

CARACTERÍSTICAS DAS FIBRAS DE MADEIRA DE *Eucalyptus grandis*
HILL EX MAIDEN, AOS 3 ANOS DE IDADE.

Maria Aparecida Mourão Brasil*
Mário Ferreira**

O. D. C. 811.155 : 176.1 *Eucalyptus grandis*

SUMMARY

This work studied fiber length, cell width, lumem and cell wall thickness of 3 year old *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. The samples were cut in 3 segments in radial position each of them corresponding to first, second and third annual growth. The results showed that fiber length, lumem and cell wall thickness at the DBH level were not modified from pith to bark. The trees differed one from another in fiber characteristics indicating the possibility of selecting trees with the most available features in the 1st years.

1. INTRODUÇÃO

Dentre os índices que caracterizam a qualidade da madeira destacam-se a densidade básica e outros ligados à estrutura anatômica como o comprimento, o lúmem, o diâmetro e a espessura das paredes das fibras, pois estão associados às propriedades tecnológicas.

O presente trabalho teve por objetivo o estudo de características das fibras de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, aos 3 anos de idade, em continuidade aos estudos de BRASIL (1976) referentes à densidade básica.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

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 às 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

* Professora Assistente Doutora do Departamento de Agricultura e Silvicultura da Faculdade de Ciências Agronômicas do «Campus» de Botucatu da Universidade Estadual Paulista «Júlio de Mesquita Filho» (UNESP).

** Professor Adjunto do Departamento de Silvicultura da Escola Superior de Agricultura «Luiz de Queiroz» - USP - Piracicaba.

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).

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

BRASIL & 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 & 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 para os estudos da qualidade da madeira. THORBJORNSSEN (1961) e SMITH (1965) sugerem que a correlação entre densidade e características das fibras (comprimento, diâmetro e espessura das paredes) deveriam ser estudadas de uma maneira direta ou associada à proporção de lenhos formados. Segundo ZOBEL & 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. MATERIAIS E MÉTODOS

As árvores amostradas pertenciam a povoamentos de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden de 3 anos de idade, estabelecidos no espaçamento de 3 x 2 m, com mudas obtidas a partir de sementes procedentes da Austrália, da região de Coff's Harbour.

Foram amostradas 11 árvores em Itupeva e 10 em Mogi Guaçu, Estado de São Paulo. O povoamento de Itupeva era de propriedade da Duratex S.A. Indústria e Comércio, localizado no Horto da Mina, com clima tipo Cfa, sendo o solo do tipo podzolizado com cascalhos, pouco profundo e moderadamente drenado. O maciço de Mogi Guaçu pertencia ao Horto Santa Terezinha, de propriedade da Champion Papel e Celulose S.A., sendo o clima do tipo Cwa e o solo latosol vermelho fase arenosa, de classe textural barro argilo-arenoso, ácido, de baixa fertilidade, profundo e bem drenado.

Das 21 árvores escolhidas que tinham diâmetro de 10,0 cm foram extraídas amostras com sonda de Pressler a 1,30 m do nível do solo, para a obtenção das características das fibras. Procedeu-se à determinação do comprimento, do diâmetro da fibra e 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 água oxigenada e, 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.

Os valores médios de comprimento, diâmetro do lúmen e espessura das paredes das fibras, obtidos nas posições 1, 2 e 3 para as árvores de igual DAP, foram relacionados segundo uma regressão «passo a passo» (STEEL & TORRIE, 1960 e McMILLIN, 1968).

Para cada variável das características das fibras foi realizada uma análise de variância, segundo o esquema da tabela 1.

TABELA 1 - Esquema da análise de variância, com os respectivos componentes da variância, para cada uma das características das fibras.

TABLE 1 - Analysis of variance to each characteristic of studied fibers.

Causa de variação Source of variation	G.L. D.F.	Componentes de variância Components of variance
Árvores (A) Trees (A)	(a - 1)	$\sigma_f^2 + f\sigma_L^2 + cf\sigma_{AP}^2 + bcf\sigma_A^2$
Posições (P) Position (P)	(b - 1)	$\sigma_F^2 + f\sigma_L^2 + cf\sigma_{AP}^2 + bcf\sigma_P^2$
A vs. P	(a - 1) (b - 1)	$\sigma_F^2 + f\sigma_L^2 + cf\sigma_{AP}^2$
Lâminas d. A d. P Plates	(c - 1) ab	$\sigma_F^2 + f\sigma_L^2$
Fibras d. L d. A d. P Fibres	(f - 1) abc	σ_F^2
Total	(a.b.c.f. - 1)	

onde:

a = número de árvores

number of trees

b = posições

position

c = número de lâminas

number of plates

f = número de fibras

number of fibers

A partir dos valores obtidos para os componentes de variância foram determinadas as porcentagens dos efeitos de cada fonte na variação total.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Variação do comprimento das fibras nas três posições consideradas

As determinações nos três anos de crescimento foram efetuadas nas posições 1, 2 e 3, correspondentes ao crescimento de 5,0; 3,0 e 2,0 cm, da região próxima à medula (1) até a próxima à casca (3).

O comprimento das fibras foi, em média, de 801,7 micra na posição 1; 940,5 micra na posição 2 e 993,0 micra na posição 3.

A análise de variância para os dados de comprimento de fibras é apresentada na tabela 2.

TABELA 2 - 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.

TABLE 2 - Results of analysis of variance to fiber length of 21 trees of *E. grandis* (DBH = 10 cm and three years old), considering segmented samples taken in the radial position corresponding to the first, second and third annual growth.

Causa de variação Source of variation	G.L. D.F.	QM MS	F
Árvores (A) Trees	20	379.753,78	1,06
Posições (P) Position	2	10.260.488,50	28,64**
A vs. P	40	358.239,65	20,13**
Árvores d. P ₁ Tree	20	547.513,03	30,76**
Árvores d. P ₂ Trees	20	239.443,52	13,45**
Árvores d. P ₃	20	309.277,15	17,38**
Lâminas d. A d. P Plates	567	17.797,42	1,52**
Fibras d. L d. A d. P Fibres	2520	11.705,23	

* * significativo ao nível de 1% de probabilidade
significant at 1% probability level

A análise de variância mostrou uma interação altamente significativa 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, mostrou diferenças entre as árvores. As árvores com maiores comprimentos médios no 1.0 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. Essa tendência mostra a possibilidade de se selecionar árvores com valores de comprimentos de fibras 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 & SMITH (1959) ressaltaram a possibilidade de selecionar *Populus* com densidade e comprimento de fibras maiores já no primeiro ano. Afirmam que essa superioridade em comprimento se manteria desde que as condições de crescimento não se alterassem bruscamente.

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, 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 P² e P³ foi o único não significativo pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Na Tabela 3 acham-se relacionados os valores de cada componente da variância e as respectivas porcentagens da variação total para o comprimento das fibras de *E. grandis*. Pela análise dos componentes da variância relacionados na Tabela 3, pode-se verificar que a variação devida ao componente Árvore foi de 0,49% da variação total. A análise através do teste F, para o componente Lâmina (Tabela 2) mostrou significância 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 se considerou os componentes de variância (Tabela 3), 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 à interação Árvores vs. Posição. Depreende-se que mais da metade da variação é, nos primeiros anos, devida aos componentes ligados às posições de amostragem. Esses resultados, aliados 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.

TABELA 3 - 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.
TABLE 3 - Mean values of variance components and total variation (in percentage) to fiber length of *E. grandis* three years old.

Estimativa dos componentes de variação Estimation of the component of variance	Valores Values	Varição total (%) Total variation (%)
σ_A^2	143,43	0,49
σ_P^2	9.430,71	32,18
σ_{AP}^2	6.808,84	23,23
σ_L^2	1.218,43	4,16
σ_F^2	11.705,23	39,94

σ_A^2 = Variância entre árvores
 σ_A^2 = Variance among trees
 σ_P^2 = Variância entre posições
 σ_P^2 = Variance among "positions"
 σ_{AP}^2 = Interação árvore - posições
 σ_{AP}^2 = Interaction tree - "positions"
 σ_L^2 = Variância do componente lâmina
 σ_L^2 = Variance of plates components
 σ_F^2 = Variância do componente fibras
 σ_F^2 = Variance of fibers component

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 requeridas 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 a 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.

4.2. Variação do diâmetro e do lúmen das fibras nas três posições consideradas

O diâmetro e o lúmen das fibras, em micra, foram também mensurados nas três regiões para as 21 árvores com o mesmo DAP de 10,0 cm. Os valores médios de diâmetro encontrados foram de 19,87 micra na posição 1; 20,23 micra na posição 2, e 20,74 micra na

posição 3. Os valores médios correspondentes ao lúmen das fibras foram, respectivamente, de 9,74; 9,71 e 10,03 micra.

Quando a variação média no sentido radial da medula (1) para a casca (3) foi considerada, notou-se que não houve diferença nos três primeiros anos de crescimento no diâmetro e no lúmen 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 lúmen os valores foram 9,74, 9,71 e 10,03 micra. BRASIL & FERREIRA (1972), em árvores de 16 anos de *E. grandis*, não encontraram variação no sentido radial para o diâmetro das fibras, enquanto o lúmen decrescia no sentido medula-casca. Esse fator parece indicar um crescimento máximo em diâmetro, seguido da deposição de material na parede celular de fora para dentro.

Para verificar a variação entre árvores dessas variáveis das fibras foi procedida a análise de variância apresentadas nas Tabelas 4 e 5.

Pelos resultados (Tabelas 4 e 5) da análise de variância do diâmetro das fibras e do lúmen, 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.

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 lúmen pode ser constatada nos três primeiros anos.

Procurou-se explicar melhor essas variações, quantificando percentualmente os resultados da análise de variância realizada pelo teste F. Os valores obtidos para os componentes da variância do diâmetro e do lúmen são apresentados nas Tabelas 6 e 7.

TABELA 4 - Análise de variância do diâmetro das fibras de *E. grandis*, aos 3 anos de idade.

TABLE 4 - Results of analysis of variance to fibers diameter of *E. grandis* three years old.

Causa de variação Source of variation	G.L. D.F.	QM MS	F
Árvore (A)	20	355,61	3,67**
Posição (P)	2	201,97	2,08
A vs. P	40	96,97	3,83**
Árvore d. P ₁	20	185,80	7,34**
Árvore d. P ₂	20	236,80	9,36**
Árvore d. P ₃	20	127,14	5,03**
Lâminas d. A d. p	567	25,29	1,07**
Fibras d. L d. A d. P	2520	23,69	

** significativo ao nível de 1% de probabilidade
significant at 1% probability level

TABELA 5 - Análise de variância do diâmetro médio do lúmen do *Eucalyptus grandis*, aos 3 anos de idade.

TABLE 5 - Results of analysis of variance to lumem mean diameter of *E. grandis* three years old.

Causa de variação Source of variation	G.L. D.F.	QM MS	F
Árvore (A)	20	90,54	2,84**
Posição (P)	2	32,51	1,02
A vs. P	40	31,85	6,28**
Árvore d. P ₁	20	49,68	9,80**
Árvore d. P ₂	20	30,50	6,02**
Árvore d. P ₃	20	74,06	14,61**
Lâminas d. A d. p	567	5,07	1,30**
Fibras d. L d. A d. P	2520	3,89	

** significativo ao nível de 1% de probabilidade
significant at 1% probability level

TABELA 6 - 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.

TABLE 6 - Mean values of variance components and total variation (in percentage) to fibers diameter of *E. grandis* three years old.

Estimativa dos componentes de variação Estimation of the component of variance	Valores Values	Varição total (%) Total variation (%)
σ_A^2	1,72	6,31
σ_P^2	0,10	0,38
σ_{AP}^2	1,43	5,24
σ_L^2	0,32	1,17
σ_F^2	23,69	86,90

TABELA 7 - Valores dos componentes da variância e as respectivas porcentagens da variação total para o diâmetro das lúmen da fibras do *E. grandis*, aos 3 anos de idade.

TABLE 7 - Mean values of variance components and total variation (in percentage) to fibers lumem diameter of *E. grandis* three years old.

Estimativa dos componentes de variação Estimation of the component of variance	Valores Values	Varição total (%) Total variation (%)
σ_A^2	0,39128	7,74
σ_P^2	0,00062	0,02
σ_{AP}^2	0,53561	10,60
σ_L^2	0,23553	4,66
σ_F^2	3,89056	76,98

Nos primeiros anos de crescimento, a variação devido a Posições é muito pequena, 0,38 e 0,02% da variação total para o diâmetro das fibras e do lúmem. A variação devido a Árvores é de 6,31% e 7,74%, respectivamente. Os componentes devido a Lâminas, embora significativos de teste F, 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 devido às diferenças individuais entre as fibras. Esse fato é explicado quando se considera que nos primeiros 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 centrípeta do material celulósico. Dessa maneira, até essa idade, só as diferenças individuais se manifestaram.

4.3. 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 lúmem, 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 revelam valores médios de, respectivamente, 5,07; 5,17 e 5,34 micra.

Foi realizada também para essa variável uma análise de variância e se estabeleceu os valores percentuais dos componentes da variância relacionados, respectivamente, nas Tabelas 8 e 9.

Entende-se da Tabela 8 que a análise de variância para espessura das paredes das fibras apresentou as mesmas significâncias que o diâmetro das fibras e do lúmem. 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 procedeu-se às medições 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.

TABELA 8 - Análise de variância da espessura da parede das fibras do *E. grandis*, aos 3 anos de idade.

TABLE 8 - Results of analysis of variance to cell wall thickness of *E. grandis* three years old.

Causa de variação Source of variation	G.L. D.F.	QM MS	F
Árvore (A)	20	32,07	3,97**
Posição (P)	2	19,63	2,43
A vs. P	40	8,07	7,27**
Árvore d. P ₁	20	16,22	14,61**
Árvore d. P ₂	20	15,38	13,86**
Árvore d. P ₃	20	16,60	14,95**
Lâminas d. A d. p	567	1,11	1,13**
Fibras d. L d. A d. P	2520	0,98	

** significativo ao nível de 1% de probabilidade
significant at 1% probability level

TABELA 9 - Valores dos componentes da variância e as respectivas porcentagens da variação total para a espessura da parede das fibras do *E. grandis*, aos 3 anos de idade.

TABLE 9 - Mean values of variance components and total variation (in percentage) to cell wall thickness of *E. grandis* three years old.

Estimativa dos componentes de variação Estimation of the component of variance	Valores Values	Varição total (%) Total variation (%)
σ_A^2	0,160	12,18
σ_P^2	0,011	0,84
σ_{AP}^2	0,139	10,59
σ_L^2	0,027	2,06
σ_F^2	0,976	74,33

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 (Tabela 9). A grande fonte de variação continua sendo o componente Fibras com 74,33% do total.

Considerando os sete maiores valores, ou seja, um terço das árvores amostradas com o mesmo DAP, para comprimento, diâmetro das fibras e do lúmen 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 & SMITH (1959), RANATUNGA (1964) e RUDMAN (1970). Com a densidade e comprimento de fibras, FARMER & LANCE (1969), em *Quercus falcata*, sugeriram a seleção com a média das árvores individuais porque somente a variância devido 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.

4.4. Relações entre densidade básica e características das fibras

Procurou-se através de equações matemáticas determinar a relação entre a densidade básica, conforme valores obtidos por BRASIL (1976) e as características das fibras. A análise de regressão múltipla do tipo «passo a passo» (stepwise regression) 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 de idade pudesse ser melhor explicada por um modelo de segunda ordem. BURLEY; HUGHES & LAMB (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 na Tabela 10.

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 se estabelecer relações com as outras variáveis. Entretanto, o valor do coeficiente de determinação (R²) foi muito baixo para essas combinações. 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, lúmen e espessura das paredes, estas porcentagens foram respectivamente 17, 11 e 15%.

TABELA 10 - Valores do coeficiente de correlação linear simples (r) do respectivo teste «t» e do coeficiente de determinação (R²) 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.

TABLE 10 - Values of linear correlation coefficient (r), obtained through of «t» Test, and determination coefficient (R²) to the different combinations of basic density and fibers characteristics, in the first second and third annual growth.

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

* significativo ao nível de 5% de probabilidade
significant at 5% probability level

** significativo ao nível de 1% de probabilidade
significant at 1% probability level

Em contraposição, os valores do coeficiente de correlação entre diâmetro da fibra e diâmetro do lúmem, 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 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 lúmem 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 podem ser encontradas em idades mais avançadas 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).

5. CONCLUSÕES

Da discussão dos resultados podem ser retiradas as seguintes conclusões:

- a - O comprimento das fibras do *E. grandis* determinado em amostras ao nível do DAP mostrou a tendência de crescer da região próxima à medula para aquela próxima à casca.
- b - 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);
- c - 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 desse ganho será mantido nos anos subsequentes;
- d - 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;
- e - Nos primeiros anos de crescimento, mais da metade da variação total do comprimento de fibras foi devido às 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.
- f - A densidade da madeira não se correlacionou com as características das fibras através de uma equação de regressão múltipla cujo modelo linear era de primeira ordem;
- g - 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;
- h - A técnica de realizar mensurações das variáveis que definem a qualidade da madeira nos incrementos diametrais 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. RESUMO

O trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar as características das fibras do *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, aos 3 anos de idade. Os parâmetros estudados foram o comprimento, o diâmetro, o lúmen e a espessura das paredes das fibras, em 3 posições correspondentes ao 1.0, 2.0 e 3.0 anos de crescimento diametral. Os resultados mostram a variação no sentido radial e evidenciaram a possibilidade de se selecionar árvores com as características de fibras mais desejáveis já nos primeiros anos de crescimento.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMOS, G.L.; BISSET, I.J.W. & DADSWELL, H.E. Wood structure in relation to growth in *Eucalyptus gigantea* Hook. Australian journal of science research, Melbourne, série B(3): 393-413, 1950. In: The influence of environment and genetics on pulpwood quality: an annotated bibliography. **Tappi monograph series**, Atlanta (24): 15, 1962.

- BISSET, L.J. & DADSWELL, H.E. The variation of fiber within one tree of *Eucalyptus regnans*. **Australian forestry**, Melbourne, **13**(12): 86-96, 1949.
- BRASIL, M.A.M. Densidade básica e características das fibras da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden aos 3 anos de idade. Piracicaba, 1976. 126p. (Tese-Doutoramento-ESALQ).
- BRASIL, M.A.M. & FERREIRA, M. Variação da densidade básica e das características das fibras em *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden ao nível do DAP. **IPEF**, Piracicaba (4): 81-90, 1972.
- BRASIL, M.A.M. et alii. Variação das características e das propriedades físico-mecânicas com a refinação da celulose sulfato de madeira de *Eucalyptus saligna* Smith. **IPEF**, Piracicaba (5): 33-45, 1972.
- BURLEY, J.; HUGHES, J.F. & LAMB, A.F.A. Variation in wood quality of *Pinus caribaea* var. *caribaea* Barret and Golfari: preliminary analysis of five trees from plantations at Topes de Collantes, Cuba, 1972. 24p. (não publicado).
- DINWOODIE, J .M. The relationship between fiber morphology and paper properties: a review of literature. **Tappi**, Atlanta, **48** (8): 440-7, 1965.
- FARMER, R.E. & LANCE, W .L. Phenotypic variation in specific gravity and fiber length of Cherrybark oak. **Tappi**, Atlanta, **52** (2): 317-9, 1969.
- FERREIRA, M. et alii. Estudos preliminares de algumas características anatômicas de coníferas e folhosas. **O solo**, Piracicaba, **61**(1): 79-82, 1968.
- HUGHES, J.F. Variation in wood structure in relation to wood quality **Proc. linn. soc.**, London, **179**(2): 275-8, 1968.
- KENNEDY, R. W .& SMITH, J .H.G .The effects of some genetic and environmental factors on wood quality in poplar. **Pulp and paper magazine of Canada**, Westmount, **59**(2): 37-8, 1959.
- McMILLIN , C. W. Morphological characteristics of loblolly pine wood as related to specific gravity, growth rate, and distance from pith. **Wood science and technology**, Madison, **2**(3): 166-76, 1968.
- PRYOR, L.D. & DADSWELL, H.E. Wood characters of the F1 hybrid *Eucalyptus rubida* x *Eucalyptus maideni*. **Australian journal of botany**, Melbourne, **12**(1): 1-39, 1964.
- PRYOR, L.D.; CHATTAWAW, M..M. & KLOOT, N.H. The inheritance of wood and bark characters in *Eucalyptus*. **Australian journal of botany**, Melbourne, **4**(3): 216-39, 1956.

- RANATUNGA, M.S. A study of the fibre lengths of *Eucalyptus grandis* grown in Ceylon. **Ceylon forester**, 6: 101-12, 1964.
- RUDMAN, P. The influence of genotype and environment on wood properties of juvenile *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. **Silvae genetica**, Frankfurt, **19**(2/3): 49-54, 1970.
- SCARAMUZZI, G. Wood fibre dimensions of some young Italian grown eucalyptus. CONFERENCIA MUNDIAL DO EUCALIPTO, 2, São Paulo, 1961. v.2, p.1289-94.
- SMITH, W.J. The heritability of fibre characteristics and its application to wood quality improvement in forest trees. IUFRO. MEETING SECTION 41, Melbourne, 1965. 33p.
- STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics with special reference to the biological sciences**. New York, McGraw-Hill, 1960. 481p.
- STERN-COHEN, S. & FAHN, A. Structure and variation of the wood fibres of *Eucalyptus gomphocephala* A.D.C. along and across the stem. **La-Yaaran**, Dehra Dun, **14**(4): 106-17; 132-3, 1964.
- TAYLOR, F. Anatomical wood properties of South African grown *Eucalyptus grandis*. **South African forestry journal**, Johannesburg (84): 20-4, 1973.
- THORBJORNSEN, E. Variation in density and fiber length in wood of yellow poplar. **Tappi**, Atlanta, **44**(3): 192-5, 1961.
- WANGAARD, F.F. Mechanism of cell-wall growth in secondary xylem. **Wood and fiber**, **2**(3): 188-95, 1970.
- ZOBEL, B.J. & KELLISON, R.C. Should wood be included in a pine tree improvement program. IUFRO. MEETING SECTION 22, Gainesville, 1971. 11p.