

**DENSIDADE BASICA E CARACTERISTICAS DAS FIBRAS DA  
MADEIRA DE *Eucalyptus grandis* HILL ex MAIDEN AOS 3 ANOS DE IDADE**

*Maria Aparecida Mourão Brasil*

ENGENHEIRO-AGRÔNOMO, MESTRE

Professora Assistente de Silvicultura  
Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu

*Prof. Dr. Helládio do Amaral Mello*

— Orientador —

Tese apresentada à Escola Superior de  
Agricultura «Luiz de Queiroz», da Univer-  
sidade de São Paulo, para obtenção do  
título de Doutor

PIRACICABA  
Estado de São Paulo - Brasil  
1976

À "VÓ" Noemia

À minha mãe

Ao meu irmão,

Gratidão



*Ao*

*Wado*

## C O N T E Ú D O

1 - INTRODUÇÃO .....	1
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	3
2.1 - VARIAÇÃO DA DENSIDADE BÁSICA DA <u>MA</u> <u>DEIRA</u> .....	3
2.2 - VARIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS ANATÔ <u>MICAS DA MADEIRA</u> .....	11
3 - MATERIAL E MÉTODOS .....	18
3.1 - MATERIAL .....	18
3.2 - MÉTODOS .....	19
3.2.1 - Determinação da densidade básica da madeira .....	20
3.2.1.1 - Nas secções trans versais das árvores .....	20
3.2.1.2 - Nas subdivisões da secção transversal do DAP .....	22
3.2.2 - Determinação das caracterís ticas das fibras da madeira .....	23
3.2.3 - Procedimento estatístico .....	24

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	27
4.1 - DENSIDADE BÁSICA AO NÍVEL DO DAP NAS REGIÕES DE ITUPEVA E MOGI GUA ÇU - SP .....	27
4.2 - DENSIDADE BÁSICA MÉDIA DA ÁRVORE EM RELAÇÃO A DENSIDADE BÁSICA NO DAP .....	31
4.3 - RELAÇÕES ENTRE A DENSIDADE BÁSI CA E AS CLASSES DIAMETRAIS AO NÍ VEL DO DAP .....	35
4.4 - VARIAÇÃO DA DENSIDADE BÁSICA EM FUNÇÃO DO TIPO DE AMOSTRAGEM UTI LIZADA .....	38
4.5 - VARIAÇÃO DA DENSIDADE BÁSICA NAS TRÊS POSIÇÕES CONSIDERADAS .....	42
4.6 - VARIAÇÃO DO COMPRIMENTO DE FI BRAS NAS TRÊS POSIÇÕES CONSIDERA DAS .....	49
4.7 - VARIAÇÃO DO DIÂMETRO E DO LUMEM DAS FIBRAS NAS TRÊS POSIÇÕES CON SIDERADAS .....	59
4.8 - VARIAÇÃO DA ESPESSURA DA PAREDE DAS FIBRAS NAS TRÊS POSIÇÕES CON SIDERADAS .....	71
4.9 - RELAÇÕES ENTRE DENSIDADE BÁSICA E CARACTERÍSTICAS DAS FIBRAS .....	78



4.10 - NÚMERO DE FIBRAS REQUERIDAS PARA ESTIMATIVAS DE MÉDIAS .....	82
5 - RESUMO E CONCLUSÕES .....	98
6 - SUMMARY .....	103
7 - BIBLIOGRAFIA .....	108
8 - AGRADECIMENTOS .....	125

## 1 - INTRODUÇÃO

O plantio de espécies de *Eucalyptus* tem influído decisivamente no desenvolvimento florestal brasileiro. Esse gênero é utilizado em rotações curtas por diversas indústrias florestais brasileiras, como principal ou única fonte de matéria prima.

A qualidade da madeira desses povoamentos jovens, explorados em fase de formação de madeira juvenil, é comprovadamente diferente daquela apresentada pela adulta. Esse tipo de madeira quando processado pelas indústrias pode acarretar certas características indesejáveis no produto final.

Os fatores genéticos e ambientais apresentam reflexos diretos na qualidade da madeira produzida. As propriedades da madeira juvenil desenvolvida em condições de altas taxas de crescimento, são diferentes daquelas formadas em condições de crescimento mais lento. A escolha de árvores matrizes pela qualidade da madeira depois da seleção inicial pelo rendimento volumétrico é preconizada por *ZOBEL (1971)* devido aos altos valores de herdabilidade encontrados. A relação entre os caracteres juvenis e sua permanência na madeira adulta poderá ajudar na realização de seleções prévias em menor espaço de tempo.

É portanto de especial interesse o conhecimento de índices que caracterizem a qualidade da madeira. Dentre esses, a densidade básica, definida pela relação entre o



peso seco da madeira e o seu volume obtido no ponto de saturação das fibras, é a mais difundida por suas relações com as propriedades mecânicas. Outros índices ligados à estrutura anatômica das espécies têm sido propostos como o comprimento, o diâmetro, o lúmen e a espessura das paredes das fibras, pois estão associados às propriedades tecnológicas.

O presente trabalho teve por objetivo procurar estudar os principais fatores que influenciam nos índices de qualidade do *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden aos 3 anos de idade, como também procurar relações matemáticas entre os mesmos. Para tanto, na madeira obtida de povoamentos jovens em duas regiões do Estado de São Paulo, tentou-se encontrar as variações e as relações existentes entre a densidade básica, o comprimento, o diâmetro, o lúmen e a espessura das paredes das fibras. Naqueles povoamentos, foram determinados os incrementos médios anuais de diâmetro, os quais permitiram associar as variações ocorridas com os respectivos anos de crescimento. Procurou-se também introduzir uma técnica de cálculo das diferenças mínimas significativas para estabelecimento do número de árvores necessárias à determinação dessas variáveis. O trabalho foi desenvolvido em plantações de *E. grandis* Hill ex Maiden, por ser uma das espécies mais utilizadas nas atividades de reflorestamento com crescimento que MELLO *et alii* (1972) mostraram ser, aos 7 anos de idade, superior ao de outras espécies e o de mais baixo custo por estêreo de madeira produzido.

## 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 - VARIAÇÃO DA DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA

A densidade básica da madeira tem sido um índice de qualidade consagrado pelos pesquisadores e melhoristas florestais. O desenvolvimento alcançado pela genética florestal coadjuvado pelos ganhos obtidos no rendimento volumétrico, foram as primeiras etapas de um programa onde se procurou melhorar a qualidade da madeira. Dentre os padrões de qualidade de madeira procurados, a densidade básica foi o que mais se sobressaiu por ser o de mais fácil manuseio e de comprovada alta herdabilidade.

Muitos foram os trabalhos que procuraram determinar o ponto ideal de obtenção de amostras na árvore para determinação da densidade básica. A maioria deles, após sugestão de NYLINDER (1965), indicaram o DAP (diâmetro à altura do peito, obtido a 1,30 m do solo) como padrão, por ser um índice mundialmente utilizado em Ciência Florestal. Nesses trabalhos, através de equações matemáticas procurava-se correlacionar, para cada espécie em diferentes condições ambientais, a densidade média obtida ao DAP com a densidade básica média da árvores.

Em coníferas essas relações são bastante frequentes, enquanto nas folhosas não têm sido muito empregadas. Para o gênero *Eucalyptus*, do qual algumas espécies foram amplamente difundidas no Brasil, destacam-se os trabalhos de FERREIRA (1968) com o *Eucalyptus alba* e *E. saligna* aos 5 e 7



anos de idade, FERREIRA (1970) com *E. grandis* e BRASIL (1972) com *E. propinqua* aos 5 anos de idade em dois locais do Estado de São Paulo. As equações obtidas pelos citados autores foram:

$$\begin{aligned} Y &= 0,057106 + 0,908740 X && E. \textit{alba} \\ Y &= 0,119291 + 0,788530 X && E. \textit{saligna} \\ Y &= 0,1468 + 0,7714 X \text{ (r=0,98)} && E. \textit{grandis} \\ Y &= 0,0543 + 0,9177 X \text{ (r=0,95)} && E. \textit{propinqua} \end{aligned}$$

onde:

$$\begin{aligned} Y &= \text{densidade básica da árvore em g/cm}^3 \\ X &= \text{densidade básica média ao nível do DAP em g/cm}^3 \\ r &= \text{coeficiente de correlação linear simples} \end{aligned}$$

As equações resultantes foram semelhantes para essas espécies de eucaliptos provenientes de diferentes condições ambientais, fato esse também constatado por WAHLGREN e SCHUMANN (1972) nas coníferas com *Pinus taeda*, *P. elliotii*, *P. palustris* e *P. echinata*, numa vasta área de distribuição no sudeste dos EUA.

Os trabalhos mais recentes também procuraram demonstrar que a densidade básica da madeira deve ser considerada após a retirada dos extrativos, pois esses, quando presentes em grandes quantidades, podem levar a resultados por vezes contraditórios. Foram apresentadas equações da densidade básica média da árvore em função da densidade básica ao DAP antes e após extração em solução de álcool e benzeno, ge



ralmente na proporção 1:2 em volume.

Em coníferas, destacaram-se os trabalhos de TARAS e SAUCIER (1968) com *Pinus glabra*, CLARK III e WAHLGREN (1970) com *P. virginiana* e WAHLGREN e SCHUMANN (1972) com *P. taeda*, *P. elliottii*, *P. echinata* e *P. palustris*, que apresentavam as relações entre a densidade ao nível do DAP e da árvore após retirada de extrativos.

Nas folhosas, THORBJORNSEN (1961) verificou em *Liriodendron tulipifera* as diferenças existentes entre as densidades básicas obtidas antes e após extração com álcool benzeno. Os valores mais baixos obtidos após extração foram atribuídos, pelo citado autor, à presença de outros compostos orgânicos diferentes da celulose e hemicelulose e que também afetam a determinação da densidade.

DILLNER et alii (1971) procuraram mostrar a importância da determinação da porcentagem de celulose juntamente com a densidade básica da madeira em *E. globulus*. O principal objetivo dos autores era o de procurar, na seleção de matrizes, árvores com bom ritmo de crescimento, alta densidade e elevado teor de celulose. NELSON e HEATHER (1972) também ressaltaram a importância da obtenção da densidade após extração em *E. grandis*.

As diferentes concentrações de extrativos, celulose e hemicelulose encontradas numa mesma espécie são devidas às variações ambientais e genotípicas. Diversos trabalhos, dentre eles os de BENSON (1963), SMITH (1968), PRONIN e LASSEN (1970), SMITH et alii (1971) e HUGHES (1971) alertaram sobre a influência dos diversos fatores ambientais na den

sidade básica da madeira. Embora essas diferenças apareçam, elas são frequentemente mascaradas pela variação genotípica dentro de uma mesma espécie, segundo *HUGHES (1971)*. Essa variação genotípica é devida principalmente às amplas áreas de distribuição da maioria das essências florestais, com diversos ecotipos. Num mesmo indivíduo, a densidade básica varia no sentido longitudinal e radial, o que reflete a influência da idade da árvores, conforme *FIELDING (1967)*. Segundo o citado autor o efeito da idade sobre a madeira que está sendo produzida é complexo, pois as mudanças com respeito à altura, distância da medula e anéis anuais associam-se àquelas ligadas a diferentes condições de crescimento refletidas nas variações da taxa de acréscimo anual.

A densidade básica da madeira de coníferas, no geral, decresce com a altura, segundo *SPURR e HSIUNG (1954)*. Nas folhosas, a variação não é tão específica, pois em função de sua formação anatômica pode-se distinguir dois grandes grupos de estrutura. Divididas por *BROWN et alii (1949)*, essas espécies podem apresentar poros dispostos em anéis concêntricos ou poros difusos no parênquima.

De acordo com *PECHMANN (1958)*, dentre as folhosas com poros em anéis concêntricos temos os gêneros *Quercus*, *Fraxinus* e *Fagus*. Neles a densidade decresce com a altura, segundo os trabalhos de *BURGER (1940)*, *BIELCZYK (1956)* e *GOHRE e GOTZE (1956)*.

Nas folhosas com poros difusos, está incluído o gênero *Eucalyptus* com variações entre as suas várias espécies. *DADSWELL (1931)* com *E. sideroxyllum* e *SUSMEL (1953)*,



1954) com *E. camaldulensis*, concluíram que a densidade diminui em função da altura. CURRO (1957a, 1957b) em *E. camaldulensis* Dehn, FERREIRINHA (1961) com base nos trabalhos de Currô (1958) e de Carvalho (1960) em *E. globulus*, FERREIRA (1968, 1970) com *E. alba*, *E. saligna* e *E. grandis* evidenciaram que a densidade cresce linearmente com a altura das árvores. BRASIL (1972) trabalhando com *E. propinqua* concluiu que a densidade cresce até um ponto de máximo próximo ao meio da altura da árvore quando começa a decrescer em direção à copa.

Nas coníferas a densidade aumenta da medula para a casca no sentido radial, segundo FIELDING (1967). O valor inicial mais baixo para a densidade na região da medula é devido à formação de madeira juvenil com baixa porcentagem de lenho tardio em seus anéis anuais, segundo JANE (1956). Após o início da formação de madeira adulta a densidade tende a tornar-se aproximadamente constante em função do ritmo de crescimento que diminui, conforme FIELDING (1967). Se nesse ponto ocorre um decréscimo na taxa de crescimento com prejuízo de formação de lenho tardio, a densidade básica do anel diminui. Tal fato decorreria somente de condições de competição hídrica, segundo SMITH (1968). Ainda, se a diminuição de crescimento prejudicar a formação de lenho inicial com competição por luz e nutrientes, a densidade média do anel pode não variar.

EVERT (1971), citando trabalhos de Turnbull e Du Plessis (1946), Turnbull (1947), Spurr e Hsiung (1954), Larson (1957), Jayme (1958), Echolls (1959), Fielding e Brown (1960) e Nicholls (1965), ressaltou que a densidade tem pequena ou nenhuma relação com a espessura do anel em conife

ras. *BENSON* (1963) assinalou em folhosas com poros dispostos em anéis concêntricos, a tendência da densidade decrescer no sentido radial da medula para a casca, mas o fenômeno parece não ser típico para aquelas dotadas de porosidade difusa. *BRASIL e FERREIRA* (1972) encontraram um acréscimo da densidade básica no sentido medula-casca em árvores de *E. grandis*. *CHALK* (1953) e *BENSON* (1963) constataram que essa relação no sentido radial pode ser altamente influenciada por diferentes condições ambientais.

A grande variação encontrada na densidade, por *KENNEDY* (1968), dentro do gênero *Populus* foi atribuída a fatores ambientais e genéticos. O autor procurou indicar a grande importância do efeito do ritmo de crescimento na densidade da madeira. *BENSON* (1956) mostrou que com uma densidade de  $0,40 \text{ g/cm}^3$ ,  $3,62 \text{ m}^3$  de madeira de *Populus* seriam necessárias em média para produzir uma tonelada de matéria seca, enquanto  $4,82 \text{ m}^3$  deveriam ser tomados para produção do equivalente em matéria seca com densidade igual a  $0,30 \text{ g/cm}^3$ .

Ainda no gênero *Populus*, uma folhosa de poros difusos tal como os *Eucalyptus*, o efeito da taxa de crescimento na densidade é controvertida. *BENSON* (1956, 1963) para 360 árvores do gênero, encontrou uma correlação linear negativa entre aquelas variáveis.

As relações entre o efeito de clones, taxa de crescimento e densidade foi determinado por *CECH et alii* (1960) em *Populus trichocarpa* de 1 ano de idade. Nessas árvores o efeito da taxa de crescimento na densidade foi tão evidente quanto o efeito de clones. Não se pôde prever, en



tretanto, se o efeito persistiria nas árvores mais velhas.

WEGELIN (1953), JAYME e WARDERS-STEINHAUSER (1954), GRIFFIOEN (1958), KENNEDY e SMITH (1959) e SACRE (1963) concluíram que a alta taxa de crescimento está associada à baixa densidade em *Populus*. JOHNSON (1942), BOYCE e KAEISER (1964), WALTERS e BRUCKMANN (1965) e FARMER e WILCOX (1966) não encontraram nenhum tipo de correlação.

Em *Platanus occidentalis* a densidade correlacionou-se diretamente com a taxa de crescimento segundo SAUCIER & IKE (1972) enquanto para *Populus tremuloides*, EINSPAHR *et alii* (1972) relataram um ligeiro decréscimo da densidade com a taxa de crescimento, que no cômputo final em matéria seca foi compensada pelo acréscimo volumétrico. Resultados algumas vezes conflitantes, têm sido atribuídos por KENNEDY e SMITH (1959) a confusões entre efeitos genéticos e ambientais. No gênero *Populus*, os citados autores verificaram que clones com a mesma taxa de crescimento apresentavam densidades diversas, concluindo que só o crescimento não podia prever a densidade. HUGHES e ESAN (1969) não obtiveram nenhuma indicação da influência da taxa de crescimento na densidade da madeira de *Gmelina arborea*.

Nos trabalhos realizados por VALENTINE (1962) e BROWN e VALENTINE (1963), em 23 áreas de distribuição de *Populus spp* houve diferença significativa entre locais e um baixo valor para o coeficiente de correlação dentro das classes de densidade, indicando alta variação dentro de locais e entre classes. Disso decorre uma forte influência ambiental na densidade da madeira. Essas conclusões para o mesmo gêne

ro foram também apontadas por BUIJTENEN *et alii* (1959):

THORBJORNSEN (1961) não encontrou variações significativas na densidade de *Liriodendron tulipifera* entre 10 regiões dos EUA, resultados, segundo o mesmo autor, diversos dos obtidos por Barefoot (1958) onde a densidade decresce com o aumento do "site index".

Ainda dentre o grupo das folhosas, KELLISON e ZOBEL (1971), com *Liquidambar styraciflua*, *Platanus occidentalis*, *Fraxinus pennsylvanica*, *Acer rubrum*, *Quercus phellos* e *Q. nigra*, encontraram diferenças entre regiões, com valores de densidade mais altos para os locais mais áridos. Os mesmos autores comprovaram, também, altas diferenças entre e dentre as espécies, assinalando influências tanto genética como ambientais.

BRASIL (1972) verificou diferenças altamente significativas na densidade básica do *Eucalyptus propinqua* aos 5 anos de idade em dois locais do Estado de São Paulo. Na região onde o ritmo de crescimento foi menor, os valores de densidade básica foram superiores. A variação individual foi bastante alta para a espécie. Resultados similares haviam sido relatados por BRASIL e FERREIRA (1971) para *E. alba*, *E. saligna* e *E. grandis*.

GREISS (1938) concluiu que a maior densidade ocorreu em condições de solo úmido para *Eucalyptus* spp. Para o *Eucalyptus camaldulensis* Dehn, SUSMEL (1952, 1953, 1954) relatou que a madeira mais densa ocorreu nos solos menos férteis sendo as diferenças em densidade entre árvores de crescimento lento e rápido, maiores nos solos mais férteis.



## 2.2 - VARIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS DA MADEIRA

RA

Os anatomistas de madeira consideram a variação dos elementos estruturais de três formas distintas: as diferenças entre espécies, gêneros e famílias; as variações observadas entre indivíduos da mesma espécie, e as variações no sentido tangencial, radial e transversal da árvore. As dimensões, proporções e arranjo dos vários tipos de células formam um modelo estrutural característico para cada espécie. HUGHES (1968) afirmou que dentro de uma mesma espécie, há frequentemente grandes variações entre árvores devido a influências genéticas e ambientais. Acrescentou ainda que a avaliação e conhecimento desses modelos estruturais da espécie envolvem determinações da proporção e arranjo dos vários tipos de tecidos e das dimensões das células (comprimento, diâmetro, e espessura das paredes). Este mesmo autor ressaltou ainda que para as espécies onde não se pode reconhecer anéis anuais, como em *Eucalyptus grandis* e *E. deglupta*, a variação entre médias dos comprimentos de fibras, representando vários anos de crescimento, é muito pequena. Resultados semelhantes, com *E. saligna* aos 5 e 7 anos e *E. alba* aos 3; 5 e 7 anos foram obtidos para comprimento das fibras por FERREIRA *et alii* (1968).

Para as coníferas que evidenciam anéis, numerosos estudos têm sido realizados. STRICKLAND e GODDARD (1966) citando trabalhos de Sanio (1872), Zobel (1961), Goggans (1961, 1962) e Dinwoodie (1963) resumiram no Quadro 1 as conclusões relativas ao comprimento dos traqueídeos das coníferas, existentes até a época.

QUADRO 1 - Conclusões relativas à variação do comprimento dos traqueidos de coníferas verificadas por STRICKLAND e GODDARD (1966).

Referências	Espécies	Conclusões*				
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Dadswell et alii, 1961	<i>Pinus radiata</i>				x	x
Dinwoodie, 1963	<i>Picea sitchensis</i>	x		x		
Echols, 1958	<i>Pinus sylvestris</i>			x	x	
Einsphar et alii, 1964	<i>P. elliotii</i>					x
Goggans, 1962	<i>P. taeda</i>				x	x
Hata, 1949	<i>P. densiflora</i>	x			x	
Jackson e Green, 1958	<i>P. elliotii</i> e <i>P. taeda</i>		x			
Jackson e Strickland, 1962	<i>P. taeda</i>			x		
Kramer, 1957	<i>P. taeda</i>	x	x		x	
Kribs, 1928	<i>P. banksiana</i>	x				
Mc Elwee e Zobel, 1962	<i>P. serotina</i>		x	x		
Nichols et alii, 1964	<i>P. radiata</i>				x	x
Smith, 1959	<i>Araucaria cunninghamii</i>	x				
Thor, 1964	<i>P. strobus</i>	x	x	x		
Thor, 1965	<i>P. virginiana</i>	x	x	x		
Zobel et alii, 1960	<i>P. taeda</i>	x	x			
Zobel et alii, 1962	<i>P. elliotii</i>					x

\* CONCLUSÕES

- (1) O comprimento do traqueido dentro da árvore varia segundo as leis de Sanio. As leis de Sanio (1872) estabeleceram que os traqueidos aumentam em tamanho da medula para a periferia através de um número de anéis onde se torna constante. Também, o comprimento das células adultas cresce da base para o topo até um valor máximo, quando decrescem em direção a copa.
- (2) Dentro das espécies existe diferença estatística no comprimento dos traqueidos entre árvores.
- (3) Dentro das espécies, há diferença estatística no comprimento médio dos traqueidos das árvores de diferentes regiões geográficas.
- (4) Fatores ambientais, taxa de crescimento ou densidade exercem pequena influência no comprimento dos traqueidos.
- (5) Estimativas da herdabilidade para o comprimento dos traqueidos são relativamente altas.



Outros estudos continuaram a ser realizados com coníferas. McMILLIN (1968) verificou traqueidos maiores associadas à distância da medula e à madeira adulta de mais baixa densidade em *Pinus taeda*. Em coníferas são comuns trabalhos que procuram mostrar a importância das condições de crescimento, dos anéis de crescimento e da proporção dos lenhos inicial e tardio nas características anatômicas. Mas só com o desenvolvimento tecnológico, possibilitando o emprego de folhosas nos diversos campos da indústria florestal, é que surgiram os primeiros trabalhos científicos dessas espécies. HUGHES (1968) relatou para as folhosas que além do comprimento das fibras, considerado como fator crítico limitante para certas finalidades, o diâmetro e a espessura das paredes celulares são tão ou mais importantes que aquele fator. Outra questão de grande importância prática, para o mesmo autor, é até que ponto as condições que induzem altas taxas de crescimento, poderiam influenciar a espessura dos anéis anuais e talvez reduzir apreciavelmente as características das fibras como comprimento, diâmetro e espessura das paredes.

A variação no comprimento das fibras associada com a espessura do anel foi na maioria das vezes menor do que aquela relativa à idade, e também menor que a variação dentro da própria árvore, segundo HATA (1949), KENNEDY e WILSON (1954), SPURR e HYVARINEN (1954) e DINWOODIE (1963). FIELDING (1967) acrescentou que essa variação tem sido maior em coníferas do que em folhosas.

McMILLIN (1968) afirmou que a espessura das paredes dos traqueidos do lenho tardio de *Pinus taeda* aumen

tou no sentido medula-casca mas nenhuma relação foi encontrada para o lenho inicial. O citado autor relacionou um decréscimo no diâmetro do lúmen do lenho tardio com o aumento do número de anéis por polegada e, aumento no diâmetro do lúmen do lenho inicial a medida que se afastava da medula.

Em *Pinus taeda*, HILLER e BROWN (1967) verificaram que as condições de umidade do solo afetaram diretamente a espessura do anel anual e dos traqueidos. Em todos os níveis amostrados pelos autores, os anéis formados em condições de deficit de água no solo, foram 20 a 30% mais estreitos. Chalk (1930) citado por KENNEDY (1961), encontrou em *Pseudotsuga menziesii* formação de lenho tardio correlacionada à quantidade de água disponível no solo. A formação do lenho tardio naquela espécie estava ligada mais com a paralisação da formação de lenho inicial do que com longas estações de crescimento. Os dados obtidos pelo autor indicaram que pouca precipitação, altas temperaturas e longos períodos de insolação, induziram elevadas proporções de lenho tardio.

HAMILTON e HARRIS (1965) estudando *Pinus elliottii* e *P. taeda* em dois locais, notaram que o *P. taeda* foi mais sensível às variações ambientais. Atribuíram este fato à possibilidade do efeito geográfico ou à absorção diferencial e eficiência de utilização dos nutrientes entre os diferentes clones. Hatcher (1963) citado por HAMILTON e HARRIS (1965) verificou aquela última hipótese em plântulas de *P. elliottii*. Ainda pesquisando a influência da densidade e das dimensões dos traqueidos em clones de *P. elliottii* e *P. taeda* concluíram que, de uma maneira geral, a menor densidade, os diâmetros maiores e as menores espessuras das pa



redes das fibras, foram produzidas nos locais de mais alta taxa de crescimento. Resultados semelhantes foram obtidos por MELL (1910), BENSON (1930), KIENHOLZ (1931), WILDE *et alii* (1951), WELLWOOD (1952) e JAYME (1958) que encontraram densidade mais alta em locais secos e pouco férteis. BRASIL e FERREIRA (1971) e BRASIL (1972) encontraram menor densidade em espécies de *Eucalyptus* associada a locais de maior crescimento em altura e diâmetro.

DINWOODIE e RICHARDSON (1961) em árvores jovens de *Picea* demonstraram a existência de uma correlação positiva entre comprimento dos traqueidos e taxa de crescimento avaliada por acréscimo em altura. Similarmente KENNEDY (1957), CECH *et alii* (1960) e SAUCIER e TARAS (1966) encontraram essa relação em folhosas. DINWOODIE (1963) sugeriu que tanto a correlação positiva para crescimento em altura e comprimento dos traqueidos como a correlação negativa para crescimento em diâmetro estavam associadas à severa competiçãõ por nutrientes da raiz principal; o acréscimo em altura se daria em detrimento do diametral, produzindo células mais longas.

SPURR e HYVARINEN (1954) encontraram que a média do comprimento das fibras do xilema aumentava progressivamente da medula para a periferia numa secção transversal de caules lenhosos e, tinha limite máximo em função da idade. Tal fato também foi verificado por KEITH (1961), SANTOS e NOGUEIRA (1962), SAUCIER e TARAS (1966), GUTH (1968), SMITH e HUMA (1971) e BRASIL e FERREIRA (1972).

THORBJORNSEN (1961) estudou o comprimento

das fibras no sentido radial em *Liriodendron tulipifera* amostrado em vários locais. O autor verificou que nas árvores jovens (11 anos), o comprimento das fibras foi significativamente afetado pelo local sendo esse efeito mais pronunciado durante o período de rápido crescimento diametral.

Dado ao grande incremento do plantio das espécies do gênero *Eucalyptus* podemos dizer que poucos são os trabalhos sobre as características fundamentais da sua madeira e principalmente de suas fibras. BISSET e DADSWELL (1949) estudaram as variações dentro da árvores para um único indivíduo de *Eucalyptus regnans*. Observações dentro de anéis anuais foram realizadas em *E. gigantea* (sin: *E. delegatensis*) por AMOS et alii (1950) e SCARAMUZZI (1961). As dimensões das fibras em *E. grandis* foram determinadas por RANATUNGA (1964). PRYOR et alii (1956) e PRYOR e DADSWELL (1964) mostraram que o comprimento das fibras e a densidade em híbridos de eucaliptoş podiam assumir valores intermediários aos pais.

BRASIL e FERREIRA (1972) em árvores de 16 anos de idade de *E. grandis* verificaram que o comprimento e a espessura das paredes das fibras cresceram e o diâmetro do lúmen decresceu no sentido medula-casca.

Em *E. gomphocephala* STERN-COHEN e FAHN (1964) obtiveram fibras menores em regiões áridas quando comparadas àquelas provenientes de árvores de rápido crescimento das regiões costeiras de Israel.

Além da variação entre espécies, há considerável influência genética e ambiental entre indivíduos da



mesma espécie. A variação no sentido radial, segundo *HUGHES (1968)*, é também de grande importância nos estudos da qualidade da madeira. *THORBJORNSEN (1961)* e *SMITH (1965)* sugerem que correlação entre densidade e características das fibras (comprimento, diâmetro e espessura das paredes) deveriam ser estudadas, de uma maneira direta ou associada a proporção de lenhos formados. Segundo *ZOBEL e KELLISON (1971)* a qualidade da madeira, definida através de suas várias características como densidade, comprimento, diâmetro e espessura das paredes das fibras e suas possíveis correlações, deveria ser incluída num programa secundário de melhoramento florestal.

### 3 - MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 - MATERIAL

A espécie utilizada foi o *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden aos 3 anos de idade, de povoamentos pertencente à Champion Papel e Celulose S/A e à Duratex S/A Indústria e Comércio. Esses povoamentos, plantados no espaçamento de 3,0 x 2,0 m, foram instalados e serão conduzidos para formação de áreas de produção de sementes da espécie. As sementes de *E. grandis* foram importadas da Austrália, região de Coffs Harbor, da Estação Grafton a 29°43' de Latitude Sul e 152°56' de Longitude Oeste de Greenwich. O clima, baseado em KÖPPEN é do tipo Awf com temperatura média anual de 20°C, média das máximas e mínimas anuais respectivamente de 27°C e 14°C. A precipitação total anual está em torno de 878,8 mm.

Na Duratex S/A Indústria e Comércio o povoamento foi instalado no Horto da Mina, município de Itupeva a 47°03' de Longitude Oeste de Greenwich e 23°09' de Latitude Sul. Pela Carta Climática do Estado de São Paulo (GODOY e ORTOLANI, sem data), com base no sistema de KÖPPEN, o clima é do tipo Cfa, mesotérmico úmido em que a temperatura média do mês mais quente é superior a 22°C e a do mês mais frio inferior a 18°C. O total de chuvas do mês mais seco está compreendido entre 30 e 60 mm. O solo é do tipo podzolizado com cascalhos (COMISSÃO DE SOLOS, 1960), moderadamente drenado, pouco profundo, apresentando cascalhos em todo o perfil.

Na Champion Papel e Celulose S/A o povoamen



to foi instalado no Horto Santa Terezinha, município de Mogi Guaçu, a 47°07' de Longitude Oeste de Greenwich e 22°11' de Latitude Sul. O clima (GODOY e ORTOLANI, sem data), baseado no sistema de KÖPPEN, é do tipo Cwa, mesotérmico de inverno seco. A temperatura média do mês mais frio é inferior a 18°C e a do mês mais quente superior a 22°C. O total de chuvas do mês mais seco é menor que 30 mm. O solo é do tipo latosol vermelho fase arenosa (COMISSÃO DE SOLOS, 1960) profundo, bem drenado, de classe textural barro argilo-arenoso, ácido e de baixa fertilidade.

### 3.2 - MÉTODOS

As amostras de madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden eram constituídas de secções transversais (discos) provenientes de uma amostragem destrutiva (FERREIRA, 1968) nos 2 locais, Itupeva e Mogi Guaçu (SP). Nessas regiões foram sorteadas e marcadas respectivamente 40 e 20 árvores. Em seguida, as árvores foram abatidas e retiradas secções transversais. Essas foram obtidas ao nível do solo, a 1,30 m (DAP), 2,00 m e sucessivamente de 2,00 em 2,00 m até a extremidade superior da árvore. Nas árvores amostradas foi determinada a altura total e os diâmetros com e sem casca, nas diversas alturas consideradas.

Os discos devidamente identificados e acondicionados em sacos de polietileno foram enviados ao laboratório onde permaneceram em câmara frigorífica até o processamento final.

O ritmo de crescimento das árvores nos respectivos povoamentos foi acompanhado a partir da data de plantio, através de levantamentos dendrométricos anuais. Os valores do diâmetro médio foram de 5,0 cm, 8,0 cm e 10,0 cm, respectivamente para o 1º, 2º e 3º ano de crescimento. Os incrementos diametrais para os três anos de crescimento foram de 5,0 cm, 3,0 cm e 2,0 cm, respectivamente.

### 3.2.1 - Determinação da densidade básica da madeira

#### 3.2.1.1 - Nas secções transversais das árvores

As secções transversais, no laboratório, foram submersas em água até atingirem saturação completa, sendo a densidade básica determinada pelo método preconizado pelo *FOREST PRODUCTS LABORATORY - MADISON (1956)* e utilizado em espécies de *Eucalyptus* por *FERREIRA (1968, 1970)* e *BRASIL (1972)*. As determinações volumétricas foram feitas em balanças hidrostáticas com precisão de leitura de 0,1 g.

Após a obtenção do volume, as amostras foram colocadas em estufa a  $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$  até atingirem peso constante.

A densidade básica (db) da madeira, nas secções transversais foi determinada em  $\text{g/cm}^3$  pela relação entre o peso seco da amostra e o volume verde ou saturado.



Os valores obtidos nas secções transversais retiradas em diversas alturas das árvores foram utilizados para cálculo da densidade das árvores.

A densidade básica média das árvores foi de terminada pela relação:

$$Da = \frac{1}{2} \left[ \frac{(D_0^2 + D_1^2) (2d_1) H_1 + (D_1^2 + D_2^2) (d_1 + d_2) \dots}{(D_0^2 + D_1^2) H_1 + (D_{n-1}^2 + D_n^2) H_n} \dots \right]$$

$$\frac{\dots H_2 + (D_{n-1}^2 + D_n^2) (d_{n-1} + d_n) H_n}{(D_0^2 + D_1^2) H_1 + (D_{n-1}^2 + D_n^2) H_n}$$

onde:

- Da = densidade básica média das árvores.
- D<sub>0</sub> = diâmetro sem casca ao nível do solo.
- D<sub>1</sub> = diâmetro sem casca ao nível de 1,30 m do solo
- D<sub>n-1</sub> = diâmetro sem casca da extremidade inferior do enésimo toro das árvores.
- D<sub>n</sub> = diâmetro sem casca da extremidade superior do enésimo toro da árvore.
- d<sub>1</sub> = densidade básica média da madeira ao nível do DAP.
- d<sub>n</sub> = densidade básica média da madeira da extremidade superior do enésimo toro da árvore.
- H<sub>1</sub> = comprimento do primeiro toro da árvore, igual a 1,30 m.
- H<sub>2</sub> = comprimento do segundo toro da árvore, igual a 0,70 m
- H<sub>n</sub> = comprimento do enésimo toro da árvore, igual a 2,00m para n > 2.

### 3.2.1.2 - Nas subdivisões da seção transversal do DAP

Das árvores amostradas, foram selecionadas 11 em Itupeva e 10 em Mogi Guaçu com diâmetro médio ao DAP de 10,0 cm, valor esse igual ao diâmetro médio do povoamento. Das secções transversais ao nível do DAP dessas árvores, foi retirada passando pela medula uma amostra de aproximadamente 3,0 cm de largura, com altura e comprimento correspondendo respectivamente à altura e diâmetro do disco. Essa amostra foi dividida ao meio e depois seccionada segundo ao incrementos médios anuais de crescimento. Obtidas as três sub-amostras foram padronizadas as denominações: Posição 1 região próxima à medula, de comprimento igual a 2,5 cm; Posição 2, de comprimento igual a 1,5 cm; e Posição 3 região próxima à casca, de comprimento igual a 1,0 cm; correspondendo respectivamente ao 1º, 2º e 3º ano de crescimento.

Para obtenção da densidade básica média das posições utilizou-se o método do máximo teor de umidade (FOELKEL *et alii*, 1972).

Para verificar a possível influência de extrativos na densidade básica foi realizada uma amostragem ao acaso entre as 21 árvores. As amostras das 6 árvores sorteadas consideradas as 3 posições, foram submetidas a extração com solução de álcool benzeno de acordo com norma do "Tappi Standard Method T<sub>605</sub> 59" citado por McMILLIN (1968).

Para as duas determinações da densidade básica, em uma mesma amostra, realizadas antes e após extração,



foi utilizado o método do máximo teor de umidade (FOELKEL *et alii*, 1972).

### 3.2.2 - Determinação das características das fibras da madeira

As 21 árvores escolhidas por seu diâmetro de 10,0 cm foram processadas para obtenção das características das fibras. Foram determinados o comprimento, o diâmetro, o diâmetro do lúmen e a espessura das paredes das fibras.

Para cada árvore foram obtidas três amostras correspondentes às posições 1, 2 e 3 relativas aos anos de crescimento. Essa divisão determinou um total de 63 amostras a serem maceradas.

A maceração para individualizar os elementos fibrosos foi realizada em solução composta de 1 parte de peróxido de hidrogênio a 100 volumes, 4 partes de água destilada e 5 partes de ácido acético glacial, mantida a  $56 \pm 3^{\circ}\text{C}$  até completa descoloração.

A partir do material macerado, de cada uma das 63 amostras, foi procedida a montagem de 10 lâminas em geléia de glicerina. Nas lâminas foram realizadas medições de 5 fibras inteiras, totalmente ao acaso. O comprimento das fibras foi medido em microscópio com aumento de 100 vezes e o diâmetro das fibras e do lúmen, com aumento de 400 vezes. A espessura das paredes das fibras foi obtida pela metade da diferença do diâmetro da fibra e do lúmen.

### 3.2.3 - Procedimento estatístico

A densidade básica média obtida ao nível do DAP foi comparada nos dois locais por uma análise da variância (PIMENTEL GOMES, 1966).

Os valores obtidos para densidade básica mé dia da árvore (Y) e densidade básica ao DAP (X) foram rela cionados através de uma equação de regressão linear e do coe ficiente de correlação linear simples (r). A densidade bási ca ao nível do DAP das 60 árvores foi também correlacionada com os respectivos valores de diâmetro obtidos (PIMENTEL GOMES, 1966).

Os valores médios de densidade básica (Y), comprimento ( $X_1$ ), diâmetro ( $X_2$ ), lúmem ( $X_3$ ) e espessura das paredes ( $X_4$ ) das fibras, obtidos nas posições 1, 2 e 3 para as árvores de igual DAP, foram relacionados segundo uma regressão "passo a passo" (STEEL e TORRIE, 1960 e McMILLIN, 1968).

Para cada variável das características das fibras foi realizada uma análise de variância, segundo o esquema do Quadro.2.



QUADRO 2 - Esquema da análise de variância com os respectivos componentes da variância para cada uma das características das fibras.

Causa de variância	G.L.	Componentes da variância
Árvores (A)	(a-1)	$\sigma_F^2 + f\sigma_L^2 + cf\sigma_{AP}^2 + bc\sigma_A^2$
Posições (P)	(b-1)	$\sigma_F^2 + f\sigma_L^2 + cf\sigma_{AP}^2 + ac\sigma_P^2$
A vs P	(a-1) (b-1)	$\sigma_F^2 + f\sigma_L^2 + cf\sigma_{AP}^2$
Lâminas d.A vs P	(c-1) ab	$\sigma_F^2 + f\sigma_L^2$
Fibras d.L vs A vs P	(f-1) abc	$\sigma_F^2$
Total	(a.b.c.f - 1)	

onde:

- a = número de árvores
- b = posições
- c = número de lâminas
- f = número de fibras

A partir dos valores obtidos para os componentes de variância foram determinadas as porcentagens dos efeitos de cada fonte na variação total. Essas variâncias foram também utilizadas para gerar uma tabela com as diferen

ças mínimas significativas (d.m.s.) para detectar diferenças entre os métodos de amostragem. A d.m.s. foi obtida pela fórmula:

$$d.m.s. = t \sqrt{2 \left[ \frac{\sigma_F^2}{abcf} + \frac{\sigma_L^2}{abc} + \frac{\sigma_{AP}^2}{ab} + \frac{\sigma_P^2}{b} + \frac{\sigma_A^2}{a} \right]}$$

onde:

"t" exprime o valor obtido na tabela de "t" ao nível de 5% de probabilidade.

## 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para a densidade básica e características das fibras do *Eucalyptus grandis* aos 3 anos de idade serão relacionadas a seguir. Para maior facilidade na compreensão e discussão do trabalho, os dados serão subdivididos em itens pertinentes a cada assunto que se pretenda ressaltar.

### 4.1 - DENSIDADE BÁSICA AO NÍVEL DO DAP NAS REGIÕES DE ITUPEVA E MOGI GUAÇU - SP.

Os resultados da densidade básica ao nível do DAP em  $\text{g/cm}^3$  obtidos para 40 árvores em Itupeva e 20 em Mogi Guaçu estão respectivamente nos Quadros 3 e 4.



QUADRO 3 - Densidade básica ao nível do DAP, em g/cm<sup>3</sup>, de árvores de *E. grandis* aos 3 anos de idade, amostradas na região de Itupeva - SP.

Densidade básica ao DAP (g/cm <sup>3</sup> )	
0,402	0,417
0,373	0,396
0,352	0,411
0,434	0,429
0,378	0,449
0,413	0,430
0,396	0,402
0,399	0,408
0,384	0,398
0,459	0,386
0,389	0,460
0,362	0,411
0,458	0,452
0,385	0,304
0,411	0,405
0,333	0,385
0,388	0,362
0,462	0,384
0,427	0,399
0,402	0,415



QUADRO 4 - Densidade básica, ao nível do DAP, em g/cm<sup>3</sup>, de árvores de *E. grandis* aos 3 anos de idade, amostradas na região de Mogi Guaçu - SP.

Densidade básica ao DAP (g/cm <sup>3</sup> )	
0,430	0,439
0,468	0,400
0,398	0,385
0,484	0,390
0,420	0,315
0,411	0,416
0,395	0,388
0,382	0,466
0,408	0,451
0,470	0,359

A análise de variância para os valores da densidade básica correspondente aos dois locais revelou valor do teste F não significativo, conforme pode-se observar no Quadro 5.

QUADRO 5 - Análise da variância para os valores da densidade básica ao nível do DAP, em g/cm<sup>3</sup>, obtidos para o *E. grandis* nas regiões de Itupeva e Mogi Guaçu SP.

Causa de variação	GL	QM	F
Local	1	0,0016	1,23
Resíduo	58	0,0013	
Total	59		

$$s = 0,0361 \text{ g/cm}^3 \quad \text{CV} = 8,88\%$$

$$\hat{m} \text{ (Itupeva)} = 0,403 \text{ g/cm}^3$$

$$\hat{m} \text{ (Mogi Guaçu)} = 0,414 \text{ g/cm}^3$$

Depreende-se do exame do Quadro 5 que não houve diferença na densidade básica nos dois locais. Os valores médios obtidos foram 0,403 g/cm<sup>3</sup> para Itupeva e 0,414 g/cm<sup>3</sup> para Mogi Guaçu. O coeficiente de variação do ensaio foi de 8,88%, valor que é considerado bom por PIMENTEL GOMES (1966).

Os resultados de densidade básica encontrados foram diferentes dos obtidos nas mesmas regiões por



BRASIL e FERREIRA (1971) para o *E. grandis* aos 5 anos de ida de. O *E. grandis* apresentava naquela idade valores de 0,407 g/cm<sup>3</sup> em Itupeva e 0,518 g/cm<sup>3</sup> em Mogi Guaçu, significativamente diferentes. Enquanto no presente trabalho aos 3 anos não se pôde encontrar diferenças na densidade básica, nos DAPs e nas alturas totais para os dois locais, aqueles autores atribuíram os resultados de densidade por eles encontrados às diferentes taxas de crescimento nas duas regiões e à variabilidade do material botânico empregado, proveniente de um lote de sementes com alta porcentagem de híbridos. O *E. grandis* aos 3 anos apresentou valores de 11,40 cm e 10,55 cm para os DAPs e 18,20 m e 16,62 m para as alturas totais, respectivamente em Mogi Guaçu e Itupeva, SP.

#### 4.2 - DENSIDADE BÁSICA MÉDIA DA ÁRVORE EM RELAÇÃO A DENSIDADE BÁSICA NO DAP

A densidade básica média da árvore foi calculada a partir das densidades das secções transversais nas diversas alturas amostradas. Essa densidade (Y) foi correlacionada em Itupeva e Mogi Guaçu à densidade básica do DAP (X) como pode-se notar nos Quadros 6 e 7.



QUADRO 6 - Densidade básica média das árvores e densidade básica ao nível do DAP, em  $\text{g/cm}^3$ , do *E. grandis* aos 3 anos de idade na região de Itupeva - SP.

ao DAP	Densidade básica ( $\text{g/cm}^3$ )		da árvore
	da árvore	ao DAP	
0,402	0,404	0,417	0,436
0,373	0,385	0,396	0,390
0,352	0,394	0,411	0,441
0,434	0,448	0,429	0,390
0,378	0,393	0,449	0,459
0,413	0,424	0,430	0,418
0,398	0,412	0,402	0,420
0,399	0,391	0,408	0,442
0,384	0,388	0,398	0,408
0,459	0,472	0,386	0,409
0,389	0,398	0,460	0,447
0,362	0,370	0,411	0,418
0,458	0,470	0,452	0,461
0,385	0,399	0,304	0,408
0,411	0,432	0,405	0,410
0,333	0,348	0,385	0,404
0,388	0,382	0,362	0,372
0,462	0,456	0,384	0,402
0,427	0,431	0,399	0,405
0,402	0,422	0,415	0,419

QUADRO 7 - Densidade básica média das árvores e densidade básica ao nível do DAP do *E. grandis* aos 3 anos de idade na região de Mogi Guaçu - SP.

Densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )	
ao DAP	da árvore
0,430	0,433
0,468	0,454
0,398	0,411
0,484	0,476
0,420	0,411
0,411	0,417
0,395	0,412
0,382	0,367
0,408	0,437
0,470	0,436
0,439	0,426
0,400	0,410
0,385	0,400
0,390	0,395
0,315	0,327
0,416	0,408
0,388	0,396
0,466	0,456
0,451	0,463
0,359	0,370

Para cada local foi calculada uma equação de regressão linear simples que estimasse a densidade básica média da árvore (Y) em função da densidade básica ao DAP (X). Os valores encontrados para o teste "t" dos parâmetros foram significativos ao nível de 1% de probabilidade. As equações encontradas foram:

$$Y = 0,1444 + 0,6705 X \quad (\text{Itupeva})$$

$$Y = 0,0846 + 0,7992 X \quad (\text{Mogi Guaçu})$$

Os parâmetros de ambas as equações são semelhantes às obtidas por FERREIRA (1968, 1970) e BRÁSIL (1972) com espécies de *Eucalyptus* no Estado de São Paulo. Como os valores médios de densidade não diferiram nas duas regiões de terminou-se uma equação única cujo valor obtido foi:

$$Y = 0.1256 + 0.7114 X$$

O valor do coeficiente de correlação linear simples calculado para os 60 dados foi de  $r = 0,85$ , significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste "t".

Os diferentes valores obtidos, entre a densidade básica da árvore e do DAP, já eram de se esperar em decorrência de variações inerentes ao próprio crescimento da árvore.



#### 4.3 - RELAÇÕES ENTRE A DENSIDADE BÁSICA E AS CLASSES DIAMETRAIS AO NÍVEL DO DAP

Como não houve diferenças significativas de densidades entre os locais estudados, as 60 árvores de *E. grandis* aos 3 anos de idade foram agrupadas. No conjunto das 60 árvores foi realizado um estudo que procurou encontrar alguma relação entre a densidade básica ao DAP com as respectivas classes de diâmetro. Para tanto, as árvores foram distribuídas em intervalos de classe de DAP de 2,0 cm, para os quais encontram-se relacionados no Quadro 8 o número de árvores de cada classe, os valores médios de densidade básica, as amplitudes de variação de classe e os valores de desvio padrão correspondentes.

O coeficiente de correlação linear simples encontrado entre o valor médio do intervalo de classe e a respectiva densidade básica média foi de  $r = 0,72$ . O valor de "r" não foi estatisticamente significativo pelo teste "t".

QUADRO 8 - Valores de densidade básica média ao nível do DAP, expressos em  $g/cm^3$ , número de árvores, amplitude de variação da classe e respectivo desvio padrão do *E. grandis* aos 3 anos de idade, encontrados nas respectivas classes de diâmetros (cm).

Intervalo de classe D A P	Nº de árvores	Densidade básica média ao DAP	Amplitude de variação da densidade	Desvio padrão
(4,0-6,0)	1	0,315	-	-
(6,0-8,0)	4	0,365	(0,352-0,382)	0,0126
(8,0-10,0)	16	0,414	(0,333-0,468)	0,0367
(10,0-12,0)	20	0,406	(0,304-0,459)	0,0350
(12,0-14,0)	14	0,417	(0,359-0,484)	0,0345
(14,0-16,0)	4	0,413	(0,385-0,452)	0,0285
(16,0-18,0)	1	0,398	-	-

Não foi possível, portanto, detectar relação entre o aumento do diâmetro e o aumento ou diminuição da densidade. Esses resultados diferem dos de FERREIRA (1968) com *E. alba* e *E. saligna*, onde as árvores mais vigorosas apresentavam em média maior densidade básica. O mesmo autor relatou alta variabilidade individual entre as árvores e constatou a ocorrência de híbridos nesse povoamento. A variação individual também esteve presente nas árvores de *E. grandis* aos 3 anos de idade. É interessante notar para essas árvores, no Quadro 8 que a densidade básica e o desvio padrão não foram muito diferentes nas classes diamétricas de (8,0 a 10,0 cm), (10,0 a 12,0 cm) e (12,0 a 14,0 cm) onde se concentrou o maior número de árvores amostradas, embora os valores extremos dos intervalos de classe diferissem. Essas diferenças de amplitude de variação, provavelmente devidas às variações genotípicas entre árvores da mesma espécie, mostram a possibilidade de seleção para um tipo desejável de densidade dentro de árvores com o mesmo diâmetro.

A seleção de árvores matrizes pelo fenótipo é uma prática realizada em todos os programas de melhoramento florestal. Nessa seleção, segundo PERRY e WU (1958) devem ser escolhidas árvores que proporcionam os maiores ganhos em volume. ZOBEL (1971) ressaltou a importância de uma seleção secundária para qualidade realizada após a escolha por diâmetro, altura e outros caracteres desejáveis. As diferenças em rendimento de massa provocada por pequenas variações de densidade básica foram evidenciadas em madeira de *Populus* por BENSON (1963). Dessa maneira a importância e a viabilidade de incluir a densidade em um programa de melhoramento



foram reafirmada pela possibilidade verificada no presente trabalho, de selecionar árvores mais densas de *E. grandis* aos 3 anos de idade dentro de uma classe diametral qualquer.

#### 4.4 - VARIACÃO DA DENSIDADE BÁSICA EM FUNÇÃO DO TIPO DE AMOSTRAGEM UTILIZADA

A densidade básica ao nível do DAP de 19 árvores de *E. grandis* aos 3 anos de idade foi determinada de três maneiras diferentes. Nessas árvores determinou-se a densidade na secção transversal (discos) e em amostras retiradas com a sonda de Pressler. Os resultados obtidos pela sonda foram os da secção inteira e os da média da subdivisão da amostra em 3 distintas regiões de crescimento. Os valores encontrados constam do Quadro 9.

QUADRO 9 - Densidade básica, em  $\text{g/cm}^3$ , de *E. grandis* aos 3 anos de idade. Valores determinados através de:

A - média das densidades de três distintas regiões de crescimento, obtidas pela subdivisão da amostra extraída com a sonda de Pressler.

B - densidade da secção inteira obtida pela sonda de Pressler.

C - densidade do disco.

Densidade básica ( $\text{g/cm}^3$ )		
A	B	C
0,437	0,466	0,430
0,481	-	0,468
0,435	-	0,398
0,520	0,497	0,484
0,423	0,433	0,420
0,521	0,442	0,411
0,435	-	0,395
0,389	-	0,382
0,449	0,460	0,408
0,483	0,475	0,470
0,424	0,497	0,439
0,428	0,444	0,400
0,429	0,447	0,385
0,398	0,389	0,390
0,462	0,440	0,315
0,424	0,423	0,388
0,550	0,527	0,466
0,454	0,515	0,451
0,403	-	0,359
Média 0,450	0,461	0,414



As densidades básicas obtidas pelos 3 métodos de amostragem não foram diferentes apesar de não ter sido realizada a análise estatística dos mesmos. As amostras retiradas pela sonda de Pressler levaram a obtenção de valores ligeiramente superiores aos do disco.

A amostra ideal para representar o disco seria aquela que apresentasse o formato de uma cunha onde a região periférica, mais densa, ocorreria em maior quantidade. As amostras da sonda de Pressler deveriam, portanto, subestimar o valor do disco pois aquela região mais densa estaria menor representada em volume, fato que não ocorreu no presente trabalho. Os valores mais altos encontrados para as amostras da sonda de Pressler talvez sejam devidos ao método adotado na determinação da densidade. Para as amostras da sonda de Pressler utilizou-se o método do máximo teor de umidade preconizado por SMITH (1961). Para a determinação da densidade do disco utilizou-se o método da balança hidrostática. FOELKEL et alii (1972) em amostras pequenas mostraram a viabilidade do controle de absorção de água exigido pelo método do máximo teor de umidade e salientaram que nesse caso o método da balança hidrostática é menos rigoroso. Acredita-se portanto que o valor da densidade encontrado para o disco pelo método da balança hidrostática tenha sido inferior devido a uma saturação incompleta do disco, o que provocaria a determinação de um valor mais alto que o real para o volume saturado.

Entre as duas amostras cuja densidade foi determinada pelo máximo teor de umidade, aquela proveniente da média das secções parece ser a mais indicada depois a amostra inteira é difícil de ser retirada e manuseada sobretudo



para árvores de grandes diâmetros.

Os coeficientes de variação da densidade básica foram de 9,69%, 8,11% e 10,24%, respectivamente para as amostras da média das três secções Pressler, da secção Pressler inteira e dos discos. Em decorrência, nos trabalhos de melhoramento florestal pode-se utilizar a amostragem com a sonda de Pressler pois essa além de não destruir a árvore, apresenta valores semelhantes de desvio padrão para as árvores quando comparada ao disco.

#### 4.5 - VARIAÇÃO DA DENSIDADE BÁSICA NAS TRÊS POSIÇÕES CONSIDERADAS

A densidade básica da madeira de *E. grandis* foi determinada em amostras retiradas com a sonda de Pressler nas três posições consideradas. O tamanho da secção correspondente a cada posição foi proporcional ao incremento médio anual daquele ano de crescimento. A determinação foi realizada em 21 árvores, todas com o mesmo DAP médio de 10,0 cm. As posições 1, 2 e 3 correspondem a um crescimento de 5,0, 3,0 e 2,0 cm respectivamente, da região próxima a medula (1) até àquela próxima à casca (3). Os valores de densidade básica, em  $\text{g/cm}^3$ , obtidos para as três regiões de crescimento constam do Quadro 10.

QUADRO 10 - Densidade básica, em  $\text{g/cm}^3$ , de 21 árvores de *E. grandis* com 10,0 cm de DAP aos 3 anos de idade nas três posições amostradas com a sonda de Presler.

Árvore	Posição			Média
	1	2	3	
1	0,419	0,410	0,417	0,415
2	0,404	0,371	0,417	0,397
3	0,372	0,370	0,418	0,387
4	0,455	0,374	0,392	0,407
5	0,374	0,370	0,373	0,372
6	0,388	0,444	0,528	0,453
7	0,468	0,363	0,543	0,458
8	0,411	0,422	0,494	0,442
9	0,371	0,403	0,394	0,389
10	0,371	0,383	0,434	0,396
11	0,422	0,386	0,398	0,402
12	0,435	0,418	0,452	0,435
13	0,425	0,407	0,437	0,425
14	0,438	0,440	0,427	0,435
15	0,464	0,431	0,452	0,449
16	0,425	0,498	0,526	0,483
17	0,437	0,435	0,414	0,429
18	0,301	0,441	0,643	0,462
19	0,434	0,420	0,417	0,424
20	0,464	0,601	0,585	0,550
21	0,459	0,432	0,471	0,454
Média	0,416	0,420	0,459	0,432



A densidade básica em média cresceu no sentido medula casca. O mesmo tipo de relação entre densidade e idade foi apontada por HUGHES e ESAN (1969) e BRASIL e FERREIRA (1972). Os últimos autores verificaram em *E. grandis* aos 16 anos de idade, um crescimento de densidade mais acentuado nas camadas mais externas. Evidencia-se pelos dados do Quadro 10 que somente aos 3 anos de idade houve um acréscimo da densidade. Os dois primeiros anos não apresentaram diferenças para essa variável.

O parâmetro "crescimento diametral" permitiu associar os valores de densidade obtidos às idades respectivas. O diâmetro da árvore como parâmetro de taxa de crescimento também foi utilizado em *Populus* por CECH et alii (1960). As amostras de cada posição apresentavam tamanhos diferentes. Secções menores ou igualmente divididas no sentido radial possivelmente não estariam associadas a fatores de crescimento. Os anéis de crescimento, medida muito empregada em coníferas, não puderam ser evidenciados e o seu emprego seria desaconselhado pelo desconhecimento do número de anéis formados num ano. A dificuldade em amostrar o mesmo anel anual e os erros que poderiam provocar na estimativa de médias é relatado em *Liriodendron tulipifera* por THORBJORNSEN (1961). A diminuição do ritmo de crescimento diametral foi para o *E. grandis* aos 3 anos de idade de 67% e 50% respectivamente entre o primeiro e segundo, e segundo e terceiro anos. Acredita-se que a variação desse decréscimo não foi suficiente para explicar os diferentes valores de densidade.

A presença de extrativos seria outra variável que poderia explicar diferenças de densidade. Os valo

res de densidade em 6 árvores nas três posições consideradas, obtidos antes e após extração com solução de álcool-benzeno estão relacionados no Quadro 11.

QUADRO 11 - Densidade básica média ao nível do DAP, em g/cm<sup>3</sup>, do *E. grandis* aos 3 anos de idade obtida de seções tomadas no sentido radial e tratadas com solução de álcool-benzeno para retirada dos extrativos.

Árvore	Secção	Densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )	
		Com extrativos	Sem extrativos
1	1	0,491	0,490
	2	0,409	0,400
	3	0,428	0,430
2	1	0,371	0,367
	2	0,370	0,370
	3	0,391	0,385
5	1	0,366	0,364
	2	0,371	0,369
	3	0,413	0,411
6	1	0,405	0,401
	2	0,384	0,382
	3	0,386	0,383
10	1	0,420	0,421
	2	0,450	0,447
	3	0,510	0,508
17	1	0,304	0,306
	2	0,399	0,400
	3	0,562	0,560



Não foram encontradas diferenças do ponto de vista prático antes e após extração com solução de álcool-benzeno. *BERLYN (1964)* afirmou que de uma madeira geral, os extrativos são retirados com solventes neutros mas para algumas substâncias, principalmente em folhosas, haveria necessidade de se empregar solventes ácidos ou alcalinos. Dessa forma, essas diferenças na quantidade de extrativos poderiam não ter sido detectadas devido ao solvente utilizado. Entretanto para o mesmo *E. grandis*, *NELSON e HEATHER (1972)* utilizaram na extração somente banhos alternados em água à temperatura ambiente e aquecida a 100°C.

A quantidade de extrativos associada à madeira juvenil e adulta foi pesquisada em *Pinus taeda* por *McMILLIN (1968)*. Esse autor encontrou elevadas taxas de extrativos associadas a altas densidades porém com valores diferentes conforme o tipo de madeira considerada. Para *WANGAARD (1970)* a deposição de extrativos e a lignificação seria a última fase do desenvolvimento celular e sua localização ocorreria, segundo *BERLYN (1964)*, nas paredes celulares entre as microfibrilas, na superfície das paredes entre as células, no lúmen e em células especializadas. Portanto nos primeiros anos de crescimento não se deve esperar diferenças na densidade provocada por essa possível causa de variação. Não seria pois a quantidade de extrativos o fator que explicaria diferenças da densidade entre os primeiros dois anos com o terceiro para o presente trabalho.

Outra possível fonte de variação que explicaria diferenças de densidade seriam as dimensões, proporções

e arrançamento dos vários tipos de células que formam um modelo estrutural para cada espécie. As determinações da proporção e arrançamento dos elementos fibrosos poderiam explicar em muitos casos, segundo *HUGHES (1968)* as diferenças entre densidades mas deveriam ser sempre acompanhadas das mensurações das células. Esse fator talvez pudesse contribuir na explicação das diferenças de densidade ocorridas nos três anos de crescimento para o *E. grandis*.

A correlação existente entre os valores de densidade básica nos diversos anos de crescimento é de grande importância. Os valores obtidos para o coeficiente de correlação linear simples ( $r$ ) entre as densidades relacionadas no Quadro 10 do primeiro e segundo anos de crescimento e do primeiro e terceiro foram respectivamente 0,23 e 0,14; o valor de " $r$ " obtido para o segundo e terceiro ano foi de 0,59, significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste " $t$ ". Esse coeficiente indicou em 35% dos casos a possibilidade de relacionar os valores de densidade do segundo com os do terceiro ano.

#### 4.6 - VARIAÇÃO DO COMPRIMENTO DE FIBRAS NAS TRÊS POSIÇÕES CONSIDERADAS

As dimensões dos elementos fibrosos foi pesquisada nas 21 árvores amostradas com a sonda de Pressler das quais determinou-se a densidade básica. Procurava-se dessa maneira verificar as variações das características das fibras nos três anos de crescimento e associar essas variações, se possível, à densidade básica, com objetivo de seleções futuras.

O comprimento das fibras, em micra, nas três posições foi a primeira característica a ser considerada e acha-se relacionado no Quadro 12.



QUADRO 12 - Comprimento médio das fibras, em micra, de 21 árvores de *E. grandis* com 10,0 cm de DAP aos 3 anos de idade nas três posições amostradas com a sonda de Pressler.

Árvores	Posição			Média
	1	2	3	
1	743,2	825,3	1.029,6	866,0
2	855,8	887,3	965,8	902,9
3	904,7	932,8	1.024,2	953,9
4	925,3	953,0	1.044,7	974,3
5	713,6	913,6	1.085,1	904,1
6	867,2	963,2	1.071,8	967,4
7	803,7	964,8	1.038,1	935,5
8	701,5	936,0	982,6	873,4
9	654,6	902,7	942,7	833,4
10	686,5	890,5	951,7	842,9
11	746,6	962,0	1.019,4	909,4
12	1.014,0	903,2	940,0	952,4
13	841,6	933,0	1.034,1	936,2
14	958,0	937,0	1.068,8	988,0
15	698,7	814,7	998,9	837,5
16	640,7	992,6	1.015,2	882,8
17	923,2	889,2	774,5	862,3
18	827,3	1.117,6	1.002,3	982,4
19	760,6	1.025,7	805,9	864,9
20	757,9	956,9	1.031,0	915,3
21	810,7	1.048,5	1.026,9	962,0
Média	801,7	940,5	993,0	911,7

A análise de variância para os dados de comprimento de fibras segundo o esquema proposto consta do Quadro 13.

QUADRO 13 - Análise de variância do comprimento das fibras de 21 árvores de *E. grandis* com 10,0 cm de DAP aos 3 anos de idade nas três regiões de crescimento anuais.

Causa de variação	GL	QM	F
Árvores (A)	20	379 753,78	1,06
Posições (P)	2	10 260 488,50	28,64**
A vs. P	40	358 239,65	20,13**
Árvores d. P <sub>1</sub>	20	547 513,03	30,76**
Árvores d. P <sub>2</sub>	20	239 443,52	13,45**
Árvores d. P <sub>3</sub>	20	309 277,15	17,38**
Lâminas d. A vs. P	567	17 797,42	1,52**
Fibras d. L vs. A vs. P	2570	11 705,23	

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade.



Realizou-se a comparação entre as médias pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. O relacionamento dos números das árvores estudadas, em ordem decrescente de valores de comprimento das fibras para a média nos 3 anos de crescimento e para as 3 posições consideradas estão apresentadas no Quadro 14. Os valores de  $\Delta$  (diferença mínima significativa) pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade foram respectivamente:

para Posições = 63,5 micra  
para Árvores dentro de Posição = 95,6 micra



QUADRO 14 - Relacionamento dos números correspondentes às 21 árvores estudadas, em ordem decrescente de valores de comprimento das fibras para a média nos 3 anos de crescimento e para as posições  $P_1$ ,  $P_2$  e  $P_3$ .

Média nos 3 anos	$P_1$	$P_2$	$P_3$
14	12	18	5
18	14	21	6
4	4	19	14
6	17	16	4
21	3	7	7
3	6	6	13
12	2	11	20
13	13	20	1
7	18	4	21
20	21	14	3
11	7	8	11
5	19	13	16
2	20	3	18
16	11	5	15
8	1	12	8
1	5	9	2
19	8	10	10
17	15	17	9
10	10	2	12
15	9	1	19
9	16	15	17

Pelo Quadro 13 pode-se verificar que a análise de variância mostrou uma interação altamente significativa entre Posições e Árvores. Embora as árvores não tenham diferido entre si na análise geral, o desdobramento da interação Árvores vs. Posições mostrou que as árvores diferem significativamente nas três posições estudadas. A aplicação do teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade para Árvores dentro de Posições ( $\Delta = 95,6$ ) mostrou diferenças entre as árvores. As árvores com maiores comprimentos médios no 1º ano, apresentaram uma ligeira tendência, não comprovada estatisticamente, de manter esses valores nos anos subsequentes. Dentre as 6 primeiras colocadas no primeiro ano, 3 conservaram-se nesse grupo no terceiro ano como pode ser visto pelo Quadro 14. Essa tendência mostra a possibilidade de se selecionar árvores com valores de comprimentos desejáveis já nos primeiros anos de crescimento. De maneira análoga RUDMAN (1970) em *E. camaldulensis* com 1 ano de idade verificou diferenças altamente significativas no comprimento das fibras. Os clones de *E. camaldulensis* com menor comprimento médio assim se apresentavam nos 2 ambientes estudados. Sugeriu o autor a possibilidade de selecionar para comprimento de fibra em plantas jovens, embora não pudessem prever quanto desse ganho poderia ser mantido em plantas adultas. Citando trabalhos de Cameron (1966) com *E. degluta* e Rudman e Higgs (não publicado) com *E. regnans* mostra que plântulas com fibras mais longas tendem a produzir árvores adultas com tais características. RANATUNGA (1964) encontrou resultados semelhantes em *E. grandis*. KENNEDY e SMITH (1959) ressaltaram a possibilidade de selecionar *Populus* com densidade e comprimento de fibras maiores já no primeiro ano. Afirmam que essa supe

rioridade em comprimento se manteria desde que as condições de crescimento não se alterassem bruscamente. Dadswell (1957), citado por *KENNEDY e SMITH (1959)*, após extenso trabalho realizado na Austrália chegou a idênticas conclusões para confferas.

A análise dos valores médios do comprimento das fibras das árvores nos 3 anos não mostrou diferenças significativas entre as mesmas. Esse resultado permitiu verificar que nos primeiros anos de crescimento o valor médio das posições não representou os valores individuais de cada árvore. Esse fato talvez seja explicado por diferenças muito pequenas nos comprimentos das fibras dentro dos primeiros anos. *TAYLOR (1973)* trabalhando com *E. grandis* encontrou diferenças significativas entre árvores, diferenças essas também muito pequenas, o que não ocorreu com o presente trabalho.

No sentido radial, Quadro 12, os valores médios de comprimento aumentaram no sentido medula-casca ou seja da posição 1 (próxima à medula) para a 3 (próxima à casca). O contraste entre as posições  $P_2$  e  $P_3$  foi o único não significativo pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade ( $\Delta = 63,5$ ).

No Quadro 15 acha-se relacionado os valores de cada componente da variância e as respectivas porcentagens da variação total para o comprimento das fibras de *E. gran*dis.



QUADRO 15 - Valores dos componentes da variância e as respectivas porcentagens da variação total para o comprimento das fibras do *E. grandis* aos 3 anos de idade.

Componentes	Valor	% efeito total
$\sigma_A$	143,43	0,49
$\sigma_P$	9 430,71	32,18
$\sigma_{A \text{ vs. } P}$	6 808,84	23,23
$\sigma_L$	1 218,43	4,16
$\sigma_F$	11 705,23	39,94

Pela análise dos componentes da variância relatados no Quadro 15, pode-se verificar que a variação devida ao componente Árvore foi de 0,49% da variação total. A análise através do teste F para a componente Lâmina como se vê no Quadro 13 foi significativa ao nível de 1% de probabilidade. Nesse caso a sensibilidade do teste "F" foi grande devido ao número elevado de graus de liberdade utilizados. Entretanto quando considerou-se os componentes de variância (Quadro 15) verificou-se que somente 4,16% da variação total foi devida a esse fator (Lâmina). O componente Fibras contribuiu com 39,94% enquanto 55,41% da variação total foi devida aos componentes Posições e a interação Árvores vs. Posição. Depreende-se que mais da metade da variação é, nos primeiros anos, devida aos componentes ligados a posições de amostragem. Esses resultados aliado àqueles das diferenças significativas de comprimento de fibras dentro das posições, também ressaltam a importância de considerar fatores de crescimentos individuais quando se pretende procurar diferenças entre árvores.

As observações do presente trabalho foram realizadas em árvores com o mesmo crescimento diametral aos 3 anos de idade do qual se conhecia o incremento médio anual. Ao trabalhar com outros diâmetros pode-se obter valores diferentes que talvez sejam mascarados pela taxa de crescimento. Fato semelhante ocorreu no trabalho de THORBJORNSEN (1961) com *Liriodendron tulipifera* onde diferenças grandes de comprimento de fibras não foram significativas, resultado esse atribuído pelo autor ao alto valor da variância entre árvores. Essa variância foi devida a dois erros fundamentais de amostragem, quais sejam, o número elevado de fibras requer

das para se obter boa estimativa da média e a dificuldade em se amostrar o mesmo anel anual em espécies de poros difusos. O número de fibras também foi no *E. grandis* um fator importante na determinação dos valores médios de comprimento. Representou no caso, praticamente 40% da variação total. A dificuldade em se amostrar o mesmo anel anual para madeiras de poros difusos, foi contornada pelas medições realizadas no incremento médio anual de crescimento que correspondeu à madeira formada no mesmo ano. Acredita-se que o valor baixo para a variância entre árvores no caso, foi devido ao controle dessa causa de erro.

Essa técnica de acompanhar os incrementos anuais é de utilidade para determinação do comprimento de fibras de árvores adultas. Pode-se nesse caso obter além da média das árvores, os valores médios dos últimos anos de crescimento, desde que esse seja acompanhado por mensurações periódicas.



#### 4.7 - VARIAÇÃO DO DIÂMETRO E DO LÚMEM DAS FIBRAS NAS TRÊS POSIÇÕES CONSIDERADAS

O diâmetro e o lúmem das fibras, em micra, foram também mensurados nas três regiões para 21 árvores com o mesmo DAP e estão relacionados nos Quadros 16 e 17.

QUADRO 16 - Diâmetro médio das fibras, em micra, de 21 árvores de *E. grandis* com 10,0 cm de DAP aos 3 anos de idade nas três posições amostradas com a son da de Pressler.

Árvore	Posição			Média
	1	2	3	
1	19,51	20,48	22,18	20,72
2	20,77	26,89	25,06	24,24
3	20,63	21,96	22,28	21,62
4	21,40	21,28	20,20	20,96
5	18,34	18,72	20,61	19,22
6	20,27	19,91	20,38	20,18
7	20,96	21,85	19,80	20,87
8	17,01	16,80	18,41	17,41
9	16,56	18,76	19,53	18,28
10	17,43	18,56	20,44	18,81
11	18,69	18,34	20,82	19,28
12	20,82	18,69	18,75	19,42
13	21,60	21,13	21,17	21,30
14	24,62	18,14	22,50	21,76
15	17,35	19,80	19,16	18,77
16	20,45	20,34	20,20	20,33
17	21,67	20,92	19,37	20,65
18	20,08	22,45	23,33	21,96
19	19,66	21,10	20,66	20,47
20	18,36	17,68	19,84	18,62
21	21,06	20,92	20,84	20,94
Média	19,87	20,23	20,74	20,28

QUADRO 17 - Diâmetro médio do lúmen das fibras, em micra, de 21 árvores de *E. grandis* com 10,0 cm ao DAP aos 3 anos de idade nas três posições amostradas com a sonda de Pressler.

Árvore	Posição			Média
	1	2	3	
1	9,61	10,58	10,51	10,24
2	10,37	10,98	13,07	11,47
3	10,55	10,37	10,94	10,62
4	10,66	10,80	11,74	11,06
5	9,31	9,43	10,72	9,82
6	9,47	9,04	9,00	9,17
7	10,94	10,66	9,00	10,20
8	8,52	8,38	9,36	8,76
9	8,41	9,85	9,78	9,35
10	8,86	9,29	10,46	9,54
11	9,46	8,96	10,68	9,70
12	10,88	9,70	9,80	10,13
13	9,54	9,83	9,07	9,48
	12,17	9,22	11,12	10,84
	7,88	9,47	10,26	9,20
	9,61	8,82	8,93	9,12
	10,12	9,36	8,96	9,48
	9,40	10,84	11,20	10,48
	10,20	10,30	9,29	9,93
	8,75	8,53	7,81	8,36
	9,79	9,54	8,89	9,41
Média	9,74	9,71	10,03	9,83



Quando a variação média no sentido radial da medula (1) para a casca (3), verificada pelos Quadros 16 e 17, é considerada, nota-se que não houve diferença nos três primeiros anos de crescimento no diâmetro e no lúmem das fibras. Os valores médios para diâmetro foram 19,87, 20,23 e 20,74 micra respectivamente para o primeiro, segundo e terceiro anos. TAYLOR (1973) em árvores adultas de *E. grandis* encontrou diferenças de diâmetro das fibras no sentido radial. Para diâmetro do lúmem os valores foram 9,74, 9,71 e 10,03 micra. BRASIL e FERREIRA (1972) em árvores de 16 anos de *E. grandis* não encontraram variação no sentido radial para o diâmetro das fibras enquanto o lúmem decrescia no sentido medula-casca. Esse fato parece indicar um crescimento máximo em diâmetro seguido da deposição de material na parede celular de fora para dentro. Entretanto a variação do diâmetro do lúmem no sentido radial não ocorreu em *Pinus caribaea* var. *caribaea* de 12 anos de idade conforme encontrado por BURLEY et alii (1972) indicando que para árvores jovens essa variável não se altera.

Para verificar a variação entre árvores dessas variáveis das fibras foi procedida a análise de variância apresentada nos Quadros 18 e 19.

QUADRO 18 - Análise de variância do diâmetro das fibras de *E. grandis* Hill ex Maiden aos 3 anos de idade.

Causa de variação	GL	QM	F
Árvores (A)	20	355,61	3,67**
Posições (P)	2	201,97	2,08
A vs. P	40	96,97	3,83**
Árvores d. P <sub>1</sub>	20	185,80	7,34**
Árvores d. P <sub>2</sub>	20	236,80	9,36**
Árvores d. P <sub>3</sub>	20	127,14	5,03**
Lâminas d. A vs. P	567	25,29	1,07**
Fibras d. L vs. A vs. P	2520	23,69	

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade.

QUADRO 19 - Análise da variância do diâmetro médio do lúmen do *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden aos 3 anos de idade.

Causa de variação	GL	QM	F
Árvores (A)	20	90,54	2,84**
Posições (P)	2	32,51	1,02
A vs. P	40	31,85	6,28**
Árvores d. P <sub>1</sub>	20	49,68	9,80**
Árvores d. P <sub>2</sub>	20	30,50	6,02**
Árvores d. P <sub>3</sub>	20	74,06	14,61**
Lâminas d. A vs. P	567	5,07	1,30**
Fibras d. L vs. A vs. P	2520	3,89	

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade.



Pelos resultados nos Quadros 18 e 19 da análise de variância do diâmetro das fibras e do lúmem pode-se verificar que não houve diferença significativa entre Posições. O desdobramento da interação Árvores vs. Posições mostrou diferenças ao nível de 1% de probabilidade entre árvores em todas as posições. Realizou-se a comparação das médias pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os valores de  $\Delta$  para diâmetro das fibras foram:

para Árvores = 4,34 micra

para Árvores dentro Posição = 5,78 micra

Os valores de  $\Delta$  para o diâmetro do lúmem das fibras foram:

para Árvores = 2,49 micra

para Árvores dentro Posição = 1,61 micra

O número das árvores relacionados em ordem decrescente de valores para diâmetro das fibras e do lúmem constam respectivamente dos Quadros 20 e 21.

QUADRO 20 - Relacionamento dos números correspondentes às 21 árvores estudadas, em ordem decrescente de valores de diâmetro das fibras para a média nos 3 anos de crescimento e para as posições P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> e P<sub>3</sub>.

Aos 3 anos	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>
2	14	2	2
18	17	18	18
14	13	3	14
3	4	7	3
13	21	4	1
4	7	13	13
21	12	19	21
7	2	17	11
1	3	21	19
17	16	1	5
19	6	16	10
16	18	6	6
6	19	15	4
12	1	9	16
11	11	5	20
5	20	12	7
10	5	10	9
15	10	11	17
20	15	14	15
9	8	20	12
8	9	8	8

QUADRO 21 - Relacionamento dos números correspondentes às 21 árvores estudadas, em ordem decrescente de valores de diâmetro do lúmen para a média nos 3 anos de crescimento e para as posições P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> e P<sub>3</sub>.

Aos 3 anos	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>
2	14	2	2
4	7	18	4
14	12	4	18
3	4	7	14
18	3	1	3
1	2	3	5
7	19	19	11
12	17	9	1
19	21	13	10
5	1-16	12	15
11	13	21	12
10	6	15	9
13-17	11	5	8
21	18	17	19
9	5	10	13
15	10	14	6-7
6	20	6	17
16	8	11	16
8	9	16	21
20	15	20	20
-	-	8	-



A árvore número 2, para as duas variáveis consideradas foi a que apresentou maior valor médio. A tendência de manter valores maiores entre as árvores para o diâmetro das fibras e do lúmem pode ser constatada nos três primeiros anos.

Procurou-se explicar melhor essas variações quantificando porcentualmente os resultados da análise de variância realizada pelo teste F. Os valores obtidos para os componentes da variância do diâmetro e do lúmem constam dos Quadros 22 e 23..

QUADRO 22 - Valores dos componentes da variância e as respectivas porcentagens da variação total para o diâmetro das fibras do *E. grandis* aos 3 anos de idade.

Componentes	Valor	% do efeito total
$\sigma_A$	1,72	6,31
$\sigma_P$	0,10	0,38
$\sigma_{A \text{ vs. } P}$	1,43	5,24
$\sigma_L$	0,32	1,17
$\sigma_F$	23,69	86,90

QUADRO 23 - Valores dos componentes da variância e as respectivas porcentagens da variação total para o diâmetro do lúmem das fibras do *E. grandis* aos 3 anos de idade.

Componentes	Valor	% do efeito total
$\sigma_A$	0,39128	7,74
$\sigma_P$	0,00062	0,02
$\sigma_{A \text{ vs. } P}$	0,53561	10,60
$\sigma_L$	0,23553	4,66
$\sigma_F$	3,89056	76,98

Nos primeiros anos de crescimento a variação devida a Posições é muito pequena, 0,38% e 0,02% da variação total para o diâmetro das fibras e do lúmem (Quadros 22 e 23). A variação devida a Árvores é de 6,31% e 7,74% respectivamente. Os componentes devido a Lâminas, embora significativos pelo teste F (Quadros 16 e 17) não apresentam importância prática pois representam somente 1,17% e 4,66% da variação total respectivamente para diâmetro e lúmem.

Praticamente toda a variação dessas duas características foi devida a diferença individuais entre as fibras. Esse fato é explicado ao considerar-se que nos pri

meiros anos ainda não se iniciou o crescimento secundário da árvore. Como se sabe, as células do xilema diferem em tamanho das cambiais iniciais particularmente nas Angiospermas, aumentando de 2 a 3 vezes em tamanho durante o crescimento celular. Segundo WANGAARD (1970) todo o crescimento em comprimento e diâmetro ocorre pela expansão da parede primária. Pelos resultados encontrados com o *E. grandis* pode-se imaginar que as células ainda não atingiram seu crescimento máximo através da acumulação sucessiva de forma centripeta do material celulósico. Dessa maneira até essa idade só as diferenças individuais se manifestaram.



#### 4.8 - VARIAÇÃO DA ESPESSURA DA PAREDE DAS FIBRAS NAS TRÊS POSIÇÕES CONSIDERADAS

Embora a espessura das paredes das fibras apresentasse comportamento semelhante ao diâmetro e ao lúmen optou-se por separar seus valores. Essa variável das características das fibras é considerada pela maioria dos autores, como fundamental ao se procurar correlações com as propriedades físico-mecânicas da madeira. Os dados obtidos para espessura da parede das fibras de 21 árvores nas três posições constam do Quadro 24.

QUADRO 24 - Espessura média da parede, em micra, de 21 árvores de *E. grandis* com 10,0 cm de DAP aos 3 anos de idade nas três posições amostradas pela sonda de Pressler.

Árvore	Posição			Média
	1	2	3	
1	4,95	4,97	5,85	5,26
2	5,28	5,88	5,99	7,72
3	5,04	5,80	5,67	5,50
4	5,37	5,24	4,28	4,96
5	4,54	4,68	4,98	4,74
6	5,40	5,44	5,62	5,48
7	4,96	5,56	5,28	5,27
8	4,27	4,26	4,58	4,36
9	4,09	4,48	4,90	4,49
10	4,31	4,66	5,02	4,66
11	4,65	4,58	5,07	4,77
12	5,00	4,63	4,51	4,71
13	6,03	5,65	6,03	5,90
14	6,21	4,46	5,42	5,36
15	4,75	5,16	4,47	4,80
16	5,42	5,76	5,63	5,60
17	5,78	5,78	5,20	5,58
18	5,40	5,81	6,06	5,76
19	4,69	5,42	5,69	5,26
20	4,80	4,57	6,01	5,13
21	5,63	5,69	5,98	5,76
Média	5,07	5,17	5,34	5,19

Foi realizada também para essa variável uma análise de variância e se estabeleceu os valores percentuais dos componentes da variância relacionadas respectivamente nos Quadros 25 e 26.

QUADRO 25 - Análise de variância da espessura da parede das fibras do *E. grandis* Hill ex Maiden aos 3 anos de idade.

Causa de variação	GL	QM	F
Árvores (A)	20	32,07	3,97**
Posições (P)	2	19,63	2,43
A vs. P	40	8,07	7,27**
Árvores d. P <sub>1</sub>	20	16,22	14,61**
Árvores d. P <sub>2</sub>	20	15,38	13,86**
Árvores d. P <sub>3</sub>	20	16,60	14,95**
Lâminas d. A vs. P	567	1,11	1,13**
Fibras d. L vs. A vs. P	2520	0,98	

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade



QUADRO 26 - Valores dos componentes da variância e as respectivas porcentagens de variação total para a espessura da parede das fibras do *E. grandis* aos 3 anos de idade.

Componentes	Valor	% do efeito total
$\sigma_A$	0,160	12,18
$\sigma_P$	0,011	0,84
$\sigma_{A \text{ vs. } P}$	0,139	10,59
$\sigma_L$	0,027	2,06
$\sigma_F$	0,976	74,33

Entende-se do Quadro 25 que a análise de variância para espessura das paredes das fibras apresentou as mesmas significâncias que o diâmetro das fibras e do lúmen. O crescimento da superfície da célula é seguido do crescimento secundário ou da formação secundária da parede. Entretanto ambos os processos podem estar ocorrendo, segundo WANGAARD (1970) ao mesmo tempo em diferentes partes da célula; a parede secundária começa a se formar na metade do comprimento total da fibra e prossegue em direção aos extremos onde o crescimento ainda se processa. Por essa razão procedemos as me-

dições de diâmetros no local médio do comprimento das fibras embora, para a idade de três anos, é de se esperar que o crescimento secundário ainda não se tenha completado. Deve-se lembrar ainda que a lignificação como foi apontada por WANGAARD (1970) é a fase final do desenvolvimento das fibras só ocorrendo após a cessação do crescimento em superfície. Nesse caso determinações precisas e cuidadosas da variação do teor de lignina nos tecidos talvez possam indicar quando se estaria obtendo os valores máximos de diâmetros e espessura de paredes celulares.

As porcentagens dos componentes individuais sobre a variação total foram de 12,18% para Árvores, 0,84% para Posições, 10,59% para a interação Árvores vs. Posições e 2,06% para Lâminas (Quadro 26). A grande fonte de variação continua sendo o componente Fibras com 74,33% do total.

O teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade apontou os valores de  $\Delta$  iguais a:

para Árvores = 1,25 micra

para Árvores dentro Posição = 0,75 micra

O número das árvores foram relacionados, no Quadro 27, em ordem decrescente de valores de espessura de parede das fibras.

QUADRO 27 - Relacionamento dos números correspondentes às 21 árvores estudadas, em ordem decrescente de valores de espessura das paredes das fibras para a média nos 3 anos de crescimento e para as posições P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> e P<sub>3</sub>.

Aos 3 anos	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>
13	14	2	18
18	13	18	13
21	17	3	20
2	21	17	2
16	16	16	21
17	6-18	21	1
3	4	13	19
6	2	7	3
14	3	6	16
7	12	19	6
1-19	7	4	14
20	1	15	7
4	20	1	17
15	15	5	11
5	19	10	10
12	11	12	5
10	5	11	9
9	10	20	8
11	8	9	12
8	9	14	15
-	-	8	4



O teste Tukey apresentou pequenas diferenças entre as árvores. Pode-se constatar novamente pelo Quadro 27 a tendência dessas árvores em manter os valores médias de espessura nos três primeiros anos de crescimento.

Considerando os sete maiores valores ou seja um terço das árvores amostradas com o mesmo DAP, para comprimento, diâmetro das fibras e do lúmem e espessura das paredes verificou-se que as de números 18, 4, 14, 3 e 2 foram coincidentes pelo menos para três variáveis. Indicou-se dessa forma a possibilidade de seleção para essas variáveis das características das fibras no primeiro ano. Para comprimento das fibras, essa possibilidade anteriormente foi apontada por *KENNEDY e SMITH (1959)*, *RANATUNGA (1964)* e *RUDMAN (1970)*. Com a densidade e comprimento de fibras, *FARMER e LANCE (1969)* em *Quercus falcata* sugeriram a seleção com a média das árvores individuais porque somente a variância devida a árvores foi altamente significativa.

Seria de interesse verificar portanto se existe relação entre as variáveis das fibras e densidade básica, o que facilitaria os trabalhos de seleção.

#### 4.9 - RELAÇÕES ENTRE DENSIDADE BÁSICA E CARACTERÍSTICAS DAS FIBRAS

Procurou-se através de equações matemáticas determinar a relação entre a densidade básica (Y) e as características das fibras ( $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  e  $X_4$ ). A análise de regressão múltipla do tipo "passo a passo" (stepwise regression) realizada segundo *DRAPER e SMITH (1966)* conduziu a valores de F não significativos para regressão. Estes resultados poderiam ser explicados pelo fato de se ter considerado equações de regressão múltipla que não representavam a relação real entre as variáveis, isto é, um modelo de primeira ordem. Talvez a variável densidade (Y) pudesse ser melhor explicada por um modelo de segunda ordem. *BURLEY et alii (1972)* estabeleceram relações entre o comprimento de fibras e altura do disco aliado ao número do anel anual utilizando um modelo de segunda ordem.

Utilizaram-se então correlações simples calculadas com a combinação das cinco variáveis, duas a duas, ou seja da densidade básica, do comprimento, do diâmetro, do lúmen e da espessura das paredes das fibras. Os valores obtidos para o coeficiente de correlação linear simples (r), os respectivos valores do teste "t" e o coeficiente de determinação estão no Quadro 28.

QUADRO 28 - Valores do coeficiente de correlação linear simples (r) do respectivo teste "t" e do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para as combinações dos valores de densidade básica e características das fibras nas três posições de crescimento do *E. grandis* aos 3 anos de idade.

Correlações testadas	Valor de r	Valor do teste "t" para r	Valores de $R^2$
densidade vs. comprimento	0,29	2,39*	0,08
vs. diâmetro	0,00	0,01	--
vs. lúmem	-0,21	1,67	0,05
vs. espessura	0,24	1,94	0,06
comprimento vs. diâmetro	0,41	3,53**	0,17
vs. lúmem	0,33	2,73**	0,11
vs. espessura	0,39	3,28**	0,15
diâmetro vs. lúmem	0,74	8,58**	0,55
vs. espessura	0,80	10,28**	0,64
lúmem vs. espessura	0,28	2,28*	0,08

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade



Os valores obtidos para o coeficiente de correlação linear ( $r$ ) mostram significância ao nível de 5% e 1% de probabilidade para densidade vs. comprimento, e comprimento com as outras variáveis das fibras. Dessa forma, a simples determinação do comprimento seria suficiente para estabelecer relações com as outras variáveis. Entretanto o valor do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) foi muito baixo para essas combinações (Quadro 28). Verifica-se que apenas 8% da variação total da densidade é explicada pela variação do comprimento das fibras e, para as combinações entre comprimento e diâmetro, lúmem e espessura das paredes estas porcentagens foram respectivamente 17,11 e 15%.

Em contraposição os valores do coeficiente de correlação entre diâmetro da fibra e diâmetro do lúmem e, diâmetro da fibra e espessura das paredes foram altos e explicariam segundo o coeficiente de determinação respectivamente 55% e 64% da variação total. Dessa forma para o *E. grandis* aos 3 anos de idade seria necessário medir, para estimativas mais precisas daqueles parâmetros, além da densidade e comprimento, o diâmetro das fibras. Cabe ressaltar também que na estimativa dos componentes de variância (Quadros 15, 22, 23 e 26) o comprimento apresenta para o componente Posições, valores bem diferentes do diâmetro, do lúmem e da espessura da parede, os quais constituem um grupo com características semelhantes.

Como, após a montagem das lâminas e preparo do microscópio para mensuração do diâmetro, não seria difícil obter os valores do diâmetro do lúmem, essa última variável deveria continuar sendo determinada. Com os valores do

diâmetro e do lúmen pode-se também estimar a espessura das paredes. A preocupação em continuar sugerindo a mensuração dessas características das fibras fundamenta-se nas possíveis relações que possam ser encontradas em idades mais velhas e a importância das relações entre essas variáveis para a indústria de celulose e papel segundo uma revisão de literatura de *DINWOODIE (1965)* e verificado em *E. saligna* aos 5 anos de idade por *BRASIL et alii (1972)*. *BURLEY et alii (1972)* também apontam a importância da relação de Runkel avaliada por duas vezes a espessura da parede pelo diâmetro do lúmen em *Pinus caribaea* var. *caribaea* com 12 anos de idade. Segundo os citados autores a madeira seria utilizada para celulose e papel se essa relação estivesse na faixa de 0,25 a 1,00.

#### 4.10 - NÚMERO DE FIBRAS REQUERIDAS PARA ESTIMATIVAS DE MÉDIAS

Os valores obtidos para os componentes da variância devida a Árvores, Posições, Árvores vs. Posições, Lâminas e Fibras para as quatro variáveis das fibras estudadas estão relacionados nos Quadros 15, 22, 23 e 26. Esses valores foram utilizados para estabelecer em cada uma das variáveis a estratégia de amostragem, segundo *STEEL e TORRIE (1960)* e *BURLEY et alii (1970b)*. Os resultados combinados segundo 21 árvores, 3 posições, 10 lâminas e 5 fibras, originaram uma série de diferenças mínimas significativas (d.m.s.) das quais uma parte consta dos Quadros 29, 30 e 31 para o comprimento das fibras, 32, 33 e 34 para o diâmetro das fibras, 35, 36 e 37 para o diâmetro do lúmem e 38, 39 e 40 para a espesura das paredes das fibras.

Entende-se dos Quadros 29, 30 e 31 que a d.m.s. do comprimento das fibras diminui quando se utiliza 1, 2 e 3 posições para cálculo dos valores médios. Esse fato é explicado pela alta variação (32,18%) devido a variância entre Posições (Quadro 15). Para se obter valores de diferença mínima significativa menores entre os componentes, deve-se utilizar o maior número de posições ou seja toda a secção transversal da árvores. A estimativa dos valores médios das fibras nos primeiros anos de crescimento foi melhor avaliada quando se analisou todas as posições do que com um número elevado de árvores (Quadro 29, 30 e 31). Quando se emprega somente uma posição deve-se esperar diferenças mínimas significativas maiores entre as fibras (Quadro 29). Dessa



forma pode-se selecionar árvores com comprimento de fibras que terão efetivamente valores médios mais altos nos primeiros anos.

Pode-se verificar pelos Quadros 29, 30 e 31 que as d.m.s. atingidas quando se utilizou o número máximo de árvores (21), lâminas (10) e fibras (5) foram de 280, 198 e 162 micra respectivamente com 1, 2 e 3 posições. Observa-se por esses Quadros que essas diferenças já praticamente haviam sido atingidas com 7 árvores com qualquer número de posições. Dentro das árvores a variação entre o número de lâminas e o de fibras medida não é muito grande. Assim trabalhando com 1 lâmina e medindo 5 fibras por lâmina para 7 árvores com 1 posição, a diferença mínima significativa foi de 296 micra; e realizando-se 45 medições a mais, ou seja 10 lâminas com 5 fibras o valor da diferença mínima significativa baixou em apenas 7 micra. Essa pequena variação pode ser explicada pela alta variação de 39,94% entre as fibras em contraste com os 4,16% da variação total devido as lâminas (Quadro 15). Tomando-se 10 lâminas e procedendo 5 medições por lâmina para 21 árvores também com 1 posição realizar-se-ia mais 600 medições em confronto com 7 árvores enquanto a diferença mínima significativa baixaria de somente 9 micra. Considerações semelhantes podem ser feitas com 2 ou 3 posições.

Esses resultados mostram ser desnecessário aumentar o número de árvores para se estimar melhor as médias do comprimento de fibras como também evidenciam a necessidade de medir mais fibras por lâminas. O número total de árvores a amostrar estará em função das diferenças mínimas signi

ficativas que se espera encontrar. BURLEY *et alii* (1970b) indicaram como desejável para as diferenças mínimas significativas do comprimento das fibras em espécies de *Eucalyptus* aos 6 anos de idade, valores de 140 micra e, em trabalhos de melhoramento, 100 micra. Em árvores mais jovens, como no presente trabalho, as diferenças mínimas significativas indicadas são maiores mesmo quando se faz controles paralelos de outras variáveis como o do DAP médio, no caso igual a 10,0 cm para todas as árvores. BURLEY *et alii* (1970a) evidenciaram a necessidade de se medir 50 fibras de coníferas para se detectar diferenças de 200 a 300 micra. Essa mesma diferença em *Eucalyptus* poderia ser obtida com 1 árvore e 5 fibras medidas. Decorre daí o interesse de para cada espécie e idade, através dos componentes de variância se estabelecerem as d.m.s. a serem detectadas.

O diâmetro médio das fibras correlacionou-se com o diâmetro do lúmen e a espessura das paredes das fibras (Quadro 28). Estabeleceu-se a mesma estratégia de amostragem para essa variável conforme visto nos Quadros 32, 33 e 34. As diferenças mínimas atingidas com 1, 2 e 3 posições foram respectivamente 1,48, 1,19 e 1,08 micra. As diferenças entre as posições foram pequenas, da ordem de décimo de micra uma vez que essa variável representou 0,38% da variação total (Quadro 22). O aumento do número de árvores alterou o valor da diferença mínima significativa. Dentro de um mesmo número de árvores o aumento das lâminas diminuiu o valor da diferença mínima significativa com precisão semelhante ao aumento do número de fibras por lâmina como pode ser observado, por exemplo, para 6 árvores com 1 posição no Quadro 32.

Com a finalidade de verificar a relação entre as outras variáveis, estabeleceu-se a mesma estratégia de amostragem para o diâmetro do lúmen e espessura da parede das fibras. Pelos Quadros 35, 36 e 37 verificou-se que os menores valores atingidos para o diâmetro do lúmen foram 0,63, 0,52 e 0,48 micra respectivamente para 1, 2 e 3 posições. Para a espessura da parede os valores encontrados foram 0,46, 0,37 e 0,33 micra indicadas nos Quadros 38, 39 e 40.

As diferenças mínimas significativas observadas nesses Quadros permitem chegar a considerações análogas às do diâmetro das fibras, o que já era de se esperar pois tiveram comportamento semelhante ao daquela variável.



QUADRO 29 - Diferenças mínimas significativas encontradas para o comprimento das fibras do *E. grandis* aos 3 anos de idade com uma posição de amostragem em função do número de árvores, lâminas e fibras.

Número de Árvores	Posições	Número de Lâminas	Número de Fibras d. Lâmina	d.m.s.
1	1	1	1	484
			2	433
			3	414
			4	405
			5	399
			5	389
			5	370
			10	376
6	1	10	5	366
			1	319
			5	299
			5	292
7	1	10	1	313
			5	296
			5	294
			5	290
			10	291
			10	289
8	1	10	11	309
			5	293
			5	288
10	1	10	1	302
			5	289
			5	285
20	1	10	1	289
			5	282
			5	280
21	1	10	1	288
			5	282
			5	280

QUADRO 30 - Diferenças mínimas significativas encontradas para o comprimento das fibras do *E. grandis* aos 3 anos de idade com duas posições de amostragem em função do número de árvores, lâminas e fibras.

Número de Árvores	Posições	Número de Lâminas	Número de Fibras d. Lâmina	d.m.s.
1	2	1	1	343
			2	307
			3	294
			4	288
		5	1	276
			5	262
			10	267
			5	256
6	2	1	1	226
			5	212
		10	206	
7		1	1	222
			5	209
		5	1	208
			5	205
		10	1	206
			5	205
8		1	1	218
			5	207
		10	204	
20		1	1	204
			5	199
		10	198	
21		1	1	204
			5	199
		10	198	

QUADRO 31 - Diferenças mínimas significativas encontradas para o comprimento das fibras do *E. grandis* aos 3 anos de idade com três posições de amostragem em função do número de árvores, lâminas e fibras.

Número de Árvores	Posições	Número de Lâminas	Número de Fibras d. Lâmina	d.m.s.
1	3	1	1	281
			2	252
			3	241
			4	236
			5	232
			5	226
			5	215
			10	219
			5	213
			6	3
5	173			
10	169			
7	3	1	1	181
			5	171
		5	1	170
			5	168
		10	1	168
			5	167
8	3	1	1	178
			5	170
		10	166	
20	3	1	1	167
			5	163
		10	162	
21	3	1	1	166
			5	163
		10	162	



QUADRO 32 - Diferenças mínimas significativas encontradas para o diâmetro das fibras do *E. grandis* aos 3 anos de idade com uma posição de amostragem em função do número de árvores, lâminas e fibras.

Número de Árvores	Posições	Número de Lâminas	Número de Fibras d. Lâmina	d.m.s.
1	1	1	1	14,77
			2	11,10
			3	9,58
			4	8,72
			5	8,15
5	1	5	1	8,03
			5	5,84
		10	1	6,73
			5	5,49
			5	3,73
5	1	5	3,68	
		5	2,58	
		10	2,58	
6	1	5	5	3,43
			1	3,38
			5	2,52
			10	2,38
7	1	5	5	3,19
			1	3,14
			5	2,23
8	1	5	5	3,00
			1	2,96
			5	2,11
10	1	5	5	2,71
			1	2,68
			5	1,93
15	1	5	5	2,28
			1	2,24
			5	1,66
20	1	5	5	2,02
			1	1,75
			5	1,50
21	1	5	5	1,98
			1	1,96
			5	1,48

QUADRO 33 - Diferenças mínimas significativas encontradas para o diâmetro das fibras do *E. grandis* aos 3 anos de idade com duas posições de amostragem em função do número de árvores, lâminas e fibras.

Número de Árvores	Posições	Número de Lâminas	Número de Fibras d. Lâmina	g.m.s.
1	2	1	1	10,77
			2	8,28
			3	7,26
			4	6,70
			5	6,34
			1	6,25
			5	4,90
			10	5,43
			10	4,68
			5	
1	2,85			
5	2,17			
6		1	5	2,65
			1	2,62
			5	2,00
7		1	5	2,46
			1	2,43
			5	1,86
8		1	5	2,32
			1	2,29
			5	1,76
10		1	5	2,09
			1	2,07
			5	1,60
15		1	5	1,75
			1	1,73
			5	1,36
20		1	5	1,54
			1	1,53
			5	1,22
21		1	5	1,51
			1	1,50
			5	1,19

QUADRO 34 - Diferenças mínimas significativas encontradas para o diâmetro das fibras do *E. grandis* aos 3 anos de idade com três posições de amostragem em função do número de árvores, lâminas e fibras.

Número de Árvores	Posições	Número de Lâminas	Número de Fibras d. Lâmina	d.m.s.
1	3	1	1	9,03
			2	7,09
			3	6,31
			4	5,88
		5	1	5,60
			5	5,54
			5	4,54
		10	1	4,93
			5	4,38
		5	3	1
5	2,52			
10	2,01			
6	3	1	2,33	
		5	2,31	
		10	1,85	
7	3	1	2,17	
		5	2,15	
		10	1,72	
8	3	1	2,04	
		5	2,02	
		10	1,62	
10	3	1	1,84	
		5	1,82	
		10	1,47	
15	3	1	1,53	
		5	1,51	
		10	1,24	
20	3	1	1,35	
		5	1,34	
		10	1,10	
21	3	1	1,32	
		5	1,31	
		10	1,08	



QUADRO 35 - Diferenças mínimas significativas encontradas para o diâmetro do lúmen do *E. grandis* aos 3 anos de idade com uma posição de amostragem em função do número de árvores, lâminas e fibras.

Número de Árvores	Posições	Número de Lâminas	Número de Fibras d. Lâmina	d.m.s.
1	1	1	1	6,36
			2	4,98
			3	4,44
			4	4,13
			5	3,94
5	1	5	3,74	
		5	3,01	
		10	3,27	
5	1	5	2,87	
		5	1,76	
		10	1,68	
5	1	5	1,28	
		5	1,61	
		10	1,53	
6	1	5	1,17	
		5	1,61	
		10	1,53	
6	1	5	1,17	
		5	1,49	
		10	1,42	
7	1	5	1,09	
		5	1,49	
		10	1,42	
7	1	5	1,09	
		5	1,39	
		10	1,32	
8	1	5	1,02	
		5	1,39	
		10	1,32	
8	1	5	1,02	
		5	1,25	
		10	1,18	
10	1	5	0,91	
		5	1,25	
		10	1,18	
10	1	5	0,91	
		5	1,02	
		10	0,97	
15	1	5	0,74	
		5	1,02	
		10	0,97	
15	1	5	0,74	
		5	0,88	
		10	0,84	
20	1	5	0,64	
		5	0,88	
		10	0,84	
20	1	5	0,64	
		5	0,86	
		10	0,82	
21	1	5	0,63	
		5	0,86	
		10	0,82	

QUADRO 36 - Diferenças mínimas significativas encontradas para o diâmetro do lúmen do *E. grandis* aos 3 anos de idade com duas posições de amostragem em função do número de árvores, lâminas e fibras.

Número de Árvores	Posições	Número de Lâminas	Número de Fibras d. Lâmina	d.m.s.
1	2	1	1	4,67
			2	3,74
			3	3,38
			4	3,18
			5	3,05
		5	1	2,93
			5	2,47
			10	2,63
			5	2,38
			5	
1	1,31			
5	1,07			
6		10	5	1,25
			1	1,20
			5	0,97
7		10	5	1,16
			1	1,11
			5	0,90
8		10	5	1,08
			1	1,04
			5	0,84
10		10	5	0,97
			1	0,93
			5	0,76
15		10	5	0,79
			1	0,76
			5	0,62
20		10	5	0,68
			1	0,66
			5	0,54
21		10	5	0,67
			1	0,64
			5	0,52

QUADRO 37 - Diferenças mínimas significativas encontradas para o diâmetro do lúmen do *E. grandis* aos 3 anos de idade com três posições de amonstragem em função do número de árvores, lâminas e fibras.

Número de Árvores	Posições	Número de Lâminas	Número de Fibras d. Lâmina	d.m.s.
1	3	1	1	3,94
			2	3,22
			3	2,94
			4	2,79
			5	2,69
			5	2,60
5	3	10	2,26	
		1	2,38	
		5	2,20	
5	3	1	1,20	
		5	1,16	
		10	0,98	
6	3	1	1,10	
		5	1,06	
		10	0,90	
7	3	1	1,02	
		5	0,98	
		10	0,83	
8	3	1	0,95	
		5	0,92	
		10	0,78	
10	3	1	0,85	
		5	0,82	
		10	0,70	
15	3	1	0,70	
		5	0,67	
		10	0,57	
20	3	1	0,60	
		5	0,58	
		10	0,49	
21	3	1	0,59	
		5	0,57	
		10	0,48	



QUADRO 38 - Diferenças mínimas significativas encontradas para a espessura da parede das fibras do *E. grandis* aos 3 anos de idade com uma posição de amostragem em função do número de árvores, lâminas e fibras.

Número de Árvores	Posições	Número de Lâminas	Número de Fibras d. Lâmina	d.m.s.	
1	1	1	1	3,24	
			2	2,57	
			3	2,30	
			4	2,16	
			5	2,06	
		5	10	1	2,02
				5	1,68
				1	1,81
				5	1,63
				5	0,96
5	1	5	0,94		
		10	0,78		
		5	0,88		
6	1	5	0,87		
		10	0,72		
		5	0,83		
7	1	5	0,81		
		10	0,67		
		5	0,78		
8	1	5	0,77		
		10	0,64		
		5	0,71		
10	1	5	0,70		
		10	0,59		
		5	0,60		
15	1	5	0,59		
		10	0,51		
		5	0,54		
20	1	5	0,54		
		10	0,46		
		5	0,53		
21	1	5	0,53		
		10	0,46		
		5	0,46		

QUADRO 39 - Diferenças mínimas significativas encontradas para a espessura da parede das fibras do *E. grandis* aos 3 anos de idade com duas posições de amostragem em função do número de árvores, lâminas e fibras.

Número de Árvores	Posições	Número de Lâminas	Número de Fibras d. Lâmina	d.m.s.
1	2	1	1	2,43
			2	1,98
			3	1,81
			4	1,72
			5	1,66
			1	1,64
			5	1,43
			10	1,51
			5	1,40
			5	
5	0,76			
10	0,65			
6		1	5	0,70
			5	0,70
			10	0,60
7		1	5	0,66
			5	0,65
			10	0,56
8		1	5	0,62
			5	0,61
			10	0,53
10		1	5	0,56
			5	0,55
			10	0,49
15		1	5	0,48
			5	0,47
			10	0,42
20		1	5	0,42
			5	0,42
			10	0,37
21		1	5	0,42
			5	0,41
			10	0,37

QUADRO 40 - Diferenças mínimas significativas encontradas para a espessura da parede das fibras do *E. grandis* aos 3 anos de idade com três posições de amostragem em função do número de árvores, lâminas e fibras.

Número de Árvores	Posições	Número de Lâminas	Número de Fibras d. Lâmina	d.m.s.
1	3	1	1	2,09
			2	1,75
			3	1,62
			4	1,55
		5	1	1,51
			1	1,49
			5	1,34
		10	1	1,40
			5	1,32
5		1	0,69	
		5	0,68	
		10	0,61	
6		1	0,64	
		5	0,63	
		10	0,56	
7		1	0,59	
		5	0,58	
		10	0,52	
8		1	0,56	
		5	0,55	
		10	0,49	
10		1	0,50	
		5	0,50	
		10	0,45	
15		1	0,42	
		5	0,42	
		10	0,38	
20		1	0,38	
		5	0,37	
		10	0,34	
21		1	0,37	
		5	0,36	
		10	0,33	



## 5 - RESUMO E CONCLUSÕES

O trabalho foi desenvolvido com o objetivo de procurar estudar os principais fatores que influenciam nos índices da qualidade da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden aos 3 anos de idade, como também procurar relações matemáticas entre os mesmos. Os parâmetros escolhidos para avaliação da qualidade foram a densidade básica, o comprimento, o diâmetro, o lúmen e a espessura das paredes das fibras.

Para a determinação da densidade utilizaram-se 60 árvores provenientes de Itupeva e Mogi Guaçu, duas regiões do Estado de São Paulo, e destas retirou-se 21 com um DAP médio de 10,0 cm para a determinação das características das fibras. Nas duas regiões as taxas de crescimento das árvores em altura e diâmetro foram semelhantes. A densidade básica foi determinada em secções transversais do caule (discos) pelo método da balança hidrostática, e em secções transversais retiradas com a sonda de Pressler pelo método do máximo teor de umidade. A partir dos valores de densidade dos discos obtidos de 2,00 em 2,00 m calculou-se a densidade básica média da árvore.

As amostras "tipo Pressler" das 21 árvores com DAP médio de 10,0 cm foram seccionadas em 3 posições correspondentes ao 1º, 2º e 3º ano de crescimento, de comprimentos iguais respectivamente a 2,5 cm, 1,5 cm e 1,0 cm. Nessas determinaram-se a densidade básica e as características das fibras. A densidade foi pesquisada, pelo método do máximo teor de umidade, antes e após extração com solução de álcool

-benzeno. As características das fibras foram determinadas na madeira macerada com solução composta de 1 parte de água oxigenada, 5 partes de ácido acético glacial e 4 partes de água destilada. Após o preparo das lâminas onde as fibras foram coloridas com safranina e fixadas com geleia de glicerina procedeu-se às medições em microscópio com aumento de 100 vezes para comprimento e 400 vezes para diâmetro da fibra e do lúmen.

Após a obtenção dos parâmetros estudados, os valores foram analisados estatisticamente para verificação das relações existentes entre as variáveis. Foram realizadas análises de variância, regressões simples e múltiplas e estabeleceu-se uma estratégia de amostragem baseada nos componentes de variância para avaliar o número necessário de repetições na estimativa das características das fibras.

Da discussão dos resultados podem ser retiradas as seguintes conclusões:

- 1 - A densidade básica da madeira no DAP não variou com os locais considerados;
- 2 - A densidade básica média da árvore (Y), em  $g/cm^3$ , pode ser estimada a partir da densidade básica do disco (X) pela equação de regressão linear:

$$Y = 0.1256 + 0.7114 X$$

- 3 - Não se encontrou correlação significativa entre densidade básica e classes diametraes indicando que a seleção

de árvores com densidades mais desejáveis deve ser feita dentro das classes de diâmetro;

- 4 - As amostras "tipo Pressler" tendem a superestimar o valor da densidade básica em relação ao disco. Para efeitos comparativos entre árvores nos trabalhos de melhoramento florestal, elas podem ser utilizadas pois apresentam valores de coeficientes de variação semelhantes aos da amostragem destrutiva;
- 5 - A determinação da densidade básica não foi afetada pela quantidade de extrativos presentes após sua extração com solução de álcool-benzeno;
- 6 - Para a densidade básica ficou evidenciada em 35% dos casos a probabilidade de se prever no segundo ano, os valores do terceiro ano de crescimento;
- 7 - A densidade básica e o comprimento das fibras do *E. grandis* determinadas ao DAP mostraram a tendência de crescer da região próxima à medula para aquela próxima à casca.
- 8 - Os valores de diâmetro das fibras, do lúmen e a espessura das paredes das fibras amostradas ao DAP não se modificaram quando consideradas no sentido radial (medula-casca);
- 9 - As árvores de *E. grandis* aos 3 anos de idade diferiram entre si dentro das três posições estudadas para o comprimento, o diâmetro, o lúmen e a espessura das paredes



das fibras indicando a possibilidade de se selecionar árvores com essas características mais desejáveis nos primeiros anos, embora não se possa prever quanto des se ganho será mantido nos anos subsequentes;

- 10 - Para as árvores de *E. grandis* foi evidenciada a possibilidade de se realizar uma seleção conjunta levando-se em conta pelo menos três das características das fibras;
- 11 - Nos primeiros anos de crescimento mais da metade da variação total do comprimento de fibras foi devida a posições de amostragem, o que ressalta a importância que deve ser dada à posição da amostra quando se realiza uma pesquisa em qualidade da madeira;
- 12 - A densidade básica da madeira não se correlacionou com as características das fibras através de uma equação de regressão múltipla cujo modelo linear era de primeira ordem;
- 13 - As melhores estimativas dos índices de qualidade de madeira estudados foram obtidas quando se determinou a densidade básica, o comprimento e o diâmetro das fibras, embora se justifique a mensuração do diâmetro do lúmen e da espessura das paredes das fibras para estabelecer o seu relacionamento com as propriedades tecnológicas da madeira;

- 14 - A metodologia de cálculo dos componentes da variância mostrou-se útil na estratégia de amostragem para cada característica das fibras indicando o número de árvores a amostrar para determinada variável em função da diferença mínima significativa considerada ideal.
- 15 - O aumento do número de árvores, lâminas e fibras a serem medidas não levou, na maioria dos casos, a ganhos consideráveis na precisão das estimativas;
- 16 - A técnica de realizar mensurações das variáveis que definem a qualidade da madeira nos incrementos diame-trais médios anuais mostrou-se eficiente em controlar algumas das causas de variação que levam a erros de estimativas, principalmente em madeiras nas quais não se consegue estabelecer o número de anéis formados em cada ano e as variações decorrentes de condições de crescimento diversas.

## 6 - SUMMARY

This work has been developed having the main objective of studying variation wood quality in 3 years old *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. Basic density, fiber length and cell width, lumen and wall thickness were picked out as parameters for this investigation.

Wood basic density evaluation has been based on 60 trees from sites of Itupeva and Mogi Guaçu, both in São Paulo State. In both these sites, growth rate at height and diameter, was similar.

In order to investigate fiber characteristics, 21 trees were taken out of the former 60, with an average DBH (diameter at breast height) of 10.0 cm.

Basic density has been determined in stem transversal sections (disc) through Water Displacement Method. From basic density values obtained at every 2 meters, it was possible to calculate the average basic density of the tree.

The "Pressler samples" were taken out of the DBH of those 21 trees above mentioned. These samples were cut in 3 segments in radial position, each of them corresponding to first, second and third annual growth. The 1<sup>st</sup> year corresponding diameter growth was 2.5 cm; the 2<sup>nd</sup> year, 1.5 cm and the 3<sup>rd</sup> year, 1 cm. In these segments, it has been determined both, wood basic density - before and after the extraction with alcohol-benzene solution - and, fiber characteristics.



Basic density was determined by the Maximum Moisture Content. The fiber characteristics were fixed on wood after maceration. The solution for maceration was made of peroxide, acetic acid and water in 1:5:4 proportion.

The fibers were coloured with safranine and stained through "glicerín jam".

The fiber length was increased one hundred times and also were cell width and lumen four hundred times, for microscope reading.

Therefore, data were statistically analysed, by means of variance analysis and multiple and simple regressions.

Variance components were computed and used in a sample strategy establishment in order to determine the necessary number of repetitions on estimating fiber characteristics.

Thus, the following conclusions were taken:

- 1 - Wood basic density at the DBH level in Itupeva, was not different from that of Mogi-Guaçu.
- 2 - The average tree basic density in  $\text{g/cm}^3$  can be estimated from DBH level basic density (X), through a linear equation:

$$Y = 0.1256 + 0.7114 X$$

- 3 - There was no correlation between basic density and DBH, indicating that tree selection for density should be done in diameter classes.
- 4 - Basic density values obtained through "Pressler samples" are to be found as greater than those obtained through "disc samples". On forest improvement procedures, the "Pressler samples" may be used because they present similar variance coefficients to "disc samples".
- 5 - Basic density determination was not affected by the quantity of extractives solved in alcohol-benzene solution.
- 6 - Third year basic density can be evaluated from 2<sup>nd</sup> year basic density in 35% of the cases.
- 7 - Basic density and fiber length at the DBH level, were not modified from pith to bark.
- 8 - Fiber width, lumen and wall thickness at the DBH level were not modified from pith to bark.
- 9 - The 3 years old *Eucalyptus grandis* trees differed one from another in fiber length, width, lumen and wall thickness as far as positions were concerned, indicating the possibility of selecting trees with these most available features in the 1<sup>st</sup> years, though it is not possible to calculate how much of this amount will be maintained in the next years.

- 10 - It was evidenced an *E. grandis* possibility of proceeding an united selection of fiber characteristics, taking on account at least, three of them.
- 11 - More than a half of the whole variation in the fiber length was due to sample positions. So, the sample position must be taken as an important factor on researching wood quality.
- 12 - Wood basic density could not be interrelated to the fiber characteristics, through a multiple linear regression of 1<sup>st</sup> order.
- 13 - The best estimatives of the studied wood quality indices were obtained through the extent of the basic density, fiber length and width. Lumen width and cell wall thickness must however be measured, in order to establish their relations to the technological wood properties.
- 14 - The variance compounds calculation techniques became useful in sampling strategy for fiber characteristics, indicating possible number of trees for each characteristic, related to the least significant detectable differences.
- 15 - The increase of the number of trees, slides and fibers to be measured was not, in most of the cases, significant as to the estimative precisions.



16 - The technique of measuring the wood quality characteristics in annual diameter growth, was efficient in controlling several of the variance factors related to estimative errors.

This must be used mainly in those woods of unestablished annual ring number.

7 - BIBLIOGRAFIA

AMOS, G.L.; BISSET, I.J.W.; DADSWELL, H.E. - Wood structure in relation to growth in *Eucalyptus gigantea* Hook F. Australian. J.Sci.Res: sērie B, 3: 393-413, 1950. In: The influence of environment and genetics on pulpwood quality: An annotated bibliography. *Tappi Monograph Series*, (24): 15, 1962.

BENSON, P.H. - The application of silviculture in controlling the specific gravity of wood. USDA, 1930, 19 p. (Technical Bulletin, 168).

---

- Specific gravity of *Populus* species and hybrids. USDA. Forest Service, 1956, 17 p. (Report n° 2060).

---

- The application of silviculture in controlling the specific gravity of wood. USDA. Forest Service, 1963, 97 p. (Technical Bulletin n° 1288).

BERLYN, G.P. - Recent advances in wood anatomy. The cell wall in secondary xylem. *For.Prod.J.*, 14(10): 467-476, 1964.

BIELCZYK, S. - Investigation of the physical and mechanical properties of wood of *Quercus robur* s.l. and *Carpinus betulus* originating from a forest community resembling a natural community. *Prace Inst.Tech.Drewna*, 3(3): 92-110, 1956. In: *For Abstr.*, 19: 3401, 1958.

BISSET, L.J. & DADSWELL, H.E. - The variation of fiber length within one tree of *Eucalyptus regnans*. *Australian For.* 13(12): 86-96, 1949.

BOYCE, S.G. & KAEISER, M. - Improve wood quality in eastern cottonwood by breeding and selecting for straight vertical stems. *So. Lumberman*, 209(2609): 115-118, 1964.

BRASIL, M.A.M. - *Variação da densidade básica da madeira de Eucalyptus propinqua Deane ex Maiden em função do local e do espaçamento*. ESALQ - USP, 1972, 75 p (Tese de Mestrado).

\_\_\_\_\_ & FERREIRA, M. - *Variação da densidade básica da madeira de Eucalyptus saligna Sm., Eucalyptus alba Reinw e Eucalyptus grandis Hill ex Maiden aos 5 anos de idade, em função do local e do espaçamento*. IPEF 2/3:129-149, 1971.

\_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_ - *Variação da densidade básica e das características das fibras em Eucalyptus grandis Hill ex Maiden ao nível do DAP*. IPEF 4: 81-90, 1972.

\_\_\_\_\_ ; FOELKEL, C.E.B.; BARRICHELO, L.E.G.; HIGA, A.R. - *Variação das características e das propriedades físico mecânicas com a refinação da celulose sulfato de madeira de Eucalyptus saligna Smith*. IPEF 5: 33-45, 1972.

BROWN, H.P.; PANSHIN, A.J.; FORSAITH, C.C. - *Textbook of wood technology*. Nova York. Mac. Graw - Hill Book Company Inc., 1949. 625 p. (Vol. 1).



- BROWN, I.R. & VALENTINE, F.A. - Natural variation in specific gravity and fiber length in *Populus tremuloides* clones. (Proceedings) 10 th North. Forest Tree Impr. Conf. 1963, 14 p.
- BUIJTENEN, J.P. van; EINSPAHR, D.W.; JORANSON, P.N. - Natural variation in *Populus tremuloides* Michx *Tappi* 42(10): 819-823, 1959.
- BURGER, H. - (Wood foliage yield and growth. IV - An 80 years old beech stand) *Mitt. Schweiz. Centralanstalt for stt Versuchsw* (21): 307-348, 1940. In: The influence of environmental and genetics on pulpwood quality: an annotated bibliography. *Tappi Monograph Series* (24): 90, 1962.
- BURLEY, J.; ADLARD, P.G.; WATERS, P. - Variances of tracheid lengths in tropical pines from central Africa. *Wood Sci. and Technol*, 4: 36-44, 1970a.
- \_\_\_\_\_ ; POSNER, T.; WATERS, P. - Sampling techniques for measurement of fibre length in *Eucalyptus* species. *Wood Sci. and Technol.*, 4: 240-245, 1970b.
- \_\_\_\_\_ ; HUGHES, J.F.; LAMB, A.F.A. - Variation in wood quality of *Pinus caribaea* var. *caribaea* Barrett and Golfari; preliminary analysis of five trees from plantations at Topes de Collantes, Cuba, 1972, 24 p. (Trabalho não publicado).

CECH, M.Y.; KENNEDY, R.W.; SMITH, J.H.G. - Variation in some wood quality attributes of one year old black cottonwood. *Tappi*, 43(10): 857-858, 1960.

CHALK, L. - Variation in density in stems of Douglas fir. *Forestry*, 26: 33-36, 1953.

CLARK III, A. & TARAS, M.A. - Wood density surveys of the minor species of yellow pine in the eastern United States. Part VII: *Pinus elliottii* var. *densa* Litte & Dorman. USDA Forest Service, 1970, 11 p. (Research Paper SE - 66).

---

& WAHLGREN, H.E. - Wood density surveys of the minor species of yellow pine in the eastern United States. Part V: *Pinus virginiana* Mill. USDA Forest Service. 1970, 11 p. (Research Paper SE - 64).

CURRÓ, P. - Seasonal variations in moisture content and basic density in 4 trees of *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. Publ. Cent. Sper. Agr. e Forestale. Roma (1): 215-226, 1957a. In: The influence of environmental and genetics on pulpwood quality: an annotated bibliography. *Tappi Monograph Series* (24): 151, 1962.

---

- Variations in moisture content and basic density in 15 trees of *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. Publ. Cent. Sper. Agr. e Forestale. Roma (1): 227-238, 1957b. In: The influence of environmental and genetics on pulpwood quality: an annotated bibliography. *Tappi Monograph Series* (24): 152, 1962.



DADSWELL, H.E. - *The density of Australian Timbers. A preliminary study.* Australia, Commonwealth Sci. Research Organization, Div. Forest Prods, 1931, 16 p. (Technical paper, 2).

DILLNER, B.; LJUNGER, A.; HERUD, C.A.; LARSEN, E.T. - The breeding of *Eucalyptus globulus* on the basis of wood density, chemical composition and growth rate. *Symposium on the Production and Industrial Utilization of Eucalyptus.* Lisboa, Portugal, 1971, 27 p.

DINWOODIE, J.M. - Variation in tracheid length in *Picea sitchensis*. Carr. Spec. Rep. For. Prod. Res., London (16): 55 p., 1963.

---

\_\_\_\_\_ - The relationship between fiber morphology and paper properties: a review of literature. *Tappi* 48 (8): 440-447, 1965.

---

\_\_\_\_\_ & RICHARDSON, S.D. - Studies on the physiology of xylem development. II Some effect of light intensity, day length and provenance on wood density and tracheid length in *Picea sitchensis*. Carr. Journ. Inst. Wood Science (7): 34-37, 1961.

DRAPER, N.R. & SMITH, H. - *Applied Regression Analysis.* Nova York, John Wiley & Sons, 1966. 407 p.



EINSPAHR, D.W.; BENSON, M.K.; HARDER, M.L. - Influence of irrigation and fertilization on growth and wood properties of Quaking Aspen. *Proc. Symposium on the effect of growth acceleration on the properties of wood.* Madison, Wisconsin, EUA, 1972. 11 p.

ESAU, K. - *Anatomia vegetal.* Barcelona Ediciones Omega. 2<sup>a</sup> Ed., 1959, 729 p.

EVERT, F. - Spacing studies - a review. *Forest Management Institute - Can. For. Ser. Infor. Report FMR, (37): 26-29, 1971.*

FARMER, Jr., R.E. & LANCE, W.L. - Phenotypic variation in specific gravity and fiber length of Cherrybark Oak. *Tappi*, 52(2). 317-319, 1969.

---

& WILCOX, J.R. - Specific gravity variation in a lower Mississippi valley cottonwood population. *Tappi*, 49(5): 210-211, 1966.

FERREIRA, M. - *Estudo da variação da densidade básica da madeira de Eucalyptus alba Reinw e Eucalyptus saligna Smith.* ESALQ - USP, 1968, 72 p. (Tese - Doutorado).

---

- *Estudo da variação da densidade básica da madeira de povoamentos de Eucalyptus grandis Hill ex Maiden.* ESALQ - USP, 1970, 62 p. (Tese - Livre Docência).

FERREIRA, M.; MELLO, H.A.; MOURÃO, M.A.M.; BANZATO, A.C. - Estudos preliminares de algumas características anatômicas de coníferas e folhosas. *O Solo*, 61(1): 79-82, 1968.

FERREIRINHA, M.P. - Propriedades físicas e mecânicas da madeira de Eucaliptos. (Relatório dos progressos realizados 1956 - 1961) II.<sup>a</sup> Conferência Mundial do Eucalipto. Relatório e Documentos, São Paulo, Brasil, (2): 1113-1112, 1961.

FIELDING, J.M. - The influence of silvicultural practices on wood properties. *Intern. Rev. of For Res.* Nova York, Academic Press, 1967, 316 p.

FOELKEL, C.E.B.; BRASIL, M.A.M.; BARRICHELO, L.E.G. - Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas. *O Papel*, 32(8): 57-61, 1972.

FOREST PRODUCTS LABORATORY - Methods of determining specific gravity of wood. USDA. Forest Service. Forest Prods. Lab., Madison, Wisc., 1956, 6 p. (Technical note B-14).

GODOY, H. & ORTOLANI, A.A. - Carta climática do Estado de São Paulo. Instituto Agrônomo de Campinas, SP. Brasil. (sem data).

GOHRE, K. & GOTZE, H. - (Investigation of the density of red beech wood) *Arch. Forstw.*, 5: 716-746, 1956. In: The influence of environmental and genetics on pulpwood quality: an annotated bibliography. *Tappi Monograph Series*, 24: 231, 1962.



- GREISS, E.A.M. - Effect of water supply on the structure of the xylem elements in certain trees in Egypt. Bull. Inst. Egypte. Session 1937/38. 20: 193-225, 1938. In: The influence of environmental and genetics on pulpwood quality: an annotated bibliography. Tappi Monograph Series, 24:239, 1962.
- GRIFFIOEN, K. - Researches on poplar wood in the Netherlands. Holz - Forschung, 11: 200-201, 1958.
- GUTH, E.B. - Variacion del largo de fibra em el leño de *Pinus elliottii*. IDIA (5): 31 p., 1968.
- HAMILTON, J.R. & HARRIS, J.B. - Influence of site on specific gravity and dimensions of tracheid in clones of *Pinus elliottii* Engelm. and *Pinus taeda* L. Tappi, 48(6): 330-333, 1965.
- HATA, K. - Studies on the pulp of akamatsu (*Pinus densiflora*) I. On the length, diameter and length/diameter ratio of tracheids in Akamatsu. Kewage-Ken Agric. Coll. 1(1): 1-35, 1949 (Technical Bulletin).
- HILLER, C.H. & BROWN, R.S. - Comparison of dimensions and fibril angles of loblolly pine tracheids formed in wet or dry growing seasons. Am. J. of Botany, 54(4): 453-459, 1967.
- HUGHES, J.F. - Variation in wood structure in relation to wood quality. Proc. Linn. Soc. London, 179(2): 275-278, 1968.



HUGHES, J.F. - The wood structure of *Pinus caribaea* in relation to use characteristics, growth conditions and tree improvement. Gainesville, Florida, EUA., 1971, 10 p. (IUFRO. Meeting, section 22).

---

\_\_\_\_\_ & ESAN, D. - Variation in some structural features and properties of *Gmelina arborea*. *Tropical Science* 11(1): 23-37, 1969.

JANE, F.W. - *The structure of wood*. London. A & A Black, 1956, 427 p.

JAYME, G. & HARDERS-STEINHAUSER, M. - (Variation in characteristics in the wood of young poplars brought about by concentration in a narrow growth association). *Holz Roh-u. Werkstoff*, 12: 3-7, 1954. In: The influence of environmental and genetics on pulpwood quality. An annotated bibliography. *Tappi Monograph Series*, 24: 341, 1962.

JAYNE, B.A. - Effect of site and spacing on the specific gravity of wood of plantation grown red pine. *Tappi*, 41(4): 162-166, 1958.

JOHNSON, L.P.V. - Studies on the relation of growth rate to wood quality in *Populus* hybrids. *Can. J. Res.*, 20: 28-40, 1942.

KEITH, C.T. - Characteristics of annual rings in relation to wood quality. *For. Prod. J.*, 11(3): 122-126, 1961.

- KELLISON, R.C. & ZOBEL, B.J. - Wood specific gravity and moisture content of five hardwood species of the Southern United States. Gainesville Florida. EUA, 1971, 13 p. (IUFRO Meeting, section 22).
- KENNEDY, R.W. - Fibre length of fast-and slow-grown black cottonwood. *Forest. Chron.*, 33: 46-50, 1957.
- \_\_\_\_\_ - Variation and periodicity of summerwood in some second-growth Douglas-Fir. *Tappi*, 44(3): 161-166, 1961.
- \_\_\_\_\_ - Anatomy and fundamental wood properties of poplar. In: Growth and Utilization of Poplars in Canada. Canadian Forestry. Branch, 1968, 257 p. (Departmental Publication n<sup>o</sup> 1205).
- \_\_\_\_\_ & SMITH, J.H.G. - The effects of some genetic and environmental factors on wood quality in poplar. *Pulp. Pap. Mag. Can.*, 59(2): 37-38, 1959.
- \_\_\_\_\_ & WILSON, J.W. - Studies on smooth and cork-bark *Abies lasiocarpa*. I. Fibre length comparisons. *Pulp. Paper Mag. Can.*, 55: 130-132, 1954.
- KIENHOLZ, R. - Effect of environmental factors on the wood structure of lodgepole pine, *Pinus contorta*. *Ecology*, London, 12: 354-379, 1931. In: The influence of environmental and genetics on pulpwood quality: An annotated bibliography. *Tappi Monograph Series*, (24): 391, 1962.



- McMILLIN, C.W. - Morphological characteristics of loblolly pine wood as related to specific gravity, growth rate, and distance from pith. *Wood Sci and Technol.*, 2 (3): 166-176, 1968.
- MELL, C.D. - Determination of quality of locality by fiber length of wood. *Forestry Quart.*, 8: 419-422, 1910. In: *The influence of environment and genetics on pulpwood quality: An annotated bibliography. Tappi Monograph Series*, 24: 484, 1962.
- MELLO, H.A. *et alii.* - A influência da espécie, do espaçamento e da idade no custo de produção de madeira industrial. *IPEF*, (5): 17-28, 1972.
- NELSON, N.D. & HEATHER, W.A. - Wood color, basic density and decay resistance in heartwood of fast-grown *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. *Holzforschung*, 26(2): 54-60, 1972.
- NYLINDER, P. - Non destructive field sampling systems of determining the wood density of standing timber over large areas, variation within and between species and the influence of environmental and other factors on wood density. Melbourne, Australia, 1965, 13 p. (IUFRO. Meeting, section 41).



PECHMANN, H. von. - (The relationship between the structure and strenght of a few hardwoods). Oxford, Londres - 1958. (IUFRO. 12<sup>th</sup> Congress). In: The influence of environmental and genetics on pulpwood quality: An annotated bibliography. *Tappi Monograph Series*, 24: 611, 1962.

PERRY, T.O. & WU, W.C. - The value of genetically superior seed. *J. of Forestry*, 56(11): 843-845, 1958.

PIMENTEL GOMES, F. - *Curso de Estatística Experimental* Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz" - USP, 1966, 404 p. (3<sup>o</sup> Ed.).

PRONIN, D. & LASSEN, L.E. - Evaluating quaking aspen of Wisconsin for a site - quality to wood quality relationship. USDA. Forest Service, 1970, 8 p. (Research - Paper FPL - 141).

PRYOR, L.D. & DADSWELL, H.E. - Wood characters of the F<sub>1</sub> hybrid, *Eucalyptus rubida* x *Eucalyptus maideni*. *Aust. J. Bot.*, 12(1): 39 p., 1964.

\_\_\_\_\_ ; CHATTAWAW, M.M.; KLOOT, N.H. - The inheritance of wood and bark characters in *Eucalyptus*. *Aust. J. Bot.*, 4(3): 216-239, 1956.

RANATUNGA, M.S. - A study of the fibre lengths of *Eucalyptus grandis* grown in Ceylon. *Ceylon Forester*, 6: 101-112, 1964.

- RUDMAN, P. - The influence of genotype and environment on wood properties of juvenile *Eucalyptus camaldulensis*. Dehn. *Silvae Genetica*, 19-2/3: 49-54, 1970.
- SACRE, E. - Relation between the physical and mechanical properties of the wood of poplar and the thickness of annual rings. Madison, Wisconsin. USA, 1963. (IUFRO Meeting, section 41).
- SANTOS, C.F.O. & NOGUEIRA, I.R. - O tamanho dos vasos e fibras do xilema secundário nos anéis de crescimento da *Tecoma chrysothrica*. Mart. *Anais da ESALQ, Piracicaba*, 19: 53-65, 1962.
- SAUCIER, J.R. & CLARK III, A. - Wood density surveys of the minor species of yellow pine in the eastern United States. Part IV: *Pinus rigida* Mill. USDA. Forest Service, 1970, 16 p. (Research Paper SE - 63).
- SAUCIER, J.R. & IKE, A.F. - Response in growth and wood properties of American Sycamore to fertilization and thinning. Wisconsin, EUA, 1972, 12 p. (Proc: Symposium on the effect of growth acceleration on the properties of wood).
- \_\_\_\_\_ & TARAS, M.A. - Specific gravity and fiber length variations within annual light increments of red maple. *For. Prod. J.*, 16(2): 33-36, 1966.



- SCARAMUZZI, G. - Wood fibre dimensions of some young Italian grown Eucalipts. FAO: 2.<sup>a</sup> Conferência Mundial do Eucalipto. Relatório e Documentos, 2: 1289-1294, 1961.
- SMITH, D.M. - Wood quality of loblolly pine after thinning. USDA. Forest Service, 1968, 12 p. (Research Paper. FPL - 89).
- \_\_\_\_\_ ; WAHLGREN, H.; BENGTON, G.W. - Effect of irrigation and fertilization on the wood quality of young slash pine. Madison, Wisconsin, EUA, 1971, 17 p. (Proc. Symposium on the effect of growth acceleration on the properties of wood).
- SMITH, J.H.G. & RUMA, U. - Specific gravity and fiber length of hybrid poplar. *J. of Forestry*, 69(1): 34 - 35, 1971.
- SMITH, W.J. - The heritability of fibre characteristics - and its application to wood quality improvement in forest trees. Melbourne, Australia, 1965, 33p. (IUFRO. Meeting, section 41).
- SPURR, S.H. & HSIUNG, W. - Growth rate and specific gravity in conifers. *J. Forestry*, 52(3): 191-200, 1954.
- SPURR, S.H. & HYVARINEN, M.J. - Wood fiber length as related to position in tree and growth. *The Botanical Rev.* 20(9): 561-575, 1954.



STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.H. - Principles and procedures of statistics with special reference to the biological sciences. New York, McGraw-Hill Book Company, Inc, 1960, 481 p.

STERN-COHEN, S. & FAHN, A. - Structure and variation of the wood fibres of *Eucalyptus gomphocephala* A.D.C along and across the stem. *La-Yaaren*, 14(4): 106-117; 132-133, 1964.

STRICKLAND, R.K. & GODDARD, R.E. - Correlation studies of slash pine tracheid length. *Forest Science*, 12(1): 54-62, 1966.

SUSMEL, L. - Density of *Eucalyptus rostrata* wood from the Agro Pontino. *Monte e Boschi*, 3: 75-78, 1952. In: *For. Abstr.* 13, 332, 1952.

---

- The specific gravity of *Eucalyptus rostrata* Schlecht wood from the Pontine Compagna. *Ital. forest e mont* 8: 222-227, 1953. In: The influence of environmental and genetics on pulpwood quality: An annotated bibliography. *Tappi Monograph Series*, 24: 773, 1962.

---

- Le poids spécifique du bois d'*Eucalyptus camaldulensis* par rapport a quelques facteurs relatifs a l'individu et au milieu. Rome, 1953, 1065-1075, - 1954. (IUFRO. 11 th Congress). In: The influence of environmental and genetics on pulpwood quality: An annotated bibliography. *Tappi. Monograph Series*, 24: 774, 1962.

TARAS, M.A. & SAUCIER, J.R. - Wood density surveys of the minor species of yellow pine in the eastern United States. Part I: *Pinus glabra* Walt. USDA Forest Service, 1968, 15 p. (Research Paper SE 34).

\_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_ - Wood density surveys of the minor species of yellow pine in the eastern United States. Part VI: *Pinus serotina* Michx. USDA. Forest Service, 1970, 12 p. (Research Paper SE - 65).

TAYLOR, F. - Anatomical wood properties of South African grown *Eucalyptus grandis*. *South African Forestry Journal*, 84: 20-24, 1973.

THORBJORNSEN, E. - Variation in density and fiber length in wood of yellow poplar. *Tappi*, 44(3): 192-195, 1961.

VALENTINE, F.A. - Natural variation in specific gravity in *Populus tremuloides* in Northern New York. USDA, 1962, 7 p. (Proc. 9<sup>th</sup> North. Forest Tree Impr. Conf.).

WAHLGREN, H.E. & SCHUMANN, D.R. - Properties of major southern pines. USDA. Forest Service, 1972, 68 p. (Research Paper FPL 176, 177).

WALTERS, C.S. & BRUCKMANN, G. - Variations in specific gravity of cottonwood as affected by tree, sex and stand location. *J. Forest.*, 63: 182-185, 1965.



WANGAARD, F.F. - Mechanism of cell-wall growth in secondary xylem. *Wood and Fiber*, 2(3): 188-195, 1970.

WEGELIN, H.M. - Poplar wood: properties and uses. Canadian Dep. Resources Develop. Forest Prod. Lab. Div., 1953 (Transl. n<sup>o</sup> 63).

WELLWOOD, R.W. - The effect of several variables on the specific gravity of second-growth Douglas-Fir. *Forestry Chron*, 28(3): 34-42, 1952.

WILDE, S.A.; BENSON, P.H.; MIKOLA, P. - Yield and quality of jack pine pulpwood produced on different types of soils in Wisconsin. *J. Forestry*, 49: 878-881, 1951.

ZOBEL, B. - Developing trees with qualities most desirable for paper. Gainesville, Florida, EUA., 1971, 26 p. (IUFRO. Meeting, section 22).

\_\_\_\_\_ & KELLISON, R.C. - Should wood be included in a pine tree improvement program. Gainesville, Florida, - USA, 1971, 11 p. (IUFRO. Meeting, section 22).



## 8 - A G R A D E C I M E N T O S

- Ao Dr. *Helládio do Amaral Mello* pela orientação e pelas oportunidades proporcionadas durante a nossa formação científica.
- Ao Dr. *Ricardo Antonio de Arruda Veiga* pelas sugestões oferecidas e apoio emprestados ao trabalho.
- Ao Dr. *Mário Ferreira* pelas críticas, sugestões e por sua responsabilidade na nossa formação dentro desse ramo da Ciência Florestal.
- A Dra. *Sheila Zambello de Pinho* pela elaboração dos programas e condução dos trabalhos de computação eletrônica.
- A Dra. *Martha Maria Mischan* pela ajuda nas análises estatísticas realizadas.
- Às firmas Champion Papel e Celulose S/A e Duratex S/A Indústria e Comércio pela colaboração material para execução do trabalho.

- Aos colegas, docentes da disciplina de Silvicultura e do Departamento de Fitotecnia da Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu que efetivamente colaboraram no trabalho.
- A Sra. *Lourdes Mariza Machado Pazinato* pela colaboração na versão para a língua inglesa do resumo e conclusões.
- A todos aqueles que, de um modo ou de outro, concorreram para o bom andamento do trabalho.