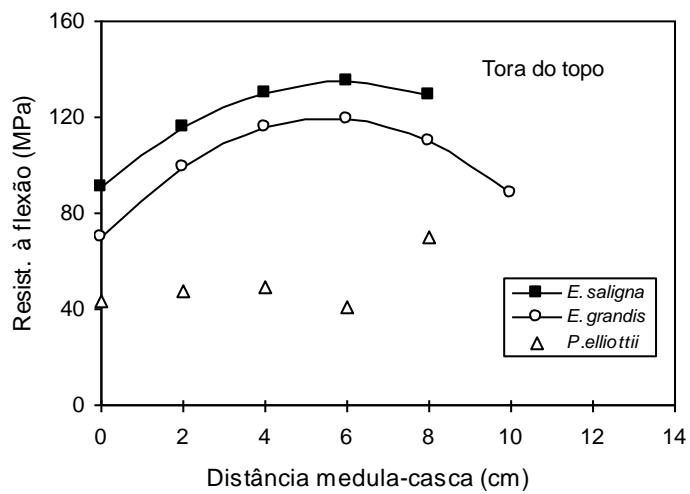
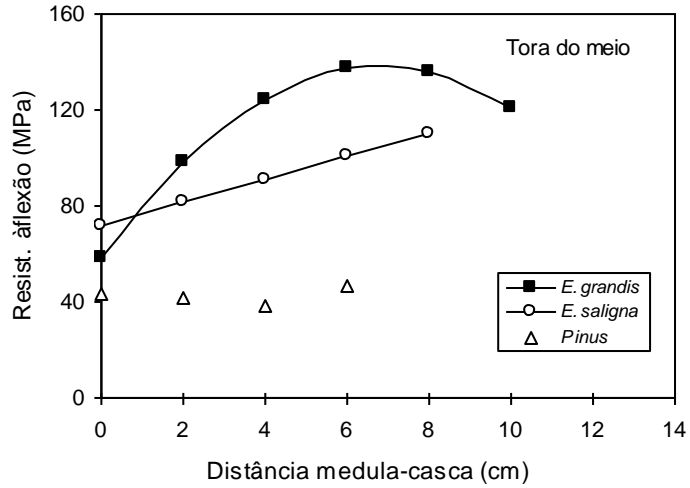


Figura 16. Resistência à flexão estimada e observada nas toras da base, do meio e do topo do fuste de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliotii*, em função da distância medula-casca. Quando o efeito da distância medula-casca (D) não é significativo, aparecem apenas os pontos observados.

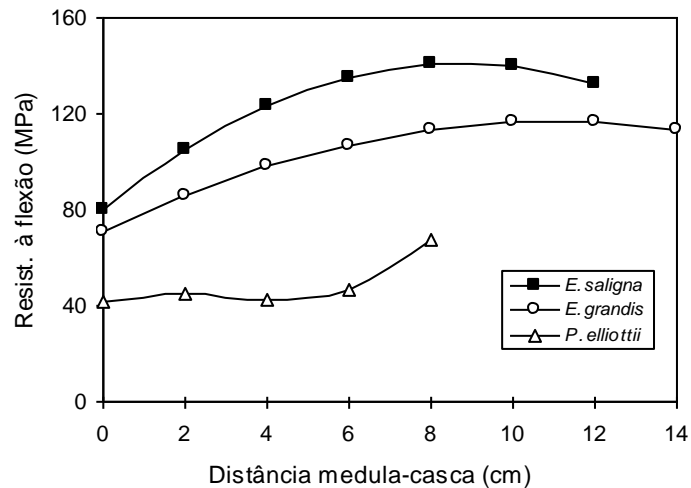


Figura 17. Resistência à flexão estimada das madeiras de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*, em função da distância medula-casca.

De acordo com a Figura 15, constata-se que há diferenças na forma de variação da resistência à flexão em função da posição da tora no fuste e da distância medula-casca. Também é possível observar, nas Figuras 15, 16 e 17, que a resistência apresenta tendência crescente a partir da medula, com propensão a se estabilizar na região próxima à casca. MOREIRA (1999) também encontrou a mesma tendência em madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*. Esse comportamento deve-se provavelmente à presença de madeira juvenil no centro da tora, cuja resistência a esforços mecânicos é sabidamente menor que a da madeira madura.

Com base nas figuras 16 e 17, pode-se observar que a madeira de *Eucalyptus saligna* foi a que apresentou a maior resistência à flexão, seguida das madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii*.

Também neste caso, a exemplo do já comentado no item 4.3, os resultados indicam que, para obtenção de madeiras com maior resistência à flexão, é necessário fazer uma seleção do material desdobrado, ou mesmo proceder ao desdobro das toras de forma seletiva, operando primeiramente toda a madeira adulta no entorno da tora para depois desdobrar a parte central, que contém a madeira juvenil. Da mesma forma, quando se deseja madeira com maior resistência, a seleção de toras basais e do topo da árvore torna-se recomendável, na medida em que tendem a produzir madeiras mais resistentes à flexão, embora os dados, para as espécies de *Eucalyptus*, não tenham apresentado diferenças significativas entre elas. Igualmente, árvores mais velhas tenderão a produzir maior volume de madeira com maior resistência à flexão.

#### **4.5. Resistência à compressão paralela às fibras**

O Quadro 17 apresenta as médias de resistência à compressão paralela às fibras das madeiras das três espécies

estudadas, em função da posição da tora no fuste e da distância medula-casca.

Para *Eucalyptus saligna*, a posição da tora no fuste não afetou de forma significativa a resistência à compressão em nenhuma distância da medula. Para *Eucalyptus grandis*, houve diferença significativa entre as toras do meio e do topo a quatro centímetros da medula, da base e do meio a oito centímetros da medula, e da base com as outras duas a seis centímetros da medula.

Na madeira de *Pinus elliottii* houve diferença significativa entre a tora do meio e as outras duas a dois centímetros da medula, e entre a tora do topo e as demais na distância de quatro centímetros.

Na comparação entre as espécies, a madeira das toras da base e do topo de *Pinus elliottii* diferiram significativamente das demais em todas as distâncias da medula. Na tora do meio, a madeira comportou-se diferentemente das outras espécies na região da medula e a quatro centímetros desta, e de forma diversa da madeira de *Eucalyptus saligna* na distância de dois centímetros. Entre *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* ocorreram diferenças significativas nas toras da base, a seis e a dez centímetros da medula; na tora do meio, na região da medula, a dois, a quatro e a oito centímetros desta; e na tora do topo, nas distâncias de quatro e seis centímetros da medula.

Comparações entre as médias de resistência à compressão da madeira de cada espécie, fixando-se a distância da medula, são apresentada no Quadro 18 e na Figura 18. Pode-se observar que todas as espécies diferiram significativamente entre si em todas as distâncias da medula. Em todas as distâncias consideradas, a madeira de *Eucalyptus saligna* apresentou a maior resistência à compressão, seguida das madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii*.

O Quadro 19 apresenta a resistência média à compressão da madeira de cada espécie em cada posição no fuste, podendo-se verificar que para todas as espécies e posições esta condição não teve efeito significativo. Na comparação entre as espécies, todas diferiram entre si em todas as posições no fuste. Em todas as posições, a madeira de *Eucalyptus saligna* foi a que apresentou a maior resistência à compressão, seguida das madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii*.



Os valores médios encontrados para *Eucalyptus saligna* diferem dos relatados por MOREIRA (1999), que obteve resistência à compressão de 73,9 MPa para essa espécie, e por BROTERO (1956), que obteve 50,9 MPa. LIMA (1983) obteve resistência à compressão de 59,1 MPa em madeira de *Eucalyptus saligna* com idade de 40 anos, e LOPES (2000) obteve 59,2 MPa em madeiras de árvores dessa mesma espécie com 22 anos. Para *Eucalyptus grandis*, o valor médio encontrado assemelha-se ao citado por MOREIRA (1999), que obteve resistência à compressão de 50,9 MPa em madeira da mesma espécie.

Quadro 17. Médias de resistência à compressão paralela às fibras em madeiras de *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii*, nas diferentes posições no fuste, e distância da medula, em MPa

Distância da medula (cm)	Espécie	Posição		
		Base	Meio	Topo
0	<b>E. SALIGNA</b>	52,20 (3) Aa	57,40 (3) Aa	57,95 (3) Aa
	<b>E. GRANDIS</b>	43,27 (3) Aa	44,38 (3) Ab	47,07 (3) Aa
	<b>P. ELLIOTTII</b>	26,52 (3) Ab	30,30 (3) Ac	26,86 (3) Ab
2	<b>E. SALIGNA</b>	57,77 (3) Aa	59,92 (3) Aa	60,77 (3) Aa
	<b>E. GRANDIS</b>	45,85 (3) Aa	50,07 (3) Ab	52,51 (3) Aa
	<b>P. ELLIOTTII</b>	24,59 (3) Ab	21,38 (3) Bb	26,61 (3) Ab
4	<b>E. SALIGNA</b>	64,56 (3) Aa	65,39 (3) Aa	64,20 (3) Aa
	<b>E. GRANDIS</b>	52,54 (3) ABa	49,56 (3) Bb	54,11 (3) Ab
	<b>P. ELLIOTTII</b>	22,56 (3) Bb	23,80 (3) Bb	30,35 (3) Ac
6	<b>E. SALIGNA</b>	72,13 (3) Aa	63,48 (3) Aa	68,72 (3) Aa
	<b>E. GRANDIS</b>	49,63 (3) Bb	54,14 (3) Aa	57,67 (3) Ab
	<b>P. ELLIOTTII</b>	28,89 (3) Ac	27,74 (2) Ab	24,35 (1)
8	<b>E. SALIGNA</b>	66,24 (3) Aa	69,33 (3) Aa	64,64 (1)
	<b>E. GRANDIS</b>	53,37 (2) Ba	57,99 (3) Ab	56,90 (2) AB
	<b>P. ELLIOTTII</b>	44,51 (1)	-	41,71 (1)
10	<b>E. SALIGNA</b>	74,50 (3) a	63,21 (1)	-
	<b>E. GRANDIS</b>	52,61 (2) b	-	46,03 (1)
	<b>P. ELLIOTTII</b>	-	-	-
12	<b>E. SALIGNA</b>	57,37 (1)	-	-
	<b>E. GRANDIS</b>	53,49 (2)	-	-
	<b>P. ELLIOTTII</b>	-	-	-
14	<b>E. SALIGNA</b>	-	-	-
	<b>E. GRANDIS</b>	55,74 (2)	-	-
	<b>P. ELLIOTTII</b>	-	-	-

Para a mesma distância da medula e a mesma espécie, comparações de médias entre posições no fuste seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste t de Student ( $P > 0,05$ ).

Para a mesma distância da medula e a mesma posição no fuste, comparações de médias entre espécies seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste t de Student ( $P > 0,05$ ).

Os valores entre parênteses correspondem ao número de repetições.

Quadro 18. Média geral da resistência à compressão paralela às fibras das três posições no fuste em função da distância da medula, em madeiras de *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii*, em MPa

Distância da medula (cm)	Espécie	Média
0	<b><i>E. SALIGNA</i></b>	55,85 (9) a
	<b><i>E. GRANDIS</i></b>	44,51 (9) b
	<b><i>P. ELLIOTTII</i></b>	27,89 (9) c
2	<b><i>E. SALIGNA</i></b>	59,49 (9) a
	<b><i>E. GRANDIS</i></b>	49,48 (9) b
	<b><i>P. ELLIOTTII</i></b>	24,19 (9) c
4	<b><i>E. SALIGNA</i></b>	64,72 (9) a
	<b><i>E. GRANDIS</i></b>	52,07 (9) b
	<b><i>P. ELLIOTTII</i></b>	25,57 (9) c
6	<b><i>E. SALIGNA</i></b>	68,11 (9) a
	<b><i>E. GRANDIS</i></b>	53,81 (9) b
	<b><i>P. ELLIOTTII</i></b>	27,75 (6) c
8	<b><i>E. SALIGNA</i></b>	67,34 (7) a
	<b><i>E. GRANDIS</i></b>	56,36 (7) b
	<b><i>P. ELLIOTTII</i></b>	43,11 (2) c
10	<b><i>E. SALIGNA</i></b>	71,68 (4) a
	<b><i>E. GRANDIS</i></b>	50,42 (3) b
	<b><i>P. ELLIOTTII</i></b>	-
12	<b><i>E. SALIGNA</i></b>	57,37 (1)
	<b><i>E. GRANDIS</i></b>	53,49 (2)
	<b><i>P. ELLIOTTII</i></b>	-
14	<b><i>E. SALIGNA</i></b>	-
	<b><i>E. GRANDIS</i></b>	55,74 (2)
	<b><i>P. ELLIOTTII</i></b>	-

Para a mesma distância da medula, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste t de Student ( $P > 0,05$ ).

Os valores entre parênteses correspondem ao número de repetições.

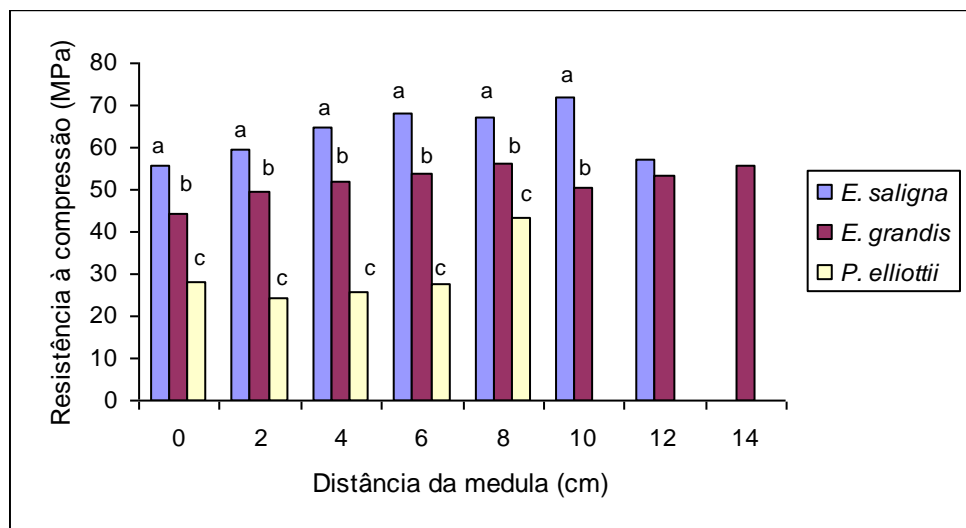


Figura 18. Média geral da resistência à compressão paralela às fibras das três posições no fuste em função da distância da medula, em madeiras de *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii*, em MPa. Para a mesma distância da medula, médias para cada espécie seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste t de Student ( $P > 0,05$ ).

Quadro 19. Resistência média à compressão paralela às fibras em cada posição no fuste de madeiras de *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii*, em MPa

Espécie	Posição			Média geral
	Base	Meio	Topo	
<b><i>E. SALIGNA</i></b>	64,19 (19) Aa	63,11 (16) Aa	63,04 (13) Aa	63,52 (48) a
<b><i>E. GRANDIS</i></b>	50,22 (20) Ab	51,23 (15) Ab	52,93 (15) Ab	51,33 (50) b
<b><i>P. ELLIOTTII</i></b>	27,09 (13) Ac	25,63 (11) Ac	28,87 (11) Ac	27,19 (35) c

Para a mesma espécie, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste t de Student ( $P > 0,05$ ).

Para a mesma posição, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste t de Student ( $P > 0,05$ ).

Os valores entre parênteses correspondem ao número de repetições.

No Quadro 20 são apresentadas as equações ajustadas para estimar a resistência à compressão paralela às fibras em função da distância da medula, por espécie e posição no fuste, bem como por espécie em geral. Pode-se observar que ocorreram variações significativas para todas as espécies e posições da tora, exceto

para a tora do meio de *Eucalyptus saligna* e para as toras do meio e do topo de *Pinus elliottii*.

As Figuras 19, 20 e 21 mostram a variação da resistência à compressão, afetada pelas variáveis estudadas.

Quadro 20. Equações ajustadas aos dados de resistência à compressão paralela às fibras para madeiras de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*, em função da distância medula-casca ( $D$ ), nas toras da base, do meio e do topo

ESPÉCIE	Posição	Equação ajustada	R <sup>2</sup>
<b>E. SALIGNA</b>	Base	$\hat{Y} = 50,1914 + 5,6580D - 0,3961D^2$	0,75
	Meio	$\bar{Y} = 63,11$	-
	Topo	$\hat{Y} = 58,9903 + 1,0664D$	0,68
<b>E. GRANDIS</b>	Base	$\hat{Y} = 45,4216 + 0,7704D$	0,79
	Meio	$\hat{Y} = 44,9739 + 1,5638D$	0,93
	Topo	$\hat{Y} = 46,1383 + 4,2285D - 0,4063D^2$	0,84
<b>P. ELLIOTTII</b>	Base	$\hat{Y} = 27,5646 - 4,1944D + 0,7761D^2$	0,97
	Meio	$\bar{Y} = 25,63$	-
	Topo	$\bar{Y} = 28,87$	-
<b>E. SALIGNA</b>	.	$\hat{Y} = 54,3104 + 4,0491D - 0,2998D^2$	0,83
<b>E. GRANDIS</b>	.	$\hat{Y} = 45,3828 + 2,0183D - 0,09767D^2$	0,93
<b>P. ELLIOTTII</b>	.	$\hat{Y} = 28,5747 - 4,0076D + 0,7087D^2$	0,94

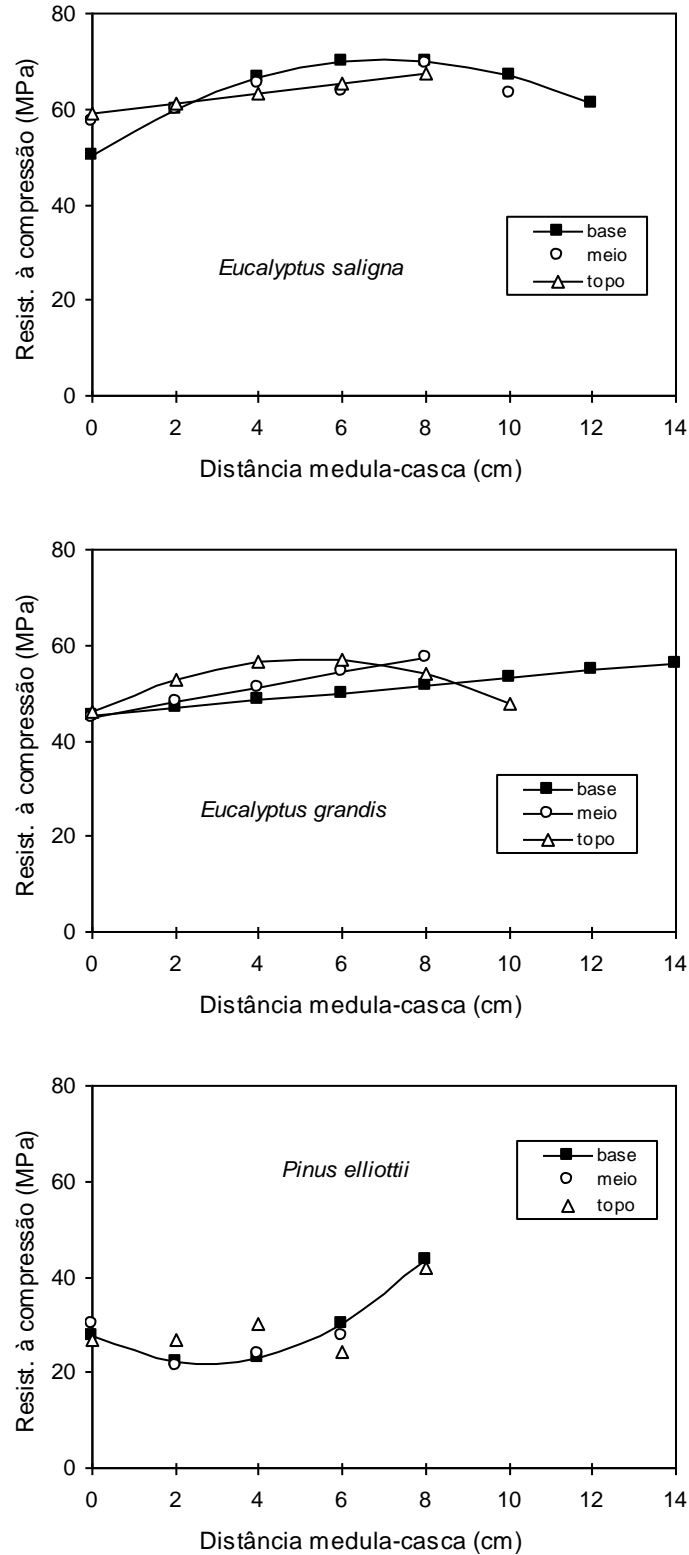


Figura 19. Resistência à compressão paralela às fibras estimada e observada das madeiras de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*, em função da distância medula-casca, nas toras da base, do meio e do topo do fuste. Quando o efeito da distância medula-casca (D) não é significativo, aparecem apenas os pontos observados.

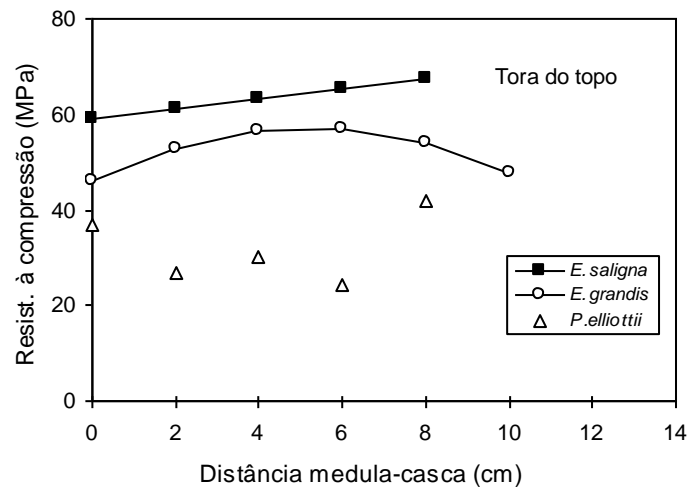
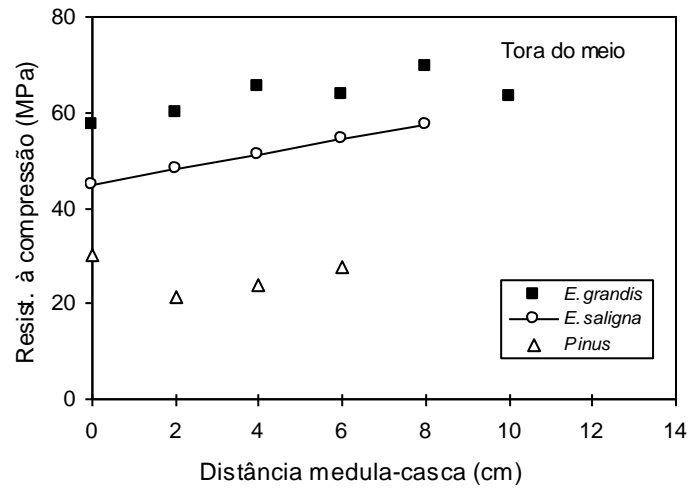
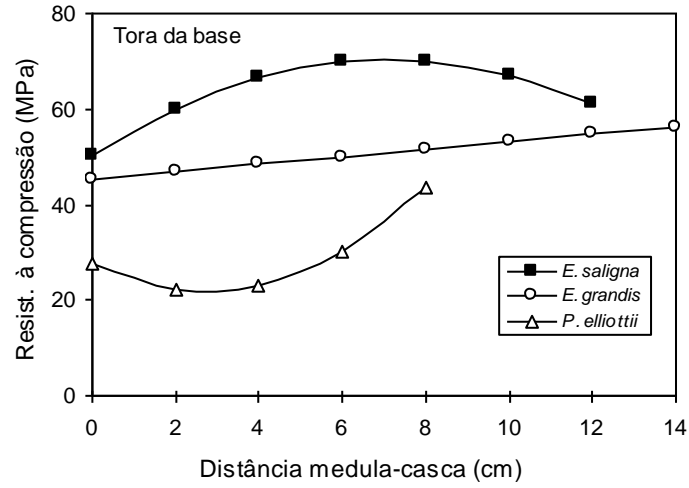


Figura 20. Resistência à compressão paralela às fibras estimada e observada nas toras da base, do meio e do topo do fuste de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus eliottii*, em função da distância medula-casca. Quando o efeito da distância medula-casca (D) não é significativo, aparecem apenas os pontos observados.

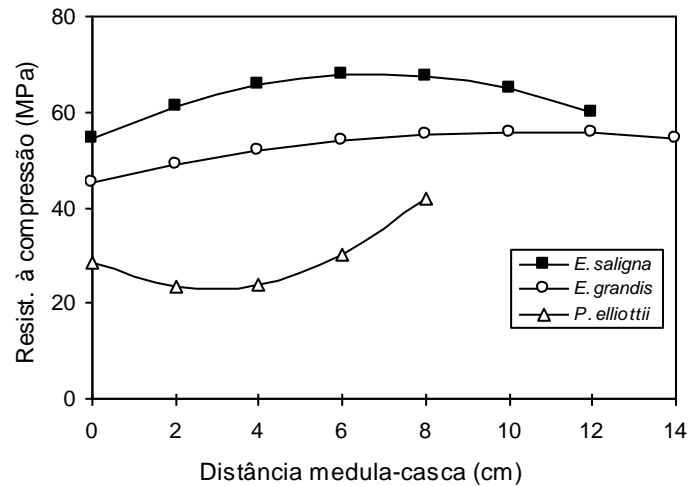


Figura 21. Resistência à compressão paralela às fibras estimada das madeiras de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*, em função da distância medula-casca.

De acordo com a Figura 19, pode-se constatar que ocorreram variações na resistência à compressão da madeira em função da posição da tora no fuste e da distância medula-casca. Também é possível observar (Figuras 19, 20 e 21) que os valores de resistência cresceram a partir da medula em direção à casca, provavelmente devido à predominância da madeira juvenil no centro da tora, reconhecidamente menos resistente a esforços mecânicos.

Com base nas Figuras 20 e 21, pode-se verificar que a madeira de *Eucalyptus saligna* foi a que apresentou a maior resistência à compressão, seguida das madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii*.

Igualmente ao comentado no item anterior (resistência à flexão), basicamente os mesmos conceitos podem ser considerados para obtenção de madeiras com maior resistência à compressão, como seleção



das peças desdobradas, desdobro seletivo e colheita de árvores mais velhas.

## 4.6. Qualidade da linha de cola

### 4.6.1. Resistência da linha de cola

O Quadro 21 apresenta as médias de resistência da linha de cola nas madeiras de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*, nas diferentes posições das toras no fuste e nas posições na tábua diametral, isto é, próximo à medula e próximo à casca.

Pode-se observar que em todas as espécies, tanto na região da medula quanto na periferia das toras, não ocorreram diferenças significativas, demonstrando estatisticamente o mesmo comportamento entre as madeiras juvenil e adulta.

Comparando-se as espécies, observou-se que a resistência da linha de cola da madeira de *Pinus elliottii* foi significativamente menor do que a das madeiras de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis* na região próxima à medula, nas toras da base e do meio. Na tora do meio, diferiu de *Eucalyptus saligna* na região periférica. Na tora do topo, a resistência de *Pinus elliottii* diferiu significativamente de *Eucalyptus grandis* nas duas posições da tábua. A resistência das linhas de cola das madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* não apresentaram diferença significativa em nenhuma posição. Com exceção da região periférica na tora da base, a linha de cola da madeira de *Eucalyptus grandis* foi aquela que ofereceu a maior resistência, seguida das de *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*.

Quadro 21. Médias de resistência da linha de cola em madeiras de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*, nas diferentes toras e posições na tábua, em MPa

Posição na tábua	Espécie	Tora		
		Base	Meio	Topo
Próximo à medula	<b>E. SALIGNA</b>	11,42 Aa	10,91 Aa	10,38 Aab
	<b>E. GRANDIS</b>	11,92 Aa	11,55 Aa	11,68 Aa
	<b>P. ELLIOTTII</b>	8,05Ab	8,24 Ab	9,00 Ab
Próximo à casca	<b>E. SALIGNA</b>	10,94 Aa	10,10 Aab	10,82 Aab
	<b>E. GRANDIS</b>	10,43 Aab	11,06 Aa	11,47 Aa
	<b>P. ELLIOTTII</b>	7,19 Ab	7,16 Ab	8,12 Ab

Para cada espécie e a mesma posição, as médias para as toras seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste t de Student ( $P > 0,05$ ).

Para cada tora e a mesma posição na tábua, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste t de Student ( $P > 0,05$ ).

Comparações entre médias de resistência da linha de cola para cada espécie, fixando-se a posição na tábua diametral, são apresentadas no Quadro 22 e na Figura 22. Pode-se observar que para *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* não houve diferença significativa em nenhuma das duas posições. A resistência da linha de cola da madeira de *Pinus elliottii* diferiu de forma significativa daquela produzida com *Eucalyptus grandis*, em ambas as posições. Nas posições consideradas, a linha de cola da madeira de *Eucalyptus grandis* foi a que apresentou a maior resistência, seguida das de *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*. A resistência tendeu a ser maior na madeira obtida da região próxima à medula, para todas as três espécies estudadas.

Quadro 22. Resistência média da linha de cola das madeiras de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii* em cada posição na tábua diametral, em MPa

Posição na tábua	Espécie	Resistência
	<b>E. SALIGNA</b>	10,90 ab
Próximo à medula	<i>E. grandis</i>	11,72 a
	<i>P. elliottii</i>	8,43 b
Próximo à casca	<i>E. saligna</i>	10,62 ab
	<i>E. grandis</i>	10,99 a
	<i>P. elliottii</i>	7,49 b

Para a mesma posição, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste t de Student ( $P > 0,05$ ).

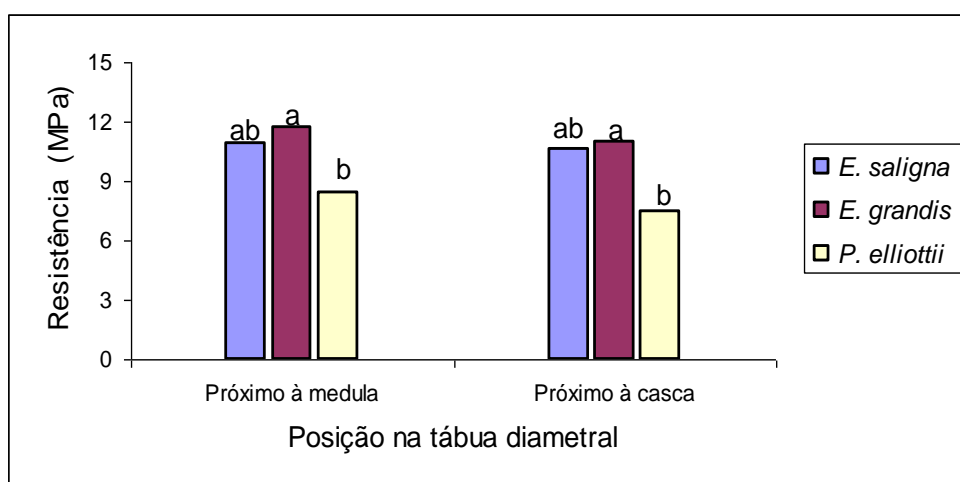


Figura 22. Resistência média da linha de cola da madeira de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*, em cada posição na tábua diametral. Para a mesma posição, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste t de Student ( $P > 0,05$ ).

No Quadro 23 é apresentada a resistência média da linha de cola das madeiras de cada espécie estudada, em cada posição da tora no fuste. Observa-se que para todas as espécies a posição da tora não teve influência significativa no valor da resistência. A madeira de *Eucalyptus grandis* foi a que apresentou a maior resistência da linha de cola, seguida das de *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*. Na média geral, a resistência

da linha de cola da madeira de *Pinus elliottii* diferiu significativamente daquela das madeiras de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis*.

Quadro 23. Resistência média da linha de cola em madeira de cada tora de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*, em MPa

Espécie	Tora			Média geral
	Base	Meio	Topo	
<i>E. saligna</i>	11,18 A	10,51 A	10,60 A	10,75 a
<i>E. grandis</i>	11,18 A	11,31 A	11,58 A	11,35 a
<i>P. elliottii</i>	7,62 A	7,70 A	8,56 A	7,96 b

Para a mesma espécie, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste t de Student ( $P > 0,05$ ).

Entre as espécies, na média geral, valores seguidos pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste t de Student ( $P > 0,05$ ).

Para efeito de comparação com os dados de resistência da linha de cola obtidos neste trabalho, listamos os resultados de cisalhamento encontrados por alguns autores, como BROTERO (1956), que encontrou o valor de 9,5 MPa para *Eucalyptus saligna*; LIMA (1983) encontrou, para *Eucalyptus saligna*, o valor de 15,6 MPa; e MOREIRA (1999) obteve o valor de 9,8 MPa para *Eucalyptus grandis* e de 14,9 MPa para *Eucalyptus saligna*.

A Figura 23 representa as resistências médias da linha de cola em madeiras de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*, na periferia e na região da medula de cada tora. Com base nessa figura, podemos observar que para *Eucalyptus saligna* não houve diferença significativa na resistência da linha de cola para nenhuma das toras, em nenhuma das duas posições da tábua diametral, nem

tampouco quando foi considerada a média de todas as toras. Em *Eucalyptus grandis* essa diferença foi significativa apenas na tora da base, e na média de todas as toras. Para *Pinus elliottii*, apenas na tora do meio ocorreu diferença significativa.

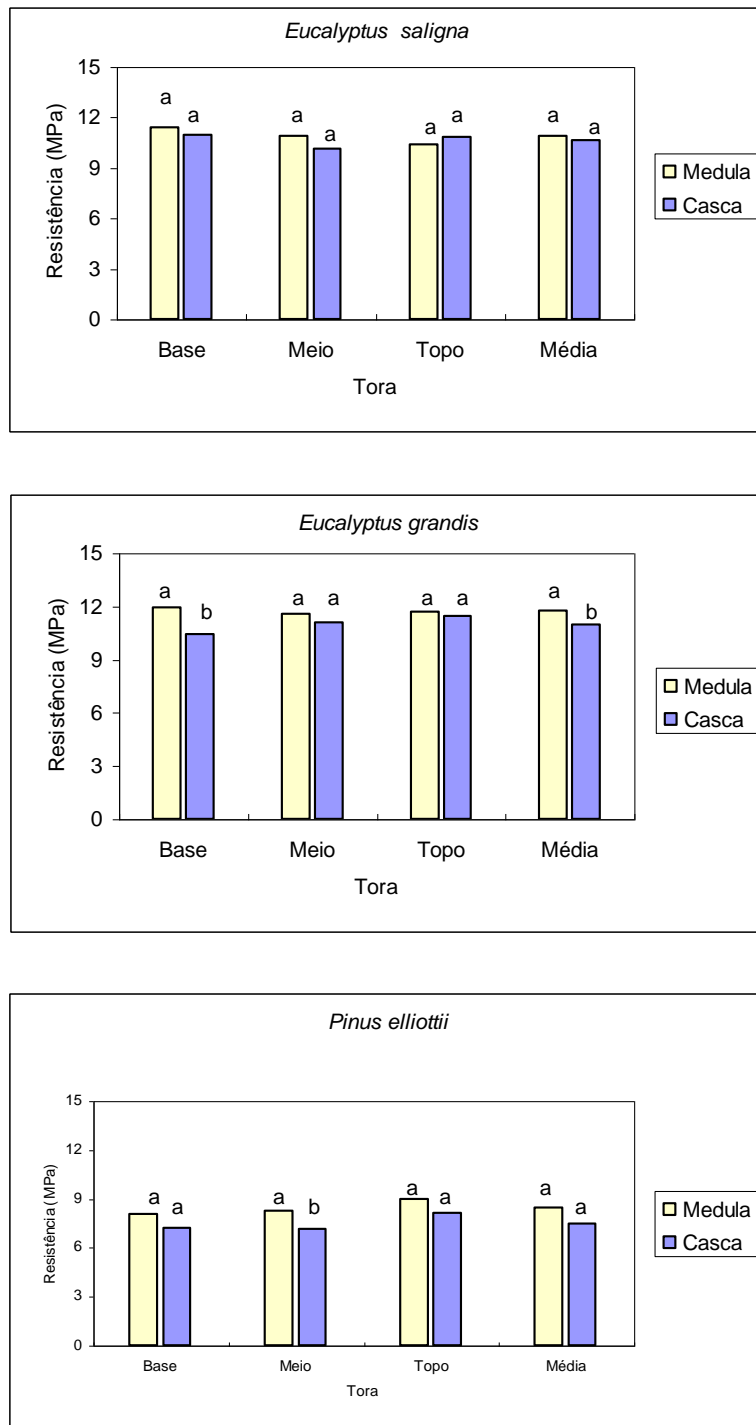


Figura 23. Comparações entre resistência média da linha de cola em madeira de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*, na periferia e

região da medula de cada tora. Para a mesma posição, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste t de Student ( $P > 0,05$ ).

Os resultados observados indicam que, em geral, tanto madeiras das porções basal, média ou do topo das árvores apresentam resultados semelhantes na resistência da linha de cola. Também essa resistência foi de pequena diferença quando as madeiras foram coladas entre si, tanto para aquelas da região da medula (madeira juvenil) quanto da periferia da tábua (madeira madura). A madeira de *Eucalyptus grandis*, de modo geral, foi a que apresentou maior resistência.

#### **4.6.2. Percentagem de falha na madeira**

O Quadro 24 apresenta as médias de percentagem de falha nas madeiras de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*, nas diferentes posições das toras no fuste e nas posições na tábua diametral, isto é, próximo à medula e próximo à casca.

Pode-se observar que a percentagem de falha na madeira de *Eucalyptus saligna* variou significativamente na região periférica entre as toras do meio e do topo. Em *Eucalyptus grandis*, essa falha diferiu na madeira da região da medula, entre as mesmas toras. Na madeira de *Pinus elliottii* não ocorreram diferenças significativas. Na região da medula, a maior percentagem de falha em todas as toras ocorreu na madeira de *Pinus elliottii*; na periferia da tábua, os maiores valores de falha variaram entre *Eucalyptus grandis* nas toras da base e do topo e *Eucalyptus saligna* na tora do meio.

Na comparação entre as espécies, não houve diferença significativa nas toras da base e do meio, nas duas posições analisadas na tábua diametral. Na tora do topo, a madeira de *Pinus elliottii* foi diferente das demais na região da medula, e a de *Eucalyptus grandis* diferiu das outras na região periférica.

Observa-se uma tendência de aumento das percentagens de falha na madeira das toras da base para as toras do meio, e uma diminuição desta para as toras do topo.

Quadro 24. Médias de percentagem de falha nas madeiras de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*, nas diferentes toras e posições na tábua

Posição na tábua	Espécie	Tora		
		Base	Meio	Topo
Próximo à medula	<b>E. SALIGNA</b>	74,03 Aa	78,33 Aa	68,33 Ab
	<b>E. GRANDIS</b>	75,14 ABa	83,47 Aa	59,58 Bb
	<b>P. ELLIOTTII</b>	77,50 Aa	92,08 Aa	91,67 Aa
Próximo à casca	<b>E. SALIGNA</b>	73,47 ABa	90,14 Aa	71,53 Bb
	<b>E. GRANDIS</b>	90,69 Aa	85,14 Aa	93,06 Aa
	<b>P. ELLIOTTII</b>	73,06 Aa	79,72 Aa	82,92 Ab

Para cada espécie e a mesma posição, as médias para as toras seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste t de Student ( $P > 0,05$ ).

Para cada tora e a mesma posição na tábua, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste t de Student ( $P > 0,05$ ).

Comparações entre as médias de percentagem de falha na madeira para cada espécie, fixando-se a posição na tábua diametral, são apresentadas no Quadro 25 e na Figura 24. Pode-se observar que a madeira de *Pinus elliottii* diferiu significativamente das demais espécies na região da medula, e a de *Eucalyptus grandis* foi diferente das outras, na periferia. Nas madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*, a maior percentagem de falha ocorreu na região periférica, e em *Pinus elliottii*, na região da medula. As maiores percentagens de falha ocorreram nas madeiras de *Pinus elliottii* na região da medula, e em *Eucalyptus grandis*, na periferia da tábua diametral. De modo geral, a percentagem de falha tendeu a ser maior na madeira da região próxima à casca para as madeiras de eucalipto, e naquela próxima à medula para *Pinus elliottii*.

Quadro 25. Percentagem média de falha nas madeiras de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*, em cada posição na tábua diametral

Posição na tábua	Espécie	Média
	<b>E. SALIGNA</b>	73,56 b
Próximo à medula	<i>E. grandis</i>	72,73 b
	<i>P. elliottii</i>	87,08 a
Próximo à casca	<i>E. saligna</i>	78,38 b
	<i>E. grandis</i>	89,63 a
	<i>P. elliottii</i>	78,57 b

Para a mesma posição, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste t de Student ( $P > 0,05$ ).

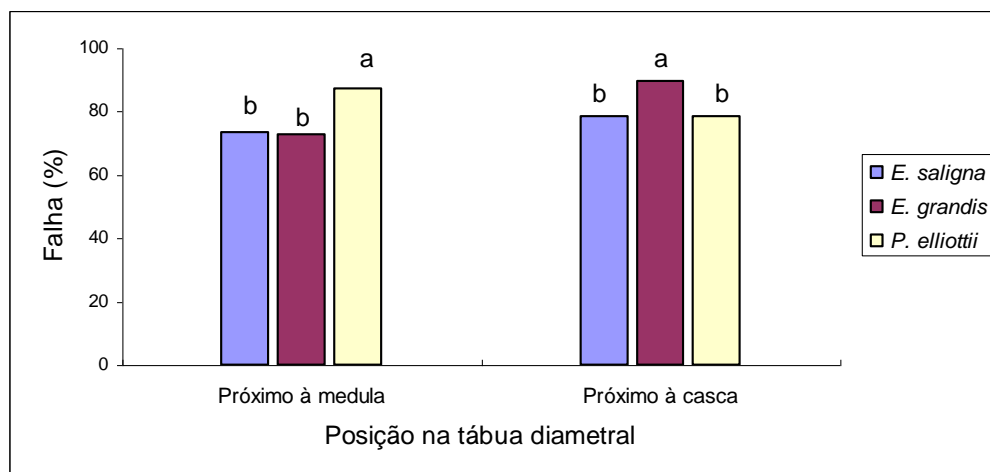


Figura 24. Percentagem média de falha nas madeiras de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*, em cada posição na tábua diametral. Para a mesma posição, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste t de Student ( $P > 0,05$ ).

No Quadro 26 é apresentada a percentagem média de falha na madeira para cada espécie estudada, em cada posição da tora no fuste. Observa-se que para *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii*, a tora, independentemente de sua posição no fuste, não teve influência significativa na percentagem de falha. Em *Eucalyptus saligna*, essa percentagem diferiu significativamente entre a tora do topo e a do meio. Nas madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*, ocorreu uma tendência crescente de falha na madeira da tora da base para a do meio, voltando a decrescer na



tora do topo, diferentemente daquela de *Pinus elliottii*, cuja tendência foi sempre crescente desde a base até o topo.

Dentre as duas espécies de eucalipto, *Eucalyptus grandis* foi a que apresentou a maior percentagem de falha em todas as três toras. Comparativamente entre as toras, as maiores falhas ocorreram na madeira de *Pinus elliottii*, nas toras do meio e do topo, e em *Eucalyptus grandis*, na tora da base.

Na média geral, não houve diferença significativa na percentagem de falha na madeira para nenhuma das espécies testadas.

Quadro 26. Percentagem média de falha na madeira em cada tora de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*

Espécie	Tora			Média geral
	Base	Meio	Topo	
<i>E. saligna</i>	73,75 AB	84,24 A	69,93 B	75,97 a
<i>E. grandis</i>	82,92 A	84,31 A	76,32 A	81,18 a
<i>P. elliottii</i>	75,28 A	85,90 A	87,30 A	82,82 a

Para a mesma espécie, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste t de Student ( $P > 0,05$ ).

Entre espécies, na média geral, valores seguidos pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste t de Student ( $P > 0,05$ ).

A Figura 25 representa a comparação entre as percentagens médias de falha em madeiras de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*, na periferia e na região da medula de cada tora. Com base nessa figura, podemos observar que para *Eucalyptus saligna* não houve diferença significativa na percentagem de falha para nenhuma das toras, em nenhuma das duas posições da tábua diametral, nem tampouco quando foi considerada a média de todas as toras. Em *Eucalyptus grandis* essa diferença foi significativa apenas na tora do topo, e na média de todas as toras. Para *Pinus elliottii*, as percentagens de falha foram significativamente diferentes entre si na tora do topo.

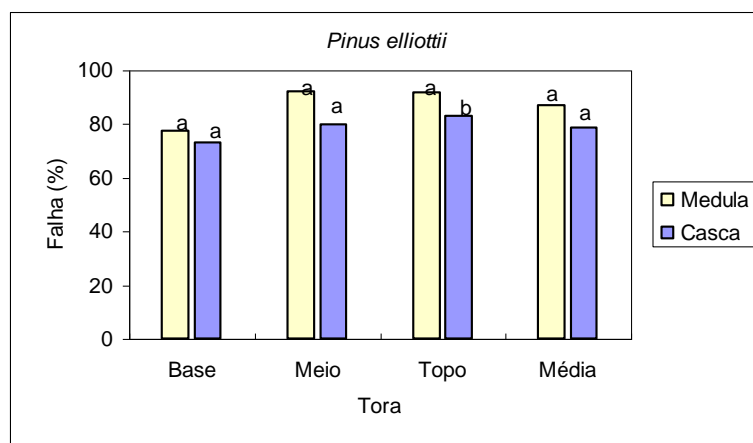
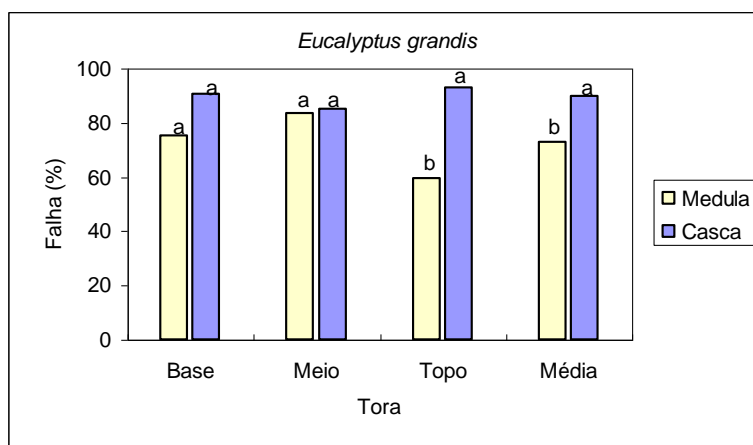
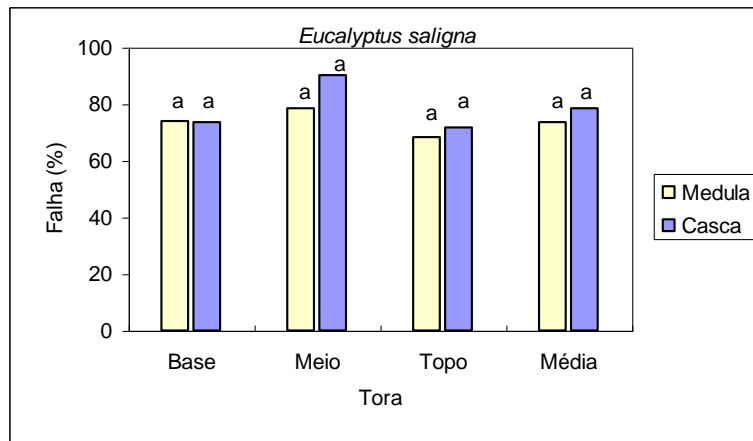


Figura 25. Comparações entre a percentagem média de falha em madeiras de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*, na periferia e na região da medula de cada tora. Para a mesma posição, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste t de Student ( $P > 0,05$ ). Em cada espécie e cada da tora, a difere de b pelo teste t ( $P < 0,05$ ).

Os resultados indicam que as madeiras das três espécies testadas apresentaram bons índices de adesão e de afinidade com o produto utilizado para colagem. SENAI/CETEMO (1998), em teste de adesão com madeira de *Eucalyptus grandis*, utilizando adesivos à base de uréia-formol e de PVA (acetato de polivinila), concluiu que a madeira de eucalipto é plenamente compatível com os diversos produtos e processos de colagem testados.

#### **4.7. Trabalhabilidade**

Para avaliação das condições de trabalhabilidade, foram realizados ensaios de confecção de espiga e furação para espiga com madeira das três espécies obtida da tábua diametral, das regiões próxima à medula, contendo madeira juvenil, e da periferia, contendo madeira madura. Todas as espécies apresentaram resultados satisfatórios com material originário das duas regiões da tábua diametral, não apresentando defeitos que viessem a comprometer ou prejudicar a qualidade da peça manufaturada, como arrancamento das fibras, queima de superfície, lascamento ou levantamento das fibras. Tais resultados são semelhantes aos observados por Priest, citado por DEL MENEZZI (1999), que estudou a trabalhabilidade de *Eucalyptus grandis* e afirmou que sua madeira é usinada satisfatoriamente nas operações de aplainamento, furação, torneamento e pregação, e que, juntamente com sua textura uniforme e padrão de grã, possibilita sua utilização na confecção de móveis e na carpintaria.

Também SENAI/CETEMO (1998), em ensaio de furação para espiga e respigamento com madeira de *Eucalyptus grandis*, revela serem cem por cento das amostras isentas de defeitos em ambos os testes. Afirma ainda que outros testes de usinagem, como aplainamento, cópia de perfil curvo, fresagem, furação, ranhura em tupia superior, torneamento, lixamento e pintura, realizados com madeira dessa espécie, apresentaram resultados satisfatórios.

PONCE (1997) escreve que, no IPT em 1979, foram realizados testes de desdobro de toras de *Eucalyptus saligna* com resultados animadores. Afirma também esse autor que, em 1983, foi executado um projeto naquela instituição de pesquisa

tendo em vista estudar a viabilidade de uso da madeira de três espécies de eucalipto (*Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus urophylla*), para a fabricação de móveis, com resultados excelentes, principalmente em relação à madeira de *Eucalyptus grandis*.

## 5. RESUMO E CONCLUSÕES

Dos resultados obtidos no presente trabalho, podem-se extrair as seguintes conclusões:

- A densidade básica, a contração volumétrica, a resistência à flexão e a resistência à compressão paralela às fibras variaram nos sentidos radial e longitudinal da árvore;
- Na direção medula-casca, a densidade básica, a resistência à flexão e a resistência à compressão aumentaram, e a contração volumétrica diminuiu;
- Longitudinalmente, a tendência foi ocorrerem densidades básicas, contrações volumétricas e resistências à flexão e à compressão menores na tora do meio em relação às da base e do topo. Observou-se ainda que a densidade na base, de modo geral, foi inferior àquelas observadas no topo da árvore;
- Para obtenção de madeiras mais densas, mais estáveis e com maior resistência à flexão e à compressão, é necessária a colheita de árvores mais velhas;
- Para todas as variáveis estudadas, a madeira de *Eucalyptus saligna* foi a que apresentou os maiores valores de densidade básica, contração

volumétrica, resistência à flexão e à compressão, seguida de *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii*;

- A operação de um desdobro seletivo, diferenciando-se a madeira juvenil da adulta, propicia a obtenção de peças com menor variação dimensional;
- Nas juntas coladas, pouca diferenciação ocorreu entre as madeiras juvenil e adulta, bem como entre madeiras obtidas de diferentes posições no fuste. Entre as duas espécies de eucalipto, a maior resistência da linha de cola foi apresentada pela madeira de *Eucalyptus grandis*, bem como a maior percentagem de falha na madeira;
- Com base nas propriedades estudadas neste trabalho, pode-se considerar que as madeiras de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii* são apropriadas para a fabricação de móveis.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Qualidade da madeira de eucalipto

Historicamente, em muitos países não se tem imaginado o emprego de espécies do gênero *Eucalyptus* como fornecedor de madeira serrada, especialmente naqueles que não possuem áreas florestadas com esse gênero. Para ACOSTA (1998), o eucalipto já foi apresentado como a madeira do futuro, e atualmente passa a ser tratada como madeira do presente. A espécie que muito tem contribuído para isso é o *Eucalyptus grandis*, cuja madeira é uma das mais fáceis de se processar e reprocessar (ACOSTA, 1998). Esse mesmo autor afirma que podem ser obtidas madeiras homogêneas e de boa densidade, com retidão de fuste e redução de rachaduras por

meio de melhoramento, especialmente com propagação agâmica. Com referência à diminuição da presença de nós, obtenção de seções circulares e diâmetros adequados, tudo depende fundamentalmente da aplicação de corretas técnicas silviculturais, como desrama, desbaste, densidade de plantio e fertilização.

Desde a década de 80, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas, em São Paulo, vem fabricando em caráter experimental armários, estantes, guarda-roupas e mesas com madeira de *Eucalyptus grandis*, e vários tipos de móveis com *Eucalyptus saligna*, que é melhor quando se requer maior resistência.

ACOSTA (1998) comenta que o Uruguai, preocupado com o futuro da sua agricultura, convocou consultorias de técnicos internacionais, cuja conclusão foi pela conveniência de planificar e manejar suas plantações de eucalipto com podas e desbastes, visando à produção de madeira de qualidade. Também cita esse autor que na Nova Zelândia, para diversificação das propriedades do país, é comum o plantio de eucalipto pelos produtores rurais, visando à produção de celulose, madeira serrada e compensados.

Em relação ao aproveitamento da madeira de eucalipto, deve-se adotar uma nova mentalidade em função do que até agora se pensava sobre madeiras, adotando-se uma postura de até onde se pode chegar com a matéria-prima que atualmente é ofertada, sem no entanto criar falsas expectativas nem desacreditar injustificadamente essa madeira.

Na empresa madeireira TECFLOR, atualmente Aracruz Produtos de Madeira, segundo MARQUES (1998), atividades como desbaste, desrama, espaçamento diferenciado, seleção de material genético específico e um programa diferenciado de nutrição tornaram-se necessárias para atender às seguintes especificações das toras de eucalipto produzidas:

- diâmetro mínimo sem casca: 29 cm;
- comprimento mínimo: 3,20 metros;
- tempo máximo entre a colheita e o processamento: 5 dias;
- não-incidência de defeitos ou nós.

O impacto na melhoria da qualidade da madeira e conseqüentemente do produto final pode ser conseguido através de uma estratégia de formação da madeira

via melhoramento genético e manejo florestal, bem como através da definição do processo produtivo (MARQUES, 1998).

Sabidamente, não há no Brasil material genético adaptado e manejado para a produção dos diversos itens demandados pela indústria moveleira. Os programas de melhoramento florestal em curso tiveram, até hoje, outros objetivos, que aos poucos começam a ser adaptados. Por outro lado, características como tensões de crescimento, rachaduras, coloração e percentual cerne/alburno já constam como características de seleção em alguns casos.

Basicamente, três espécies – *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus urophylla* – têm sido utilizadas nesses programas, mas sabe-se que existem outras espécies já adaptadas ao Brasil com grande potencial para esse uso, seja na forma pura ou como híbridos com as espécies citadas.

A secagem de madeira de eucalipto é considerada por todos como difícil, por ser lenta e com propensão ao aparecimento de defeitos (MENEZES, 1998). Para esse autor, isto ocorre basicamente pela estrutura anatômica desta madeira, que não facilita a retirada da umidade. A maioria das deformações, dos empenamentos e rachaduras da madeira ocorrem durante o processo de secagem. Os produtos feitos com madeira seca estão livres da ocorrência desses defeitos.

Para JANKOWSKI (1995), a adequada secagem da madeira serrada, antes de sua transformação em bens e produtos, é reconhecidamente a fase mais importante de todo o processamento que visa agregar valor ao produto final. Para o autor, a madeira pode ser considerada adequadamente seca quando apresenta os seguintes atributos:

- livre de defeitos visíveis, tais como rachaduras, empenamentos, colapso e manchas;
- teor de umidade compatível com o uso pretendido;
- mínimo de variação no teor de umidade, tanto dentro de cada peça individualmente como entre todas as peças;
- livre de tensões de secagem.

A utilização da madeira de eucalipto não está isenta de dificuldades, uma vez que, além da anisotropia e heterogeneidade, esta madeira possui tensões internas de

crescimento, normalmente maiores em árvores jovens que tiveram crescimento muito rápido.

### 2.1.1. Tensões de crescimento

Segundo Wilkins, citado por DEL MENEZZI (1999), as tensões de crescimento são tensões mecânicas, geradas dentro de árvores vivas, que ocorrem nas direções tangencial, radial e longitudinal. Nesta última direção, as tensões apresentam a forma mais severa, com distribuição variando progressivamente de tração na periferia da árvore (casca), até a máxima compressão no centro (medula) (Figura 1).

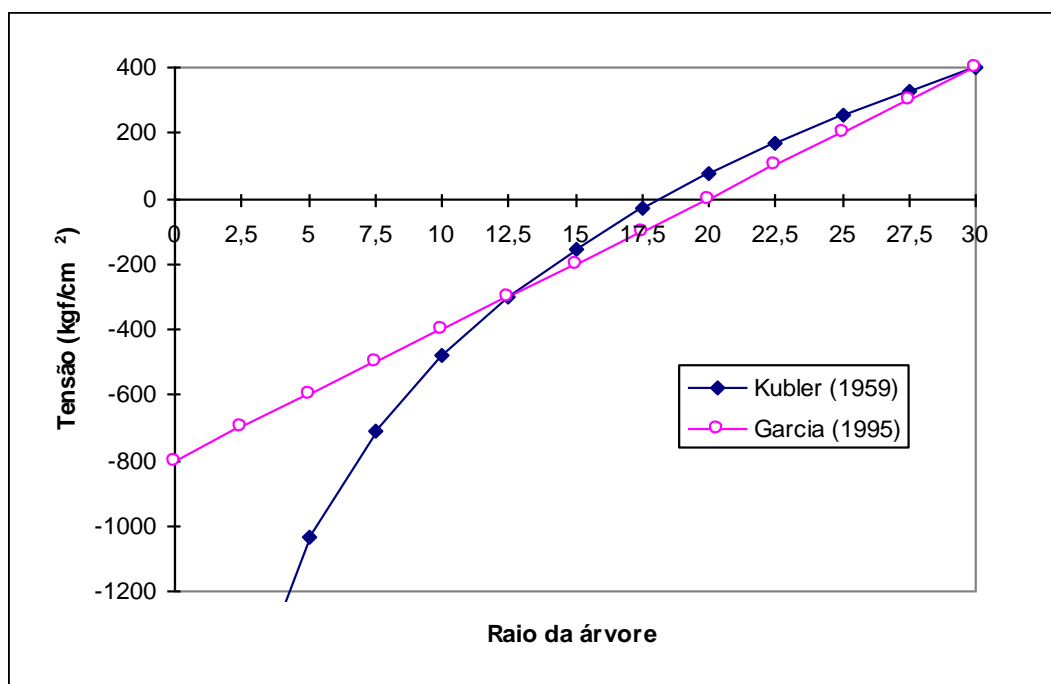


Figura 1. Curvas de distribuição de tensões de crescimento ao longo do raio de uma árvore de 60 cm de diâmetro, segundo os modelos de Kubler (1959) e Garcia (1995), citados por DEL MENEZZI (1999).

O papel principal dessas tensões é melhorar as condições de sustentação vertical da árvore durante a sua vida. As tensões de crescimento estão em equilíbrio enquanto a árvore está de pé, mas tão logo esta é cortada, ocorrem imediatamente deformações e rachaduras nos topos das toras, em função da modificação do estado



de equilíbrio que vigorava durante o crescimento. Sendo assim, a zona periférica da tora, sob tração, tende, após o corte, a encurtar, e a zona central, sob compressão, tende a se expandir e empurrar a face do corte para o exterior, causando as rachaduras de topo nas toras.

Segundo NICHOLSON (1973), esse fenômeno está presente em todos os gêneros de árvore, sendo o gênero *Eucalyptus* o exemplo mais notável de madeira comercial, em que os níveis de tensão podem ser tão altos que reduzem a produção de madeira serrada de três modos:

1. rachaduras de topo em toras, o que requer consideráveis operações de destopamento;
2. distorção das toras e tábuas no desdobro, que requerem resserra para obtenção de produtos comercializáveis;
3. cerne quebradiço (“brittle heart”), o que torna esta porção indisponível para fins em que se necessite de material resistente.

Apesar de as tensões de crescimento não serem exclusividade da madeira de eucalipto, ocorrendo em outras folhosas e mesmo em coníferas, com menos intensidade nestas últimas, é nas madeiras caracterizadas por excepcional ritmo de crescimento que atingem magnitudes mais elevadas, variando em função da espécie em questão, do diâmetro dos troncos, da taxa de crescimento e da idade. Existem técnicas paliativas para o controle dessas tensões, como: conectores anti-rachaduras do tipo placas dentadas inseridos nos topos dos troncos durante o período de secagem, a ser realizada à sombra; imersão em água fria por longos períodos de tempo; água quente por tempo variável. Todavia, as medidas mais efetivas na prevenção dessas tensões terão que estar relacionadas a uma mentalidade menos imediatista quanto à produção de tais matérias-primas. Um dos muitos argumentos contra esse imediatismo injustificado em relação à madeira de eucalipto pode vir do sistema de exploração de *Tectona grandis* (teca) na Indonésia. Nesse país, esta madeira, considerada uma das melhores do mundo, é explorada aos 80 anos de idade, de acordo com uma política governamental do setor. Varena, citado por OLIVEIRA (1997), afirma que dois anos antes do abate dessas árvores a casca é toda removida em torno

do tronco, próximo à base, a fim de provocar sua morte, secagem e conseqüente liberação das tensões de crescimento.

### 2.1.2. Colapso

Colapso são contrações anormais que podem ocorrer no processo da secagem de madeiras, que se desenvolvem por ocasião da perda de água livre. O colapso resulta, freqüentemente, em uma superfície grosseira, rugosa e desigual, podendo ainda causar o empenamento da madeira serrada. O colapso afeta substancialmente as propriedades de resistência da madeira, especialmente a tração perpendicular à grã, e também a resistência ao cisalhamento.

CAVALCANTE (1991) estudou a ocorrência de colapso em madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*. Uma de suas conclusões foi a de que a intensidade do colapso varia significativamente entre as duas espécies de *Eucalyptus* estudadas, assim como entre as árvores destas, sendo no entanto a madeira de *Eucalyptus saligna* mais propensa ao colapso que a de *Eucalyptus grandis*.

Na África do Sul, EDWARDS (1973) afirma que as tensões que aparecem na secagem são mais acentuadas nas madeiras de curta rotação, rápido crescimento e pequenas dimensões. Entretanto, não se pode generalizar quando à afirmação de que as plantações de florestas de rápido crescimento, crescendo em regiões tropicais, produzam madeira de qualidade inferior quando comparadas às madeiras provenientes de florestas naturais, principalmente quanto às contrações de secagem. Hock e Mariaux, citados por OLIVEIRA (1997), estudando a contração de amostras de madeira de rápido crescimento durante o processo de secagem, afirmam que na maioria dos casos pouca alteração é notada quanto a esta propriedade.

Infelizmente, o colapso é um dos sérios problemas que afetam a indústria da madeira, principalmente quanto à utilização de madeira de eucalipto. Além da facilidade de sofrer colapso, o eucalipto costuma apresentar elevadas tensões de crescimento, que fazem com que a madeira fendilhe. Por isso, é necessário muita atenção para se executar a tarefa de secagem de madeiras provenientes desse gênero.

De maneira geral, tais madeiras devem ser secas de forma lenta, evitando condições severas das variáveis que norteiam os rumos da secagem.

### 2.1.3. Densidade

A massa da madeira é composta de celulose, hemiceluloses, lignina, substâncias extrativas e água. Em uma peça de madeira, a massa da matéria sólida e dos extrativos permanece constante. Por outro lado, o teor de umidade pode oscilar entre grandes limites, o que além de causar mudança no peso da madeira, quando removido abaixo da umidade de saturação das fibras, provoca também redução nas suas dimensões. É necessário, portanto, padronizar o teor de umidade da madeira quando da determinação da densidade. Dependendo da condição de umidade da amostra, a densidade pode ser descrita de várias formas. Internacionalmente, é aceito o teor de umidade da madeira de 12% como média de equilíbrio, sendo bastante comum determinar a densidade a essa umidade. Para as condições brasileiras adota-se umidade igual a 15%. A segunda forma, também muito adotada, é a densidade básica, que é a relação entre a massa da madeira anidra e o seu volume saturado, ou seja, acima da umidade de saturação das fibras.

A variabilidade da densidade tem grande importância tecnológica e, por isso, sempre foi objeto de vários estudos. No trabalho de LIMA (1996) pode ser encontrado um sumário recente desses estudos com madeira do gênero *Eucalyptus*. Segundo

MOREIRA (1999), as variações da densidade de madeiras entre as diferentes espécies são devidas às diferenças na estrutura anatômica da madeira e na quantidade de substâncias extrativas presentes por unidade de volume. A estrutura da madeira é caracterizada pelo tamanho e pela quantidade proporcional de diferentes tipos de células, tais como fibras, traqueídeos, vasos, dutos de resina, raios da madeira, e pela espessura da parede celular. VITAL (1984) afirma que, para madeiras da mesma espécie, as variações de densidade provocadas por idade da árvore, genótipo, índice de sítio, clima, localização geográfica e tratos silviculturais são decorrentes de alterações nesses componentes estruturais e químicos. Os efeitos, em geral, são interativos e difíceis de serem avaliados isoladamente.

A densidade da madeira numa mesma árvore varia da medula para a casca e da base do tronco para a copa. As variações mais importantes são as que ocorrem no sentido medula-casca, associadas, às vezes, com outras no sentido da altura da árvore. Quando se estuda a variação no sentido medula-casca, podem freqüentemente ser encontradas pequenas reduções na densidade da madeira mais recentemente formada, isto é, nas camadas mais próximas à casca (LIMA, 1996). O cerne geralmente contém maior quantidade de substâncias extrativas que o alburno; isto explica porque a densidade do cerne em muitas espécies é maior que a do alburno. Para a densidade no sentido base-copa da árvore, não existe modelo de variação definido. FERREIRA (1972), trabalhando com *Eucalyptus grandis*, concluiu que ao nível do DAP (diâmetro à altura do peito) a densidade básica aumenta no sentido medula-casca. Esse autor concluiu também que em *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus alba*, a densidade básica cresce da base para a copa da árvore.

A densidade é uma das propriedades que mais fornecem informações sobre as características da madeira e, de acordo com Stewart e Polak, citados por OLIVEIRA (1997), quanto maior este índice, quase sempre maior é a retratibilidade, tornando-se a madeira mais difícil de se trabalhar. Segundo esses autores, o aumento da dificuldade de secagem está relacionado a valores mais altos de densidade. Por outro lado, conforme demonstrado por exemplo em CHIMELO (1980), há uma correlação positiva entre a densidade e as propriedades mecânicas da madeira. Além disso, a densidade, conforme afirmam Gerard et al. citados por OLIVEIRA (1997), é

correlacionada às características de trabalhabilidade (pior), durabilidade natural (maior) e impregnabilidade da madeira (menor), entre outras.

A qualidade da madeira sólida é, segundo Englerth, citado por OLIVEIRA (1997), quase sinônimo de sua densidade e, segundo KOLLMANN e CÔTÉ (1968), suas variações ocorrem em razão das diferenças na estrutura e da presença de extrativos.

Quanto à variação da densidade, principalmente em árvores de climas tropicais, nota-se uma ampla faixa de variação, desde valores próximos a 0,20g/cm<sup>3</sup> até extremos, que podem chegar a 1,20 g/cm<sup>3</sup>. Existem ainda variações entre árvores de uma mesma espécie, afetadas, principalmente, por fatores genéticos e ambientais (OLIVEIRA, 1997). Esse autor, trabalhando com sete espécies de eucalipto, encontrou os valores de densidade básica relacionados no Quadro 2.

Quadro 2. Valores médios de densidade básica, em g/cm<sup>3</sup>, da madeira de sete espécies de *Eucalyptus*, com aproximadamente 16 anos de idade

Espécie	Densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )
<i>E. citriodora</i>	0,73
<i>E. cloeziana</i>	0,72
<i>E. paniculata</i>	0,72
<i>E. tereticornis</i>	0,66
<i>E. pilularis</i>	0,60
<i>E. urophylla</i>	0,54
<i>E. grandis</i>	0,49

Fonte: OLIVEIRA, 1997.

Como característica tecnológica mais estudada e difundida, a densidade básica é de suma importância na interpretação das demais propriedades do material madeira, estando portanto associada também às mais variadas formas de utilização.

#### **2.1.4. Contração volumétrica**

As madeiras de todas as espécies sofrem alguma modificação em suas dimensões quando seu teor de umidade é alterado. Essas variações dimensionais ocorrem quando há flutuação na umidade da madeira abaixo da umidade de saturação das fibras, isto é, abaixo de 30%, teor de umidade normalmente observado na madeira em uso. A madeira incha e contrai diferencialmente segundo os sentidos de crescimento radial, tangencial e longitudinal, podendo acarretar defeitos durante a secagem e acondicionamento, tais como torções, rachaduras, empenos e abaulamentos. A contração volumétrica total é obtida quando a madeira verde é seca até 0% de umidade.

A contração varia em relação à posição na árvore. Na madeira juvenil, a contração é maior próximo à medula e diminui rapidamente no sentido medula-casca, durante a fase de crescimento juvenil (MOREIRA, 1999). Para esse autor, essa variação está relacionada com a redução do ângulo fibrilar na parede celular, com o aumento do comprimento da célula e o aumento do teor de celulose. Também afirma que, na madeira madura normal, tanto de coníferas como de folhosas, as contrações transversais e volumétricas estão diretamente relacionadas com a densidade, o comprimento das fibras, o ângulo microfibrilar das paredes celulares e o teor de extrativos presentes no cerne; entretanto, o cerne que contém maior teor de extrativos contrai menos que o alburno. Conforme PANSIN e DE ZEEUW (1980), a redução da contração ocorre quando moléculas pequenas de extrativos penetram nos espaços internos na parede celular e ocupam os sítios até então disponíveis para adsorção de água.

As contrações variam com as espécies e com a orientação das fibras, sendo normalmente expressa como a porcentagem da dimensão verde da madeira. Essa redução de tamanho na direção tangencial aos anéis de crescimento é chamada contração tangencial. Tal redução, quando ocorre paralelamente aos raios da madeira, ou radialmente, é chamada contração radial. A contração tangencial é aproximadamente o dobro ou maior do que a contração radial, como é o caso das

madeiras de eucaliptos plantados em nosso país. A contração longitudinal da madeira é geralmente pequena, de 0,1 a 0,2% da dimensão verde. Se madeira de reação e madeira juvenil estiverem presentes na peça, a contração longitudinal poderá aumentar apreciavelmente.

As diferenças nas contrações radiais e tangenciais resultam em distorções da seção transversal das peças serradas. Tais distorções são denominadas empenamentos. Os empenamentos podem ser do tipo abaulamento, arqueamento, selamento e torcimento. Os empenamentos, conforme BRASIL (1985), podem ser evitados alinhando-se e nivelando-se as bases de pilhas de secagem, secando a madeira com espessura uniforme e instalando cobertura no topo da pilha.

O coeficiente de anisotropia, que é a relação entre as contrações tangencial e radial, é um parâmetro de avaliação da qualidade da madeira que considera sua variação dimensional. Este coeficiente compõe-se das seguintes escalas: < 1,5 – madeira muito estável; 1,6 até 2,0 – média a baixa anisotropia; 2,0 até 2,5 – média a alta anisotropia; > 2,6 – madeira muito instável (TOMASELLI e KLITSKE, 2001). A madeira de eucalipto, de modo geral, está classificada nas últimas duas faixas deste coeficiente, requerendo por isso cuidados especiais no seu manuseio, desde a colheita até seu beneficiamento e uso final.

A madeira proveniente de árvores do gênero *Eucalyptus*, na Austrália, seu país de origem, que cresceram rapidamente, possui contração excessiva e apresenta defeitos de secagem, como empenamentos e fendilhamentos, que tendem a ser piores em madeiras de menor densidade (abaixo de 0,65 g/cm<sup>3</sup>) (HILLIS e BROW, 1988). A contração volumétrica de madeiras das espécies mais importantes de eucalipto no Brasil atinge valores entre 13,2 e 35,7% (BROTERO, 1956).

## **2.2. Aspectos mercadológicos**

MENEZES (1998) e SENAI/CETEMO (1998) discorrem sobre a necessidade de criação de normas específicas para madeiras de eucalipto, de preferência adaptadas aos padrões internacionais, que disciplinem o mercado,

permitindo a obtenção de melhores preços por produtos de maior qualidade, o que, por sua vez, incentivaria a implantação de florestas adequadamente manejadas.

Do ponto de vista ecológico, MENEZES (1998) sugere a criação de um “selo verde”, enfatizando que se trata de madeira não nativa e, na maioria dos casos, que não requer nenhum produto químico preservativo.

Devido à pouca existência de madeira maciça no mercado mundial, é recomendável fazer um trabalho conjunto pelos países produtores no sentido de se obter melhor penetração, preocupando-se especialmente com nichos de mercado já existentes, que assegurem demanda permanente.

MARQUES (1998) cita como direcionadores de preços e consumo, para toras de eucalipto, os seguintes itens: espécie, defeitos, dimensões, estabilidade do produto final e disponibilidade de matéria-prima. Quanto às características desejáveis do produto, identifica: massa específica aparente, resistência mecânica, trabalhabilidade, estabilidade dimensional e aparência.

Para madeira serrada, o mesmo autor indica dois grupos de características: 1) características da árvore – com impacto direto na produtividade da unidade industrial: diâmetro, retidão, circularidade, ausência de nós e tensões internas de crescimento. 2) propriedades físicas e mecânicas – com impacto na qualidade do produto final a ser produzido: resistência mecânica, massa específica aparente, estabilidade dimensional.

Em se tratando de suprimento e demanda, o autor identifica a seguinte situação:

- há mercado suficiente, com potencial de crescimento;
- o suprimento de madeira das florestas tradicionais está se tornando escasso;
- a diferença entre o suprimento e a demanda irá crescer substancialmente nos próximos anos;
- novas tecnologias e processos industriais criaram condições de competitividade para as florestas sustentáveis e de crescimento rápido;



- uma margem de produtos (desde madeira serrada e produtos remanufaturados até painéis), podem ser competitivamente manufaturados com clones específicos de eucalipto.

Conforme SIMULA e TISSARI (1998), o eucalipto pode dar força nova às exportações brasileiras de móveis de madeira sólida. A indústria de móveis local baseada no pinus está com insuficiente provisão de matérias-primas e com linha de produção limitada. A popularidade dos móveis de madeira sólida – preferencialmente baseada em madeiras de plantações certificadas – é uma moda nova com provável continuidade nos mercados europeus. O eucalipto, se corretamente utilizado no Brasil, tem potencial para atender esse mercado.

O Brasil ocupa o segundo lugar como fornecedor de móveis de madeira para o mercado norte-americano. Comercializou em móveis para os Estados Unidos o valor de US\$ 91,7 milhões no ano 2000, o que corresponde a 1,0% nas importações daquele país. Exportou principalmente móveis para dormitórios e escritórios. As exportações brasileiras de móveis têm subido acentuadamente nos últimos anos, de US\$ 40 milhões em 1990 para US\$ 488,8 milhões no ano 2000 (SIMULA e TISSARI, 1998; MINISTÉRIO ..., 2001; ABIMÓVEL, 2001).

### **2.3. A indústria moveleira**

A indústria brasileira de móveis é formada basicamente por micro, pequenas e médias empresas, localizadas principalmente no centro-sul do país, em pólos moveleiros como: Ubá, em Minas Gerais; Linhares, no Espírito Santo; Bento Gonçalves, no Rio Grande do Sul; São Bento do Sul, em Santa Catarina; Araçatuba, no Paraná; Mirassol, Votuporanga e São Paulo, no Estado de São Paulo. Essa indústria emprega em torno de 300.000 trabalhadores diretamente na produção, e gerou uma receita de R\$ 8,8 bilhões no ano 2000 (LIMA, 1998; ABIMÓVEL,

2001). Caracteriza-se pelo elevado número de micro e pequenas empresas, com grande absorção de mão-de-obra.

Com o incremento das exportações nos últimos anos, essa indústria desenvolveu consideravelmente sua capacidade de produção e passou por uma maior especialização na qualidade dos seus produtos, fruto do investimento na importação de máquinas e equipamentos de alta tecnologia.

Segundo a ABIMÓVEL (2001), no ano 2000 os principais estados brasileiros exportadores de móveis foram:

Santa Catarina	-	US\$ 223.615.562	-	45,75%
Rio Grande do Sul	-	US\$ 158.650.876	-	32,46%
Paraná	-	US\$ 46.024.812	-	9,42%
São Paulo	-	US\$ 43.248.293	-	8,85%
Minas Gerais	-	US\$ 9.352.625	-	1,91%
Pará	-	US\$ 2.831.605	-	0,58%
Rio de Janeiro	-	US\$ 1.092.232	-	0,22%
Ceará	-	US\$ 1.066.843	-	0,22%
Espírito Santo	-	US\$ 688.801	-	0,14%
Distrito Federal	-	US\$.. 601.513	-	0,12%
Amazonas	-	US\$ 510.709	-	0,10%
Outros	-	US\$ 1.144.438	-	0,23%
Total	-	US\$ 488.828.309	-	100,00%

Apenas por esses dados pode-se verificar a importância do setor moveleiro no cenário econômico do Brasil, como fator de desenvolvimento na geração de receitas e postos de trabalho.

O consumo de madeira de reflorestamento pela indústria moveleira é representado em sua maior parte pelo gênero *Pinus* (SENAI/CETEMO, 1998). Madeiras desse gênero são utilizadas em móveis de madeira maciça, compensados, chapas aglomeradas e painéis colados, em produção seriada ou sob medida. Existe, portanto, toda uma estrutura de mercado organizada e plenamente funcional.

Madeiras de eucalipto não têm alcançado a mesma expressão, por restrições da madeira ou pela oferta de toras e, conseqüentemente, de madeira serrada de qualidade ainda incipiente (SENAI/CETEMO, 1998).

A restrição à utilização da madeira serrada de eucalipto no Brasil se deve à falta de informação existente, uma vez que as entidades ligadas a pesquisa não têm repassado de forma efetiva os dados obtidos nas recentes descobertas, deixando a maioria das serrarias carentes no uso de tecnologias adequadas ao preparo da matéria-prima (MENEZES, 1998). Segundo esse autor, nem os fabricantes de móveis que desejam utilizar o eucalipto na sua linha de produção recebem apoio dos fornecedores ou dos consumidores, que ainda preferem móveis confeccionados com madeiras tradicionais, como mogno, cerejeira, óleo-bálsamo, sucupira, etc.