

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

**JOSÉ GERALDO LIMA DE OLIVEIRA**

**PROPRIEDADES ANATÔMICAS DA MADEIRA DE DOIS  
CLONES DE EUCALIPTO IMPLANTADOS EM DIFERENTES  
LOCALIDADES**

**ALEGRE  
2009**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

JOSÉ GERALDO LIMA DE OLIVEIRA

**PROPRIEDADES ANATÔMICAS DA MADEIRA DE DOIS CLONES  
DE EUCALIPTO IMPLANTADOS EM DIFERENTES LOCALIDADES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. D.Sc. José Tarcísio da Silva Oliveira

**ALEGRE  
2009**

# PROPRIEDADES ANATÔMICAS DA MADEIRA DE DOIS CLONES DE EUCALIPTO IMPLANTADOS EM DIFERENTES LOCALIDADES

**JOSÉ GERALDO LIMA DE OLIVEIRA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Aprovada em 15 de maio de 2009.

---

Profª. D.Sc. Ana Márcia Macedo Ladeira Carvalho  
Universidade Federal de Viçosa

---

Pesquisador D.Sc. Júpiter Israel Muro Abad  
Aracruz Celulose S.A.

---

Prof. D.Sc. Aderbal Gomes da Silva  
Universidade Federal do Espírito Santo

---

Prof. D.Sc. Nilton César Fiedler  
Universidade Federal do Espírito Santo

---

Prof. D.Sc. José Tarcísio da Silva Oliveira  
Universidade Federal do Espírito Santo  
(Orientador)

## AGRADECIMENTOS

A DEUS, pela vida e por permitir a concretização de mais uma etapa.

À minha mãe, Marly Estelita Lima de Oliveira, e meus irmãos, pela compreensão, paciência e apoio para que eu pudesse realizar este trabalho.

Ao Prof. D.Sc. José Tarcísio da Silva Oliveira, pela atenção, compreensão, dedicação, paciência e orientação no transcorrer do desenvolvimento desta pesquisa.

Ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), pelo apoio e compreensão na concretização desta etapa.

À empresa Aracruz Celulose, pelo apoio e cessão do material para o estudo.

Aos meus amigos, Rafael Leite Braz, Brunela Pollastrelli Rodrigues, que não mediram esforços ao auxiliar durante as pesquisas. Ao marceneiro Elecy P. Constantino, pela ajuda na confecção do material que foi estudado.

A todos que direta e indiretamente, auxiliaram na elaboração deste trabalho.

Muito obrigado!!!!!!!!!!!!!!

## BIOGRAFIA

José Geraldo Lima de Oliveira, filho de Antônio Moreira de Oliveira (in memorian) e Marly Estelita Lima de Oliveira, nasceu no município de Alegre, Estado do Espírito Santo, aos 11 de março de 1964.

Cursou segundo grau na Escola de 1º e 2º graus “Jerônimo Monteiro”, em Jerônimo Monteiro-ES, concluindo os estudos em 1982.

Em 1998, obteve o título de Licenciado em CIÊNCIAS – Habilitação em Biologia, pela Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Alegre – FAFIA, Alegre – ES.

Em 2006, obteve o título de Engenheiro Agrônomo, pela Universidade Federal do Espírito Santo – Centro de Ciências Agrárias – CCA/UFES – Alegre – ES.

Em 2007, ingressou no curso de mestrado em Produção Vegetal, área de concentração em Recursos Florestais, desenvolvendo estudos na linha de pesquisa de Tecnologia de madeira, no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, em Alegre-ES. Em 2009, concluiu os requisitos necessários para obtenção do Título de “Magister Scientiae”

## RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo geral a caracterização da estrutura anatômica da madeira de eucalipto produzida pelo programa de fomento florestal nos Estados do Espírito Santo e Minas Gerais. Foram utilizados dois clones de híbrido natural de *Eucalyptus grandis*, provenientes da localidade de Rio Claro-SP, com idade variando entre 69 meses, no total de 294 árvores. As regiões envolvidas no fomento, pertencentes ao Estado do Espírito Santo, foram os municípios de Aracruz, Domingos Martins, Alto Rio Novo e São Mateus e, pertencentes ao Estado de Minas Gerais, os municípios de Mutum e Aimorés. Este estudo foi desenvolvido no Laboratório de Ciência da Madeira – LCM do Departamento de Engenharia Florestal do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal do Espírito Santo. Em condições de laboratório, as amostras de madeira foram preparadas e, em seguida, analisados os parâmetros anatômicos qualitativos e quantitativos da madeira (caracterização da estrutura anatômica, dimensões das fibras, vasos e parênquima radial). Os resultados possibilitam a detalhada caracterização dos clones entre as regiões, a saber: (i) podem ser observadas variações qualitativas e quantitativas dos elementos anatômicos da madeira entre clones; (ii) as variações qualitativas entre os clones envolvidos neste trabalho apresentam diferenças entre todas as regiões; (iii) quanto aos parâmetros quantitativos dos elementos anatômicos entre os clones avaliados também são verificadas diferenças significativas entre as regiões; e (iv) os valores de coeficientes de variação indicam diferenças entre as regiões, demonstrando ser essa madeira pouco heterogênea a heterogênea, portanto, sendo consideradas madeiras diferentes, possibilitando a identificação para melhor uso na produção de celulose e papel.

**Palavras-chave:** Estrutura anatômica. Madeira de eucalipto. Clones. Fomento florestal.

## . ABSTRACT

This work had as objective the general characterization of the anatomical structure of the eucalypt wood produced by the forest promotion programs in the States of Espírito Santo and Minas Gerais to be used in the pulpwood industry. Two clones of the natural hybrid of *Eucalyptus grandis* provenance of Rio Claro-SP, with ages ranging among sixty and nine months were used, being a total of two hundred and ninety-four trees. The townships involved in the promotion program were Aracruz, Domingos Martins, Alto Rio Novo, São Mateus belonging to the Espírito Santo State and Mutum and Aimorés belonging to the Minas Gerais State. This study was developed in the Laboratório de Ciência da Madeira – LCM of the Departamento de Engenharia Florestal of the Centro de Ciências Agrárias (CCA) of the Universidade Federal do Espírito Santo located in Jerônimo Monteiro township. In the laboratory samples of wood were prepared and analyzed with respect to anatomical parameters of wood (characterization of the anatomical structure, and measures of fibers, vessels and radial parenchyma). The results allow detailed characterization of the clones among regions, in which: (i) can be observed qualitative and quantitative variations of the wood anatomical elements between clones; (ii) the qualitative variations between clones involved in this study show differences among all regions; (iii) on the quantitative parameters of the anatomical elements to the clones evaluated are observed significant differences among all regions; and (iv) the values of the coefficients of variation show differences between the regions, demonstrating that this wood is little heterogeneous to heterogeneous, being considered different woods, allowing the identification to better use in the production of pulp and paper.

**Key words:** Anatomicals properties. Eucalypt wood. Clones. Forest promotion.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1	Objetivo geral .....	2
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	3
2.1	O gênero <i>Eucalyptus</i> .....	3
2.2	Anatomia da madeira de eucalipto .....	5
2.2.1	Características gerais .....	5
2.2.2	Características anatômicas da madeira .....	7
2.3	A madeira de <i>Eucalyptus urophylla</i> .....	10
2.4	A madeira de <i>Eucalyptus grandis</i> .....	12
2.5	Madeira do híbrido <i>Eucalyptus grandis</i> x <i>Eucalyptus urophylla</i> .....	13
2.6	Variabilidade nas propriedades anatômicas da madeira de <i>Eucalyptus</i> .....	14
2.7	Influência do local de crescimento .....	17
2.8	Influência da idade .....	19
2.9	Influência do material genético .....	23
2.10	Madeira de <i>Eucalyptus</i> como matéria-prima para a indústria de celulose.....	25
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	28
3.1	Descrição do material.....	28
3.2	Metodologia .....	28
3.2.1	Descrição anatômica qualitativa .....	29
3.2.2	Descrição anatômica quantitativa .....	30
3.2.2.1	Mensuração de vasos e raios .....	30
3.2.2.2	Mensuração das fibras .....	31
3.2.3	Análise dos dados .....	32
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	33
4.1	Descrição anatômica qualitativa da madeira do clone A para a região de Aracruz – ES .....	33
4.1.1	Descrição anatômica qualitativa da madeira do clone B para a região de Aracruz – ES .....	33
4.2	Descrição anatômica qualitativa da madeira do clone A para a região de Domingos Martins – ES .....	34

4.2.1	Descrição anatômica qualitativa da madeira do clone B para a região de Domingos Martins – ES .....	35
4.3	Descrição anatômica qualitativa da madeira do clone A para a região de Mutum – MG .....	36
4.3.1	Descrição anatômica qualitativa da madeira do clone B para a região de Mutum – MG .....	36
4.4	Descrição anatômica qualitativa da madeira do clone A para a região de São Mateus – ES.....	37
4.4.1	Descrição anatômica qualitativa da madeira do clone B para a região de São Mateus – ES .....	38
4.5	Descrição anatômica qualitativa da madeira do clone A para a região de Aimorés – MG .....	39
4.5.1	Descrição anatômica qualitativa da madeira do clone B para a região de Aimorés – MG .....	39
4.6	Descrição anatômica qualitativa da madeira do clone A para a região de Alto Rio Novo – ES.....	40
4.6.1	Descrição anatômica qualitativa da madeira do clone B para a região de Alto Rio Novo – ES.....	41
4.7	Fotomicrografias dos três planos anatômicos dos dois clones A e B para todas as regiões relacionadas neste estudo .....	42
4.8	Descrição anatômica quantitativa .....	45
4.8.1	Mensuração de elementos vasculares .....	45
4.8.2	Mensuração do parênquima radial .....	49
4.8.3	Mensuração dos elementos fibrosos .....	57
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>66</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>67</b>
	<b>ANEXOS</b> .....	<b>79</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O gênero *Eucalyptus* é originário da Austrália e possui centenas de espécies na sua região de origem. Somente algumas espécies são plantadas no Brasil. Esse gênero tem se destacado nos últimos anos pela grande diversidade de espécies botânicas e boa adaptação aos mais diferentes tipos de ambientes. A adoção de práticas sustentáveis de manejo florestal, objeto de uma das grandes realizações da pesquisa florestal no Brasil, proporcionou o desenvolvimento de uma tecnologia silvicultural de florestas plantadas, reconhecida no mundo todo. A aplicação dessa tecnologia, bem como o grau de melhoramento genético das espécies, é fundamental na agregação da qualidade e valor ao produto final industrializado.

O fornecimento em larga escala de matéria-prima para a obtenção dos produtos tradicionais, como celulose, papel, chapa de fibras, carvão vegetal, lenha, produtos sólidos em forma roliça e serrada entre outras, fazem do eucalipto um gênero consagrado no Brasil.

A qualidade da madeira se refere à combinação das características físicas, mecânicas, químicas e anatômicas de uma árvore, que permite a sua melhor utilização para um determinado uso, e há possibilidade de encontrar essas propriedades combinadas em diferentes espécies.

A composição química, a distribuição dos elementos celulares, bem como suas dimensões compoem a estrutura anatômica da madeira, são requisitos essenciais que contribuem com as características de qualidade analisadas durante e após o seu processamento. O teor de extrativo é um parâmetro importante a ser considerado na seleção da madeira para produzir polpa.

A identificação e principalmente a caracterização anatômica proporcionam o melhor conhecimento da madeira e direcionam de forma mais segura e adequada a sua utilização final no mercado. Atualmente tem-se buscado um melhoramento genético acentuado em várias espécies para o atendimento de diversas demandas para as indústrias.

A utilização de clones poderá de um modo geral levar à produção de madeira de qualidade e em grande escala, possibilitando a seleção prévia de características que poderão assegurar ganhos de qualidade do produto final, em grande parte em face da homogeneidade da matéria-prima. Entretanto, existem variações ambientais que nem sempre são consideradas nas previsões de abastecimento, principalmente na qualidade da matéria-prima.

### **1.1 OBJETIVO GERAL**

Esta pesquisa tem como objetivo caracterizar a estrutura anatômica da madeira de eucalipto produzida pelo Programa de Fomento Florestal da Aracruz Celulose implantado em diferentes regiões nos Estados do Espírito Santo e Minas Gerais.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 O gênero *Eucalyptus*

O gênero *Eucalyptus* pertence à família Myrtaceae que conta com aproximadamente 20 gêneros e 1200 espécies de arbustos e árvores de tamanho pequeno, médio e grande (RIZZINI, 1981).

O gênero *Eucalyptus* contava com mais de 500 espécies, porém depois de um profundo estudo realizado pelos botânicos australianos, Hill e Johnson (1995), trabalhando no Herbário Nacional de Nova Gales do Sul, na cidade de Sidney, Austrália, foi reduzido em exatas 113 espécies, formando um novo gênero, denominado *Corymbia*. Isso significa que espécies conhecidas como *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus maculata*, pertencentes ao grupo denominado de "bloodwood" na Austrália, e também espécies como *Eucalyptus papuana*, do grupo "ghost gums", agora têm um novo nome genérico e serão conhecidos como *Corymbia citriodora*, *Corymbia maculata* e *Corymbia papuana* (MOURA, acesso em 15 jun. 2009).

No Brasil, de acordo com Silva (2001), as árvores do gênero *Eucalyptus* adaptaram-se perfeitamente às condições edafoclimáticas, sendo as espécies mais utilizadas o *Eucalyptus grandis*, *E. saligna*, *E. urophylla* e *E. viminalis*.

Segundo Foelkel e Barrichelo (1975), as variações entre árvores e a variabilidade nas propriedades da madeira são bastante altas, devido à grande diversidade das espécies, a facilidade de hibridação e também pela amplitude de sítios e locais onde são plantadas comercialmente. O *Eucalyptus* é um dos principais fornecedores de madeira para a indústria de base florestal no Brasil.

A espécie *Eucalyptus grandis* apresenta boa adaptação em todas as regiões do Brasil, com elevado potencial silvicultural e plantios em larga escala (ROCHA, 2000). As árvores apresentam boa forma, fornecendo toras adequadas para

produção de serrados, apresentando ainda uma massa específica ideal para a produção de móveis.

Record e Hess (1949) afirmaram que as madeiras desse grupo, como um todo, são duras, pesadas, resistentes e de textura fina, dando um bom acabamento, mas apresentando uma tendência decisiva ao empenamento devido à secagem, sendo, portanto sensíveis às alterações de umidade, ou seja, não são muito estáveis dimensionalmente.

De acordo com Mangieri e Dimitri (1971), citado por Berger (2000), esse gênero adquiriu maior importância nos plantios comerciais na América do Sul, devido à sua grande variedade de espécies e a boa aclimação em países de clima temperado, tropical e/ou subtropical. No Brasil, mais especificamente na região Centro-Sul do país, tem sido utilizado como principal fonte de matéria-prima para a indústria de celulose e papel, desde meados do século passado. Isso devido à sua ampla capacidade de adaptação, seu rápido crescimento, alta produtividade e qualidade dos produtos obtidos (VALERA e KAGEYAMA, 1988).

A utilização da madeira de espécies do gênero *Eucalyptus* nas indústrias de base florestal, seja como matéria-prima ou como insumo energético, tem se caracterizado pela falta de especialização de seus atributos em relação ao seu uso final (ASSIS, 1986).

Downes et al. (1997) afirmaram que as plantações de eucaliptos têm sido ampliadas em muitos países, pela excelência das suas propriedades na fabricação de papel, particularmente papel para impressão.

## 2.2 Anatomia da madeira de eucalipto

### 2.2.1 Características gerais

De acordo com Thomaz (1995), a madeira é um material heterogêneo, possuindo diferentes tipos de células adaptadas a desempenham funções específicas. As variações nas composições químicas, físicas e anatômicas da madeira são grandes entre espécies, embora dentro da mesma espécie elas também ocorram, em função principalmente da idade, fatores genéticos e ambientais. Dentro de uma mesma árvore ocorrem variações significativas no sentido base-topo e medula-casca. Além disso, existem diferenças entre o cerne e o alborno, madeira de início e fim de estação de crescimento e, em escala microscópica, entre células individuais.

As características das madeiras de eucaliptos foram estudadas por Drew (1914) na Austrália, analisando os aspectos externos e algumas propriedades físicas da madeira de espécies da Nova Gales do Sul. Logo após, Baker (1917) descreveu a morfologia das espécies e a anatomia da madeira do *E. paniculata*, *E. begeri*, *E. nanglei* e *E. fergusonii*. Welch (1922) começou os trabalhos visando à identificação de espécies através da coloração, identificado pela reação dos extrativos da madeira solúveis em água, com determinados agentes químicos. Welch (1924) descreveu a estrutura anatômica da madeira de *E. pilularis*, *E. microcorys* e *C. maculata* e a coloração das madeiras foi abordada, reagindo com cloreto férrico.

Dadswell (1932), através das características anatômicas, apresentou a descrição macro e microscópicas e uma chave para a identificação de 37 espécies de madeira de coloração escura. E logo após, o mesmo autor realizou a descrição de outras espécies de madeira de coloração clara ou levemente escura. Após o trabalho de Dadswell (1934), houve um avanço na anatomia da madeira e suas aplicações na identificação de espécies de eucalipto.

No Brasil, Pereira (1933) enfatizou seus trabalhos descrevendo a anatomia da madeira de 11 espécies de eucalipto. Recentemente, Miles (1978) analisou fotomicrografias da madeira de 10 espécies de eucalipto em uma publicação que

agrupou as principais madeiras comerciais do mundo. Parraga (1981) descreveu as características macro e microscópicas do *Eucalyptus globulus* e Lanyon (1981) relatou as características da madeira de 15 espécies de eucalipto com suas respectivas utilizações.

Quanto às características gerais do gênero, destaca-se para árvore adulta, o alburno delgado, com menos de 3,00cm de espessura na maioria das vezes e de coloração clara. O cerne, de acordo com Alfonso (1987), possui a cor variando desde amarelado, até vários tons pardos, pardo-avermelhados e vermelhos. A madeira apresenta pouco brilho, grã direita à revessa, textura fina à média, macia à moderadamente dura ao corte, com cheiro e gosto indistintos. Quanto à massa específica aparente, esta varia desde as mais leves, passando a média até bastante pesada. Valores de massa específica aparente são encontrados variando de 0,40 a 1,10g/cm<sup>3</sup>, conforme informações de Albuquerque (1991).

Ao avaliarem as características tecnológicas das madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana* visando ao seu aproveitamento na indústria moveleira, concluíram que a madeira da primeira espécie apresentou um bom comportamento ao ser trabalhada com máquinas e ferramentas. Verificou ser esta uma madeira macia, que não oferece resistência a cortes e trabalhos manuais. Sua grã direita certamente é uma característica positiva quanto à facilidade de trabalhabilidade. Ainda relativo ao *E. grandis*, a sua cor rosa avermelhada e o brilho moderado da madeira levaram a produção de um móvel esteticamente agradável, com ótimo acabamento apontado pela maioria dos consumidores. A madeira de *Eucalyptus cloeziana* apresentou pequenas dificuldades na trabalhabilidade por máquinas e equipamentos em razão, sobretudo da sua dureza e da presença de fibras revessas. Por outro lado, esta madeira recebeu bem a seladora, originando um bom acabamento (GONÇALEZ et al., 2006).

## 2.2.2 Características anatômicas da madeira

Scurfield (1976) relatou que as propriedades físicas da madeira como a densidade básica e parâmetro de fácil obtenção influenciam na qualidade do papel. No entanto, é necessário analisar parâmetros ligados à anatomia da madeira.

De acordo Silva et al. (2007), os estudos anatômicos permitiram identificar as espécies, e dessa forma, compreender as relações entre o lenho e as características gerais da madeira, principalmente a que se refere à permeabilidade, resistência natural, trabalhabilidade e resistência mecânica. Apesar disso, o gênero se caracteriza por uma constituição anatômica muito homogênea entre as espécies, sendo, portanto de difícil separação (OLIVEIRA 1997).

As características anatômicas da madeira de *Eucalyptus* sp, descritas por Barrichelo e Brito (1976) apresentaram comprimento das fibras variando entre 750,00 a 1300,00 $\mu$ m, com a média próxima de 1000,00 $\mu$ m. Quanto ao diâmetro das fibras, a variação ficou entre 15,00 a 20,00 $\mu$ m. O diâmetro dos vasos variou de 50,00 a 300,00 $\mu$ m e a frequência entre 5 a 100vasos/mm<sup>2</sup>. Ainda de acordo com esses autores, o percentual de fibras, vasos e parênquima no tecido lenho foram de 65, 17 e 18% respectivamente.

Alfonso (1987) relatou que o xilema secundário, na maioria das vezes apresenta poros exclusivamente solitários, existindo, portanto exceções como, por exemplo, as espécies de *C. maculata* e *C. citriodora*, em que nestas varia de solitários a múltiplos de 2-4. Quanto ao parênquima axial, o gênero caracteriza-se pela pouca abundância de tal elemento, na maioria das espécies, com tipos variados do difuso escasso, sub-agregado, vasicêntrico e confluyente. Quanto ao parênquima radial, o gênero possui raios relativamente finos e baixos, com predomínio dos unisseriados, localmente bisseriados e bisseriados. Com relação às fibras, há um predomínio daquelas libriformes, de paredes espessas a muito espessas, naquelas espécies com madeiras mais densas como *E. microcorys*, *C. maculata*, *E. propinqua*, *E. paniculata*, *C. citriodora*, *E. camaldulensis*, *E. cloeziana*, entre outras.

Algumas espécies apresentam cristais rombóides, em séries cristalíferas nas células do parênquima axial, ou ainda nos raios, como nas espécies de *C. maculata*, *C. citriodora* e *E. siderophloia*. A madeira de espécies como *C. maculata* e *C. citriodora* apresenta outra característica importante que é a presença de canais traumáticos, ocorrentes principalmente devido a algum “stress” sofrido pela árvore durante o período de formação (ALFONSO, 1987).

De acordo com Marcati (1992), muitos fatores, tanto internos quanto externos à árvore, conduzem às variações quanto ao tipo, número, tamanho, forma, estrutura física e composição química dos elementos anatômicos da madeira.

Zobel e Bujtenen (1989) afirmam que as características morfológicas das fibras variam significativamente entre e dentro das árvores e que geneticamente poderá ser controlada, podendo apresentar alterações em função de diferentes práticas silviculturais e das alterações da idade de corte. Quando se refere ao comprimento de fibras, Duffield (1964) já destacava que o mesmo aumentava da medula em direção à casca.

Tomazello Filho (1985), Shimoyama (1990) e Moreira (1999) afirmaram que a espessura da parede das fibras está relacionada a fatores genéticos e ambientais, bem como à idade da árvore, tendendo a aumentar no sentido medula-casca. Os vasos variam quanto à frequência, diâmetro, forma e arranjo dentro da árvore. No sentido medula-casca, ocorre aumento no diâmetro dos elementos de vasos e redução na sua frequência ao longo dos anéis sucessivos de crescimento, tendendo à estabilização na madeira adulta.

Bamber e Humphrey (1963), estudando a madeira de árvores de *E. grandis*, relataram grandes diferenças para o diâmetro dos vasos, em diferentes posições dos anéis de crescimento no sentido medula-casca. O diâmetro dos vasos aumentou de 64,00µm, no lenho inicial, para 141,00µm no tardio. Bamber et al. (1982) relataram que árvores de eucalipto de rápido crescimento têm menor frequência de vasos em relação ao normal (14,10/mm<sup>2</sup>), explicando a tendência da maior densidade de madeira de árvores de rápido crescimento, embora não

significativa. Quanto ao diâmetro dos vasos, este foi significativo entre árvores de crescimento rápido e normal, com valores variando entre 61,00 $\mu$ m e 74,00 $\mu$ m.

Davidson (1972), analisando as variações nas propriedades da madeira de árvores de *E. deglupta* em Papua Nova-Guiné, verificou que os parâmetros relacionados com a dimensão das fibras, principalmente com a quantidade de parede na seção transversal, representam 58,50% da variação total. Os parâmetros relacionados com o volume e dimensão dos vasos e de outros tecidos representam 18,80% da variação. Os parâmetros relacionados com o lume das fibras representam 11,90% e os parâmetros relacionados com o comprimento das fibras, 4,20% da variação.

Brasil e Ferreira (1972), analisando as características das fibras da madeira de *Eucalyptus grandis* aos 16 anos, verificaram valores médios de 1,30mm, para comprimento, 5,00 $\mu$ m para espessura da parede das fibras e 7,70 $\mu$ m para o diâmetro do lume.

Tomazello Filho (1983), estudando as espécies de *Eucalyptus globulus* e *Eucalyptus grandis*, ambas com a idade de 10 anos, relatou que a primeira apresentou comprimento de fibras 0,83mm e a segunda 1,03mm. Para a madeira do híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* com idade de 7 anos, Alencar (2002) encontrou valor de 1,15mm para o comprimento médio das fibras.

De acordo com Wilkes e Abbott (1983), estudando a influência da taxa de crescimento na anatomia do lenho de árvores de *Eucalyptus bancroftii*, *E. dealbata*, *E. goniocalyx*, *E. macrorrhyncha* e *E. sideroxylon* de 40 anos, verificaram que a frequência dos vasos (nº. de vasos/mm<sup>2</sup>) foi maior no lenho das árvores de menor crescimento e a porcentagem de área ocupada pelos vasos e o diâmetro dos vasos foi maior no lenho das árvores de maior crescimento. Quanto ao comprimento das fibras e a porcentagem dos raios, não houve diferenças significativas.

Wher (1991) informou que as fibras com paredes delgadas combinadas com maiores diâmetros de fibras são encontradas em madeiras de menores massas

específicas, sendo essas fibras mais susceptíveis ao colapso, favorecendo as ligações entre fibras e também no resultado do refino na fabricação de papel.

Almeida et al. (2001), verificaram os efeitos da quantidade de extrativos e da acessibilidade do licor na polpação *kraft* de clones de eucaliptos e concluíram que a anatomia da madeira, em especial as dimensões médias de fibras, deve ser considerada como de fundamental importância nos programas de melhoramento florestal para produção de celulose.

Dinwoodie (1965) afirmou que os três requisitos principais que controlam a resistência do papel são a densidade (espessura da parede celular e porcentagem de madeira juvenil), a resistência e o comprimento da fibra.

Carvalho et al. (1998) relataram que as propriedades anatômicas, como dimensões de fibras e porcentagem de vasos e parênquima, além do número de fibras por grama e “coarseness” (peso por unidade de comprimento da fibra, expressada como miligramas por 100m ou decigramas por 10km), são mais utilizados para avaliar a qualidade da madeira de eucalipto para produção de celulose e papel.

### **2.3 A madeira de *Eucalyptus urophylla***

De acordo com as informações de Moura (2004), o *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake é uma espécie que tem origem na Indonésia e que ocorre naturalmente na costa de Timor a partir de 500m de altitude até cerca de 3000m, com árvores que atingem 45m de altura, podendo encontrar diâmetros superiores a 2m. Os solos onde cresce a espécie são bem variados.

Em face de grande importância do *Eucalyptus urophylla* para plantios comerciais e da necessidade de sementes para fins experimentais nos trópicos, a Divisão de Pesquisa Florestal do Commonwealth Scientific Industrial Research Organization (CSIRO) em Canberra inclui o Timor e as Ilhas do Arquipélago, no seu programa de coleta de sementes.

Diversos autores (KISE, 1977; MOURA et al., 1980; PIRES et al., 1981; GOLFARI, 1982; RODRIGUES et al., 1986; PIRES e PARENTE, 1986; DRUMOND et al., 1998), afirmaram que entre a maioria das espécies de eucalipto introduzido no Brasil, o *E. urophylla* é o que apresentou maior estabilidade genética em todas as áreas onde foi testado, considerado como uma das espécies de maior potencial para reflorestamento devido ao seu bom crescimento em quase todo Brasil.

A madeira oriunda do *E. urophylla* tem densidade mediana (Moura, 1986) e cor clara, cuja tonalidade do cerne varia de rosa a marrom, (TURNBULL e BROOKER, 1978), podendo ser utilizada para celulose, painéis de fibras, postes e carvão, entre outras aplicações.

De acordo com Alfonso (1987), citado por Souza (2008), o *E. urophylla* possui estrutura anatômica composta por alburno e cerne pouco distintos quanto à cor, em que o alburno é bege levemente rosado e o cerne bege-rosado. Sua madeira possui pouco brilho, odor imperceptível, macia ao corte, grã direita e levemente revessa e textura de fina a média. As camadas de crescimento são pouco distintas, mas quando presente, demarcadas por zonas de maior espessamento das paredes das fibrotraqueídes e menor frequência de poros.

Ainda de acordo com Alfonso (1987), a madeira de *E. urophylla* possui vasos que são visíveis a olho nu, difusos, exclusivamente solitários, em disposição diagonal, com a frequência correspondente de 6 a 15/mm<sup>2</sup>, com o diâmetro tangencial do lume compreendendo 84,00 a 148,00µm e com os apêndices ausentes ou presentes em uma ou ambas as extremidades, podendo ser curtas e longas. Os elementos de vasos são unidos por placa de perfuração simples, apresentando pontuações intervasculares pequenas a grandes, predominando as médias; pontuações raio-vasculares pequenas a grandes, arredondadas, simples e com aréolas incompletas. Os fibrotraqueídeos presentes podem variar de extremamente curtas, muito curtas a curtas. O parênquima axial é pouco visível, do tipo paratraqueal vasicêntrico e eventualmente aliforme e o parênquima radial (raios) é unisseriado, localmente bisseriado e bisseriado cuja frequência está entre 7 a 15/mm, com valor da média de 11/mm e altura compreendendo 0,13 a 0,42mm

variando entre 4 a 18 células, sendo ainda homogêneo e menos frequente os heterogêneos.

#### **2.4 A madeira de *Eucalyptus grandis***

A espécie *Eucalyptus grandis* é a mais cultivada no mundo, devido à grande variabilidade genética e a facilidade de adquirir semente em quantidade e qualidade (MARTINS, 1999).

Alzate (2004), avaliando a madeira de um clone de *Eucalyptus grandis* de 8 anos de idade, verificou que esse possui o cerne distinto do alburno e de cor rosa claro, com brilho moderado, massa específica baixa a média, macia ao corte, com grã direita e textura média. As camadas de crescimento são bem distintas.

Ainda, segundo Alzate (2004), os vasos são: visíveis a olho nu e sob lente (10x); difusos; em arranjo diagonal; solitários predominantes e múltiplos de dois, sendo que a frequência está entre 9 a 14/mm<sup>2</sup> e diâmetro tangencial do lume compreendendo 61,44 a 138,70µm; com placas de perfurações simples; depósitos indistintos e pontuações intervasculares indistintas; e pontuações raio-vasculares areoladas, alternas, arredondadas e abundantes. As fibras libriformes, com pontuações muito pequenas, septadas e fibrotraqueídeos, estão presentes (com pontuações areoladas e grandes) de curtas a longas, 670,00 a 1230,00µm de comprimento, e a largura compreendendo entre 17,71 a 22,77µm. O parênquima axial é invisível a olho nu; paratraqueal escasso; células de tipo seriado; parênquima radial (raios) unisseriados predominantes e localmente bisseriados raros, homocelulares e procumbentes, cuja frequência está entre 13 a 16/mm, a altura compreendendo 0,16 a 0,18mm e 6 a 21 células, cuja largura varia de 13,96 a 19,12µm.

## 2.5 Madeira do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*

O híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (BRIGATTI et al., 1980; IKEMORI e CAMPINHOS, JR., 1983; BERTOLUCCI et al., 1993) possui grande importância para a produção de celulose, em função da alta produtividade e qualidade de suas fibras. O *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden é espécie nativa da Austrália e que ocorre em regiões de clima subtropical a temperado, onde a precipitação varia de 1000 a 1700mm/ano (NIELSEN, 1998).

Martins e Ikemori (1987), estudando vários cruzamentos entre espécie de eucalipto, verificaram que o híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* foi o que mais destacou, devido suas características desejáveis para a produção de celulose, boa produtividade relacionada à adaptação às condições do local, mostrando inclusive resistência ao cancro.

Carvalho (2000), citado por Almeida (2002), realizou um estudo sobre a valorização da madeira desse híbrido, através da produção conjunta de madeira serrada em pequena dimensão, celulose e lenha, e concluiu que a simulação de mercado realizada indicou que as madeiras dos plantios estudados podem ser valorizadas com a diversificação do produto final, mas em momentos de alta no preço da celulose o uso múltiplo pode não ser vantajoso.

Na descrição anatômica da madeira do híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* com idade de 8 anos, Alzate (2004) afirma que a madeira apresenta cerne distinto do alburno e de cor rosa claro, com brilho moderado e odor imperceptível, massa específica baixa a média, macia ao corte, grã direita e textura média. As camadas de crescimento são pouco demarcadas devido à espessura da parede das fibras nos dois lenhos (primaveril e outonal). Os vasos são: visíveis a olho nu ou lente (10x), com arranjo diagonal, sendo na maioria solitários, raros geminados, às vezes formando arranjos oblíquos, com frequência de 8 a 13/mm<sup>2</sup>, diâmetro tangencial do lume 76,91 a 133,25µm com a média 103,63µm e forma ovalada a circular predominante, com apêndice curto; placas de perfuração simples; depósito indistinto; pontuações intervasculares indistintas; pontuações raio-

vasculares areoladas, alternas, arredondadas e abundantes; e pontuações parênquima-vasculares alternas circulares a ovaladas e abundantes. As fibras com pontuações indistintas são curtas a longas, fibrotraqueídeos presentes, com pontuações areoladas e grandes, sendo o comprimento variando de 620,00 a 1270,00 $\mu\text{m}$ , e a média 1030,00 $\mu\text{m}$ . A largura varia de 17,28 a 20,93 $\mu\text{m}$  (média de 19,69 $\mu\text{m}$ ), o diâmetro do lume de 7,33 a 10,48 $\mu\text{m}$  (média de 9,68 $\mu\text{m}$ ); e a espessura da parede delgada com 3,48 a 6,71 $\mu\text{m}$  (média de 5,01 $\mu\text{m}$ ). O parênquima axial é invisível a olho nu, do tipo vasicêntrico. O parênquima radial (raios) é unisseriado, e bisseriado, com altura variando de 0,16 a 0,20mm, com a média de 0,18mm e com frequência de 10 a 17/mm, sendo a média de 14/mm, sendo homocelulares, com células procumbentes.

## **2.6 Variabilidade nas propriedades anatômicas da madeira de *Eucalyptus***

A alta variabilidade dentro das espécies de eucaliptos, confirmando Zobel e Jett (1995), é a base dos estudos para propagação e qualificação de árvores com características superiores e específicas ao uso industrial.

De acordo com Foelkel e Assis (1995), a clonagem de indivíduos selecionados contorna em parte o problema da variabilidade e agrega mais homogeneidade à madeira e à plantação florestal.

O estudo da variabilidade é altamente importante para a determinação da adequação da espécie e de sua madeira à finalidade desejada. Portanto, as indústrias que utilizam a madeira de eucalipto como matéria-prima necessitam de informações básicas quanto à sua qualidade (FERREIRA e KAGEYAMA, 1978).

A grande variabilidade de características químicas, físicas e mecânicas observadas na madeira de árvores do gênero *Eucalyptus*, tanto ao nível de espécies, procedências, progênies ou clones, tem como um forte componente da sua expressão, a constituição genética dos indivíduos (ASSIS, 1986).

Segundo Esau (1993) e Raven et al (1992), citados por Silva (2002), divisões transversais na região periférica e na medula constituem as bases dos primeiros estágios de alongamento das células e mais tarde predomina o aumento do número dessa célula. Essas divisões são afetadas pela taxa de hormônios da árvore que é influenciada pela sazonalidade, pelas condições ambientais e por fatores genéticos.

A variação das propriedades da madeira no sentido radial é uma importante fonte de variação, pois, sua extensão é determinada pela proporção de madeira juvenil e pelas suas características físico-químicas e anatômicas ao longo do tronco (MALAN, 1995).

Segundo Hillis e Brown (1978), as porcentagens de fibras, vasos e parênquima variam consideravelmente no lenho próximo à medula e a casca e entre as espécies, com os vasos usualmente menores e mais numerosos perto da medula. Ohbayashi e Shiokura (1997) estudaram as variações das dimensões das fibras no sentido radial nas amostras da madeira de *E. saligna*, com quatro anos de idade, procedente do Brasil. Os resultados mostram que o comprimento das fibras aumentou rapidamente nos primeiros anos, chegando a dobrar próximo à casca, independente do diâmetro das árvores.

A massa específica é outra variável importante para diferentes produtos da madeira e pode ser explicada pelas diferenças anatômicas, devido às mudanças que ocorrem no lenho juvenil/adulto, que são mais acentuadas nas coníferas que nas folhosas. O ângulo fibrilar é maior na região da medula ou próximo dela e diminui, rapidamente, em direção à casca, ocorrendo, paralelamente, um aumento rápido no diâmetro dos vasos. Nessa região, as fibras são mais curtas, apresentam menores diâmetros e, geralmente, as paredes são mais finas (BENDTSEN e SENFT, 1986).

De acordo com Barrichelo et al. (1983), a variação longitudinal da densidade básica da madeira de eucalipto possui vários tipos de tendência. Em algumas espécies, a densidade tende a ser decrescente da base para o topo, em outras tende a ser crescente a partir do nível do DAP, podendo ainda, em outras espécies, apresentar valores alternados com a tendência decrescente e crescente.

A variação da densidade básica no sentido medula-casca, geralmente, é crescente, isto é, aumenta gradativamente do cerne para o alburno (FOELKEL et al., 1983). Variações na densidade ao longo do tronco são menos consistentes do que na direção radial. A proporção de madeira juvenil na direção longitudinal do caule tende a aumentar e como resultado imediato a densidade diminui.

Oliveira (1997), estudando as propriedades anatômicas de sete espécies de *Eucalyptus*, com idade de aproximadamente 16 anos, observou que os comprimentos das fibras de um modo geral apresentaram um aumento linear da medula em direção à periferia do tronco, com valores variando de 0.80 a 1.20mm. Hillis (1978) afirma que a parede celular das fibras pode variar entre espécies, entre lenho inicial e tardio, bem como entre madeira normal e de tração.

Tomazello Filho (1985) analisou que, como regra geral, o modelo de variação no sentido radial das árvores de eucalipto com idades de 1 a 25 anos, que caracterizado pelo aumento nas dimensões das fibras nos primeiros anos, e, após esse período, atingem a estabilização em torno do oitavo ao décimo anel de crescimento.

Brasil et al. (1972) avaliaram a variação da densidade básica e das características das fibras em *Eucalyptus grandis* ao nível do DAP, e concluíram que há uma tendência para o comprimento das fibras e espessura das paredes crescerem no sentido medula-casca, ao passo que o diâmetro do lume decresce. O diâmetro das fibras não varia com a posição na seção transversal do tronco. Para valores iguais de diâmetro das fibras, o maior diâmetro do lume nas camadas mais internas (medula), correspondeu à menor espessura de parede das fibras. O acréscimo do comprimento e espessura das paredes das fibras é maior nas camadas mais externas.

A variação existente no sentido axial se apresenta em menores intensidades que aquelas encontradas da medula para a casca (DOWNES, 1997; LIMA, 1999). Diversos autores (BARRICHELO e BRITO, 1976; TOMAZELLO FILHO, 1985; SHIMOYAMA, 1990; Cruz, 2000) apresentaram resultados inerentes ao

comprimento médio das fibras da madeira de *Eucalyptus grandis* de ordem 1mm. A variação das propriedades das fibras na direção medula-casca é quase sempre crescente, acompanhando a variação da massa específica.

De acordo com Arulcheluum (1971), para a madeira de *Eucalyptus robusta*, foi verificado um aumento no comprimento das fibras e dos vasos a uma distância de 19 a 22cm da medula, relatando que o diâmetro e o número de vasos por área aumentaram no sentido radial, atingindo valores constantes e diminuindo para algumas amostras. Quanto à densidade da madeira no alburno, observou-se que nas árvores de maiores diâmetros essa foi superior.

Amidon (1981) afirma que o comprimento da fibra não é independente da flexibilidade da fibra e que esta é considerada uma variável para resistência ao rasgo de folha de papel.

Uma característica muito importante para as propriedades do papel é a largura da fibra. Fibras mais largas produzirão papéis com menor resistência à passagem de ar, maior volume específico aparente e maior resistência ao rasgo. As resistências à tração e ao arrebatamento são prejudicadas quando as fibras são mais largas, devido ao ajuste imperfeito das fibras no papel, prejudicando as ligações entre fibras (SANTOS, 2005).

Carvalho et al. (1998) relataram que a espessura da parede é uma característica anatômica tão importante quanto a largura da fibra, pois está interligada com a rigidez do papel. Fibras com maiores espessuras de paredes sofrem maior efeito de hidratação e inchamento, aumentando volume, proporcionando maior área de ligações e resultando maior resistência da folha.

## **2.7 Influência do local de crescimento**

O clima é considerado fator primordial na descrição da aptidão ecológica das espécies. Dentro do mesmo estrato climático, variações locais de topografia podem

levar ao aparecimento de ecótipos, com exigências de água e de nutrientes bem diferenciadas entre si. Dessa forma, a capacidade produtiva de uma área florestal é condicionada em função da interação e ação de fatores climáticos, edáficos, topográficos e bióticos, exigindo então práticas silviculturais e de manejo. (SPURR e BARNES, 1980).

De acordo com Corrêa Neto (2004), em face da plasticidade da cultura do eucalipto e a grande diversidade de sítios onde são feitos os plantios, torna-se importante relacionar as propriedades edáficas aos parâmetros de crescimento e produtividade da cultura.

Conforme os relatos de Barros e Novais (1990), as espécies de *Eucalyptus* introduzidas em algumas regiões do Brasil, embora tivessem semelhança com os parâmetros climáticos das regiões de origem, não mostraram o crescimento desejado. Ainda, espécies e/ou procedências dissimilares quanto a condições climáticas, na Austrália e no Brasil, podem mostrar uma boa adaptação.

No México, Barajas (1985) verificou, no lenho de árvores de espécies de zonas secas, a formação de cerne mais escuro, de alta densidade e dureza, maior quantidade de cristais, fibras e vasos de menor comprimento, parede espessa e em maior frequência em relação ao lenho das espécies de áreas úmidas.

Morais et al. (1990) avaliaram as variações na produção de massa seca e na extração de nutrientes pelo *Eucalyptus grandis*, com oito anos de idade, em duas regiões bioclimáticas estudadas. Identificou que se obteve a maior produção de massa seca, bem como, maior extração de nutrientes na localidade de Viçosa - MG, quando comparada à região de Paraopeba - MG. Segundo os autores, isso ocorreu devido às condições edafoclimáticas de Viçosa se identificarem mais com as do local de origem dessa espécie, ou seja, maior disponibilidade de água e nutrientes nessa localidade. Silveira et al. (1995) constataram que o potássio juntamente com o boro foram os nutrientes mais limitantes ao crescimento para *Eucalyptus grandis* na região de Itatinga -SP.

Davis (1966) relatou que as espécies podem reagir de forma diferente em um mesmo solo, e que árvores de uma mesma espécie podem reagir diferentemente em um determinado solo em idades diferentes e, ainda, Carmean (1970) informou que o padrão de crescimento em altura pode variar não somente entre grupos de solo, mas dentro de um mesmo grupo.

Tonini et al. (2004) analisaram o crescimento de clones de *Eucalyptus saligna*, na depressão central e serra do sudeste, Rio Grande do Sul. Esses autores concluíram que o padrão de crescimento em altura para os clones analisados variou tanto entre grupos de solos, como dentro de um mesmo grupo. No mesmo estudo, quando aplicaram análise de covariância, verificaram que os efeitos dos fatores de sítio sobre o crescimento em altura dominante indicaram que a declividade do terreno, exposição, inclinação, adubação, posição no relevo e preparo de solo não influenciaram o padrão de crescimento em altura dominante para os três clones analisados.

Ao analisar o clone de *Eucalyptus camaldulensis* em duas condições de crescimento, avaliando o efeito do genótipo e do ambiente na estrutura da madeira, Rudman, 1970 concluiu que o comprimento das fibras foi de 0,58 e 0,64mm para baixa temperatura (13/18°C) e altas temperaturas (22/27°C) respectivamente, e o diâmetro das células foi menor em altas temperaturas e maior nas baixas. Nas duas condições de crescimento, as fibras aumentaram em comprimento no sentido radial, verificando ainda que nos clones mantidos sob temperatura mais alta, as fibras próximas à medula apresentaram-se mais longas.

## **2.8 Influência da idade**

A madeira juvenil possui estrutura celular e propriedades acentuadamente diferentes em comparação com a madeira mais próxima da casca. Nas coníferas a madeira juvenil tem menor densidade básica, traqueídeos mais curtos, paredes celulares mais finas, menos celulose, mais hemicelulose, maior ângulo das fibrilas e

uma maior quantidade de madeira de compressão em relação à madeira adulta (MATZIRIS e ZOBEL 1973).

Conforme Vital et al. (1984), citado por Trugilho et al. (1996), o efeito da idade sobre as características físico-químicas e anatômicas já é bem conhecido. Normalmente, a densidade tende a aumentar com a idade, como consequência do aumento da espessura da parede celular e diminuição da largura das células.

A influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna* (com 12, 24, 36 e 48 meses de idade) está relacionada a uma tendência de redução da taxa de incremento da densidade básica. Isso pode ser explicado perfeitamente, pois apesar das células estarem, ainda, aumentando a espessura de suas paredes e, conseqüentemente, aumentando a largura das fibras, outras dimensões, como comprimento e diâmetro do lume, possuem a mesma tendência da densidade básica. Conseqüentemente contribuem para a tendência de redução da taxa de incremento da densidade (TRUGILHO et al. 1996).

As células cambiais passam a produzir, durante certo tempo, elementos com maiores dimensões até atingir a sua estabilização em idades mais avançadas, ao longo do raio, razão pela qual, há aumento no comprimento das fibras no sentido medula casca, com o aumento da idade. Assim, as fibras localizadas nas camadas de crescimento, mais próximas da medula e a um dado nível do tronco, apresentam menores dimensões do que as localizadas nas camadas finais de crescimento, mais próximas da casca (TOMAZELLO FILHO 1985; ANDRADE 1987; ESTEBAN 2003)

Ferreira e Kageyama (1978) relatam os efeitos da idade na densidade da madeira das populações de eucaliptos, que podem ser exemplificados pelos seguintes dados da Tabela 1.

**Tabela 1** - Variação da densidade da madeira (g/cm<sup>3</sup>) em função da espécie e idade em Itupeva-SP

Idade (anos)	<i>E. urophylla</i>	<i>E. grandis</i>	<i>E. propinqua</i>	<i>E. saligna</i>
5	0,528	0,409	0,538	0,454
7	0,572	0,462	0,580	0,482
9	0,574	0,460	0,604	0,488
11	0,603	0,474	0,623	0,586

Fonte: Ferreira e Kageyama (1978).

Os dados apresentados na Tabela 1 demonstram que o aumento da densidade, no período de 5 a 11 anos, é mais pronunciado para o *E. urophylla*, *E. propinqua* e *E. saligna*, e de menos intensidade para *E. grandis*. Há, portanto, até os 11 anos de idade, uma forte tendência para o *E. grandis* produzir madeira menos densa do que as outras espécies analisadas.

De acordo com Jankowsky (1979), o período de juvenilidade é variável, podendo ser superior a 10 anos em algumas espécies de *Eucalyptus* plantadas na Austrália. Segundo Koga (1988), o lenho juvenil é formado nos primeiros anos na região próxima da medula, sendo sua duração variável, o que para um tronco de uma árvore de 15 anos poderá ocupar 85%, e reduzindo para cerca de 10% do volume aos 30 anos de idade. Madeira juvenil possui mais xilanas e lignina; menos celulose e glucomananas; menor comprimento de fibras e vasos; menor diâmetro celular; paredes celulares mais finas; massa específica menor; maiores ângulos fibrilares; maiores proporções de fibras; e menores proporções de vasos.

Para Tomazello Filho (1987), o aumento do comprimento das fibras em função da idade, é resultado do aumento do comprimento das células que as originaram, denominado de iniciais fusiformes. A estabilização do comprimento das fibras, para inúmeras espécies de eucaliptos, somente irá ocorrer quando as células do câmbio atingirem comprimento máximo, iniciando a formação da madeira adulta. Shimoyama (1990) cita que fatores genéticos, ambientais e idade da árvore influenciam a espessura da parede das fibras, propriedade importante no controle

das propriedades do papel, principalmente no que diz respeito à sua resistência ao rasgo.

Silva et al. (2004) avaliaram as variações das dimensões das fibras e dos vasos da madeira de *Eucalyptus grandis* com quatro diferentes idades (10, 14, 20, e 25 anos), proveniente de talhões comerciais do Estado do Paraná. O efeito da idade e da variação radial foi verificado em todos os parâmetros no sentido medula-casca, à exceção da largura e do diâmetro do lume das fibras, todos os demais parâmetros apresentaram correlação positiva.

Rocha et al. (2004) avaliaram as variações das dimensões dos elementos anatômicos da madeira de árvore de *Eucalyptus grandis* aos sete anos, e concluíram que, na direção radial (medula-casca), todas as dimensões das fibras apresentaram tendência crescente; nos vasos a tendência crescente foi observada para o comprimento e diâmetro tangencial e, decrescente para a frequência. Os maiores valores das dimensões dos raios foram verificados na região da medula e a frequência apresentou tendência decrescente.

Bhat et al. (1990) analisaram as árvores de *E. grandis* aos três, cinco, sete e nove anos e, mensurando o comprimento das fibras a 0, 25, 50 e 75% da altura total do tronco e em três pontos do raio, encontraram diferenças significativas em relação à idade das árvores. Em média, o comprimento das fibras aumentou de 0,81mm aos três anos, para 1,15mm aos nove anos. Quanto à variação em altura do tronco, houve um pequeno aumento até 25%, do comprimento das fibras, que decresceu, posteriormente, até o topo das árvores.

Silva et al. (2007), estudando a influência da idade e da posição radial nas dimensões das fibras e dos vasos da madeira de *Eucalyptus grandis*, verificaram que tais dimensões apresentaram variações tanto em relação à idade quanto ao sentido medula-casca com o comprimento, a espessura da parede das fibras e o diâmetro dos vasos mostrando-se positivamente correlacionados com a idade e com a posição radial no sentido medula-casca. A largura e o diâmetro do lume das

fibras correlacionaram-se negativamente com a idade, mas positivamente com a posição radial, no sentido medula-casca.

Trabalhos desenvolvidos por Foelkel et al. (1975), em Piracicaba, concluíram que, com a madeira juvenil tem-se normalmente baixa densidade, mesmo assim, tem dado ênfase à produção de celulose a partir dela, pois, apesar de baixo rendimento e baixa resistência ao rasgo, tais polpas levam à produção de papeis com elevada resistência à tração e ao arrebentamento.

## **2.9 Influência do material genético**

Uma seleção direcionada para a característica de interesse deve ser feita para se executar um programa de melhoramento (MORAES et al., 1997). A maioria das avaliações a serem realizadas torna-se de fundamental importância para os estudos de amostragem e de determinação dos níveis de controle genético das características, bem como da correlação genética entre elas, em especial, com a massa específica básica (PIRES e PAULA, 1997).

Foelkel (1997) enfatizou que a massa seca das árvores, a massa específica básica, o volume da árvore sem casca, o fator de forma, o percentual de casca e os percentuais de cerne e alburno são os principais parâmetros a incluir em uma seleção de árvores superiores.

De acordo com Assis (1986), os programas de melhoramento são comumente desenvolvidos em ciclos repetidos de seleção e recombinação. As estratégias de melhoramento estabelecem como esses ciclos serão organizados para produzir material genético melhorado a ser utilizado nos plantios comerciais.

Para Ruy (1998), a susceptibilidade ao cancro do eucalipto, aliada à baixa capacidade de rebrota em climas sujeitos a deficiência hídrica, limitaram a utilização extensiva do *Eucalyptus grandis*. Devido a esse problema, a síntese do híbrido

*Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* passou a ser base da silvicultura intensiva clonal brasileira.

Conforme a observação de Oda e Ferreira (1982), híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* aos 14 meses, plantado no Estado de São Paulo, apresentou uma superioridade em relação ao *Eucalyptus grandis*.

Segundo Zobel e Kellison (1973), diversos autores destacam que a forma da árvore e as características de crescimento afetam a qualidade da madeira. A retidão do tronco, por exemplo, tem um efeito considerável sobre a madeira de reação, o que por sua vez determina a qualidade do produto final, havendo um melhoramento automático na qualidade da madeira quando árvores mais retas são selecionadas. Os mesmos autores comentam que a grã espiralada é importante apenas em determinados programas de melhoramento, já que tem pouco efeito na produção ou qualidade da celulose e papel.

De acordo com Zobel e Talbert (1984), a densidade básica é uma característica ideal para manipulação genética devido à grande variação individual, alta herdabilidade, baixa interação genótipo x ambiente e seus efeitos sobre a produção e a qualidade da madeira.

As adoções de dados morfológicos de fibras de eucalipto são úteis como parâmetros de seleção para programas de melhoramento, devido à grande relação dessas variáveis com diferentes propriedades do papel (ALMEIDA e SILVA, 1997).

Rocha et al (2006) afirmam que o híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* viabilizou plantios tolerantes ao cancro no litoral do Espírito Santo, ao déficit hídrico na região central, e a seca de ponteiros no Vale do Rio Doce, sendo adaptado a ambientes marginais, além de proporcionar boas características relacionadas à qualidade da madeira tanto para celulose quanto para carvão vegetal.

No que se refere às características importantes para a fabricação de celulose, Demuner e Bertolucci (1993) encontraram um alto controle genético na sua

expressão em um estudo envolvendo clones de *Eucalyptus*. Valores elevados de herdabilidade e relação da variação de ordem genética pela variação de ordem não genética, na qual se destacam a densidade da madeira ( $h^2 = 0,928$ ), o teor de lignina ( $h^2 = 0,826$ ), as pentosanas ( $h^2 = 0,791$ ), os extrativos etanol/tolueno ( $h^2 = 0,856$ ) e os extrativos diclorometano (DCM) ( $h^2 = 0,882$ ), demonstram a possibilidade de avançar rapidamente a média da população no sentido desejado através do melhoramento genético.

Resultados encontrados por Tolfo et al. (2005), avaliando parâmetros genéticos para caracteres de crescimento de produção e tecnológicos da madeira em clones de *Eucalyptus* spp., reforçam que as estimativas de herdabilidade, no sentido amplo, em geral, são de alta magnitude para essas variáveis, evidenciando o bom controle genético sobre os mesmos e a possibilidade de avanços genéticos expressivos com a seleção.

Estudando as diversidades genéticas de clones de eucalipto, GARCIA (1998) afirma que se deve considerar tanto características de qualidade da madeira como de crescimento, a fim de assegurar melhor qualidade da matéria-prima, associada à maior produtividade, visando manter a competitividade no mercado de celulose.

## **2.10 Madeira de *Eucalyptus* como matéria-prima para a indústria de celulose**

De acordo com Rossi Filho (1997), o papel deve agrupar uma série de propriedades que garantam sua imprimibilidade e seu desempenho durante os processos de impressão e acabamento, bem como atendam aos requisitos de uso final. Assim, o teor de extrativos, a densidade básica e o comprimento de fibras, o teor de lignina e holocelulose são critérios de qualidade importantes na produção de celulose para a indústria de papel (HILLIS, 1972).

Conforme o relato de Barrichelo et al. (1975), as espécies do gênero *Eucalyptus* adquiriram posição de destaque entre as principais matérias-primas fornecedoras de fibras para a indústria de celulose e papel na década de 70. Espécies como o

*Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus urophylla*, dentre outras, se tornaram as bases da cultura florestal de fibra curta na indústria de celulose.

Trugilho et al. (2004), estudando a classificação dos clones de *Eucalyptus* sp. visando a produção de polpa celulósica, verificaram que em 15 clones de *Eucalyptus* sp., com seis anos de idade, tendo sido coletadas duas árvores por clone, ocorreu grande variação entre estes e as características que mais contribuíram para essa variação foram o rendimento depurado (58,10%) e a viscosidade da polpa celulósica (35,00%).

Segundo Jacob e Balloni (1978), o comprimento de fibras está ao lado da densidade da madeira, como os principais fatores que afetam a qualidade da celulose e do papel.

Para Busnardo (1981), o *Eucalyptus urophylla* e seu híbrido (*Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*) são uma das principais fontes de matéria-prima para a indústria brasileira de celulose, pois apresentam excelentes desenvolvimentos em altura e diâmetro, massa específica intermediária entre as médias (0,47g/cm<sup>3</sup> - *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*) e as elevadas (acima de 0,57g/cm<sup>3</sup> - *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus paniculata*).

Calori et al. (1993) realizaram estudos com o *Eucalyptus dunnii*, comparando ao *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* pela densidade básica, demonstraram que a média superior foi de 0,49g/cm<sup>3</sup>, sendo que, o *Eucalyptus grandis* apresentou uma média de 0,40g/cm<sup>3</sup> e o *Eucalyptus saligna* de 0,45g/cm<sup>3</sup>, demonstrando potencial para uso na região Sul, por apresentar resistência à geada.

Ikemori e Campinhos Jr. (1983) e Bertolucci et al. (1993) citam que os plantios *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* apresentam alta produtividade no local de crescimento e as características das fibras são de alta qualidade.

Com respeito ao comprimento médio da fibra, esse parâmetro afeta a formação ou uniformidade da distribuição das fibras. Quanto mais curtas forem as fibras, mais

uniforme será a formação da folha e melhor sua estabilidade dimensional (YOUNG, 1980).

A propriedade de ligação entre fibras é a chave para a coesão interna do papel. Quase toda a interação mecânica entre as fibras durante a fabricação do papel toma lugar por meio das ligações das fibras (RETULAINEN e EBELING, 1993). Carpim et al. (1987) verificaram que as propriedades que dependem do grau de ligação entre fibras (densidade aparente e as resistências à tração e ao arrebitamento) mostraram maiores índices em polpas com mais fibras por grama. Carvalho et al. (1998) e Wallis et al. (1996) determinaram a qualidade da madeira de *Eucalyptus*, visando a produção de polpa e papel e demonstraram que os fatores químicos como teores de celulose, lignina, pentosanas e extrativos são considerados os mais relevantes.

Valente et al. (1992) relataram que baixo teor de lignina e alto teor de carboidratos requerem condições menos severas de polpação e conduzem alto rendimento gravimétrico.

Ao avaliar a madeira de *Betula pendula*, *Eucalyptus globulus* e de híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* destinada à produção de polpa celulósica *Kraft*, mostrou que as matérias-primas utilizadas industrialmente no Brasil, na Finlândia e em Portugal têm características e desempenhos distintos frente ao processo *Kraft* de produção de polpa celulósica branqueável de fibra curta, podendo levar a produtos finais com propriedades diferenciadas (DUARTE, 2007).

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Descrição do material**

Neste estudo foram avaliadas as propriedades anatômicas da madeira de eucalipto que cresceu em quatro regiões do Estado do Espírito Santo e duas regiões do Estado de Minas Gerais, provenientes do Programa de Fomento Florestal da Empresa Aracruz Celulose. O material genético é procedente de dois clones denominados A e B, constituído de híbridos naturais de *Eucalyptus grandis*, originados da localidade de Rio Claro-SP. A média de idade das árvores utilizadas no estudo foi de 69 meses.

Foram utilizadas amostras em forma de disco, com espessura de aproximadamente 5,0cm, retirado na altura do DAP de seis árvores em cada um dos tratamentos avaliados.

#### **3.2 Metodologia**

Foram utilizadas amostras de madeira com média de idade 69 meses, de dois clones A e B, procedentes de quatro regiões do Estado do Espírito Santo e duas regiões do Estado de Minas Gerais. De cada uma dessas regiões foram amostradas árvores de localidades distintas, considerando duas condições de topografia do terreno (inclinados e planos). Em cada tratamento foram utilizadas seis árvores com total de 294 árvores, apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2** – Relação de tratamentos avaliados

<b>Tratamento</b>	<b>Clone</b>	<b>Região</b>	<b>Nº Árvore</b>
1	A	Aracruz – ES	24
2	B	Aracruz - ES	24
3	A	Domingos Martins - ES	24
4	B	Domingos Martins - ES	24
5	A	Mutum – MG	24
6	B	Mutum – MG	24
7	A	São Mateus - ES	18
8	B	São Mateus - ES	24
9	A	Aimorés – MG	24
10	B	Aimorés – MG	24
11	A	Alto Rio Novo - ES	24
12	B	Alto Rio Novo - ES	36
<b>Total</b>			<b>294</b>

A madeira na forma de discos, devidamente identificada, foi conduzida ao Laboratório de Ciência da Madeira (LCM) do Departamento de Engenharia Florestal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), onde foram realizadas todas as atividades experimentais.

### **3.2.1 Descrição anatômica qualitativa**

A identificação macroscópica foi feita com auxílio de uma lente de 10x de aumento, onde foram observadas as características anatômicas, como camadas de crescimento, tipos de parênquima, poros (vasos) e raios.

Para a descrição ou análise macroscópica, foi utilizada lente de aumento (10x), obedecendo às normas de procedimentos em estudos de anatomia de madeira, de acordo com as normas da COPANT (1974). Quanto à descrição da cor da madeira seca ao ar, foi utilizada a escala de Munsell (1957), que é adequada para madeiras.

### 3.2.2 Descrição anatômica quantitativa

Para os estudos anatômicos foram retiradas amostras de cerne periférico dos respectivos discos. Foram realizadas mensurações dos elementos anatômicos utilizando cortes histológicos e materiais especificamente dissociados.

Em relação às fibras, foram feitos macerados de acordo com o método do peróxido de hidrogênio/ácido acético descrito por Ramalho, (1987), que posteriormente foi mensurado em microscópio óptico comum, com auxílio de um sistema analisador de imagens. Com relação aos vasos, foram realizadas cortes anatômicos com auxílio de um micrótomo de deslize, modelo Leica SM 2000R, com montagem temporária em glicerina destilada e água na proporção de 1:1. Para as mensurações foi utilizado um microscópio óptico comum de marca Zeiss e um sistema analisador de imagem provido de *software axiovision 4.5*. Os estudos anatômicos seguiram os procedimentos da norma (COPANT, 1974).

#### 3.2.2.1 Mensuração de vasos e raios

Para todas as amostras do lenho no DAP dos dois clones, perfazendo um total de 294 discos, as amostras foram retiradas nas posições de transição do cerne/alburno (cerne periférico). Nessa posição foram cortados corpos-de-prova de dimensões 1,0 x 1,5 x 2,0cm, nas direções radiais, tangenciais e longitudinais respectivamente. Cada corpo-de-prova foi amolecido em água à ebulição e fixado em micrótomo de deslize, modelo Leica SM 2000R, para a obtenção de cortes de espessura variando de 18 a 20µm dos planos transversal e longitudinal tangencial, sendo em seguida montados em lâminas temporárias, com uso de glicerina e água.

Em relação aos vasos, foram feitas fotomicrografias das lâminas anteriormente descritas, com a utilização de uma câmera fotográfica de marca Canon, modelo DSC Powershot A 620, 7.1 mega pixels, que foram utilizados em sistema analisador de imagem anteriormente descrito. Os parâmetros mensurados relativos aos vasos foram a frequência vascular em poros/mm<sup>2</sup> e o diâmetro tangencial em micrômetro.

Para cada disco de madeira, foram feitas 40 repetições para frequência e 40 repetições para o diâmetro tangencial dos vasos, totalizando para cada tratamento 960 repetições relativas às 24 árvores, tendo como exceção os tratamentos 7 e 12 em que foram utilizadas 18 e 36 árvores, levando a 720 e 1440 repetições, respectivamente.

Relativos aos raios, utilizando também o sistema analisador de imagens, foram mensurados a altura, a largura e também a frequência em raios/mm, considerando 40 repetições, relativas ao mesmo número de árvores e repetições mencionados para os elementos de vasos.

Para cada tratamento foram confeccionadas lâminas permanentes, utilizando cortes histológicos dos três planos, que foram montados segundo rotina do Laboratório de Ciência da Madeira do Departamento de Engenharia Florestal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, descritas de acordo com as normas COPANT (1974) e IAWA-Committee (1989).

### **3.2.2.2 Mensuração das fibras**

Para todos os discos do lenho no DAP dos dois clones, as amostras foram retiradas nas posições de transição do cerne/alburno (cerne periférico), tomando os cavacos no plano radial das amostras, que posteriormente foram submetidos ao processo de maceração. Os cavacos foram transferidos para um vidro de 25ml contendo uma solução de ácido acético/peróxido de hidrogênio em proporção de 1 para 1, sendo completamente lacrado e transferido para estufa (60°C, 48h), método este proposto por Nicholls e Dadswel, descrito por (RAMALHO, 1987).

Esgotada a solução macerante, a suspensão de células foi lavada em água destilada, corada em safranina e montadas lâminas histológicas sobre água destilada e glicerina em proporção de 1:1. Depois de fotografadas as imagens obtidas em um microscópio de marca Zeiss, com uma câmera de marca Canon, descrita anteriormente, as fotomicrografias foram utilizadas para a mensuração do

comprimento, largura e diâmetro de lume, utilizando um sistema analisador de imagens de marca axiovision 4.5.

As mensurações das fibras foram realizadas segundo os procedimentos das normas COPANT (1974), considerando 20 repetições, totalizando para cada tratamento 480 repetições relativas às 24 árvores, tendo como exceção os tratamentos 7 e 12 em que foram utilizadas 18 e 36 árvores, levando a 360 e 720 repetições, respectivamente. Para a determinação da espessura da parede celular, utilizou-se a seguinte equação:

$$EP = \frac{LF - DL}{2}$$

em que:

$EP$  = Espessura da parede da fibra, em  $\mu\text{m}$ ;

$LF$  = Largura da fibra, em  $\mu\text{m}$ ; e

$DL$  = Diâmetro do lume da fibra, em  $\mu\text{m}$ .

### 3.2.3 Análise dos dados

Uma vez coletados os dados, estes foram lançados em uma planilha do *Software Excel*, onde se realizou o cálculo dos parâmetros avaliados. Foram utilizadas estatísticas simples, como média, desvio-padrão e coeficiente de variação. Gráficos e tabelas de resultados foram confeccionados a partir dessa planilha.

A estatística também envolveu análise de variância (anexos 2) e teste de média para a verificação de ocorrência nas diferenças entre os tratamentos A e B, utilizando o *Software Statistic SAEG 6.0*.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Descrição anatômica qualitativa da madeira do clone A para a região de Aracruz - ES**

#### **Características gerais**

Alburno de coloração clara, distinto do cerne, que possui a coloração marrom castanho claro, 10YR 8/2 de acordo com a escala de Munsell (1957). A espessura do alburno varia entre 3,70 a 16,10cm, com valor médio de 9,14cm. Apresenta brilho moderado na face longitudinal radial. As camadas de crescimento são aparentemente demarcadas por zonas fibrosas mais escuras e menores frequências de vasos.

#### **Características anatômicas**

- Parênquima axial – paratraqueal vasicêntrico escasso, formando às vezes pequenas confluências, e também apotraqueal escasso.
- Vasos/poros – visíveis a olho nu, porosidade difusa com arranjo radial, às vezes diagonal. A sua frequência média é pouco numerosa ( $14,32\text{vasos}/\text{mm}^2$ ). São solitários, de seção oval e com diâmetro tangencial médio de tamanho pequeno ( $95,47\mu\text{m}$ ).
- Raios – não são visíveis a olho nu e dificilmente sob lente, exclusivamente unisseriados, homogêneos, formados por células procumbentes, extremamente finos ( $8,48\mu\text{m}$ ), extremamente baixos ( $0,23\text{mm}$ ) e pouco frequentes ( $12,27\text{raios}/\text{mm}$ ).
- Fibras – predomínio de fibrotraqueídeos. Curtas ( $970,84\mu\text{m}$ ), com paredes de delgadas a espessas ( $2,94\mu\text{m}$ ).

### **4.1.1 Descrição anatômica qualitativa da madeira do clone B para a região de Aracruz - ES**

#### **Características gerais**

Alburno de coloração clara, distinto do cerne, que possui a coloração rosada, 2,5YR 8/3 de acordo com a escala de Munsell (1957). A espessura do alburno varia entre

2,30 a 4,40cm, com valor médio de 3,30cm. Apresenta brilho moderado na face longitudinal radial. As camadas de crescimento são aparentemente demarcadas por regiões de menor frequência de vasos.

#### **Características anatômicas**

- Parênquima axial – paratraqueal vasicêntrico escasso e apotraqueal difuso escasso.
- Vasos/poros – visíveis a olho nu, porosidade difusa com arranjo diagonal predominante e radial. A frequência média é pouco numerosa (11,06vasos/mm<sup>2</sup>). São exclusivamente solitários, com rara ocorrência dos múltiplos de dois; de seção ovalada e com diâmetro tangencial de tamanho médio (129,45µm).
- Raios – pouco visíveis sob lente de 10x, exclusivamente unisseriados, homogêneos e formados por células procumbentes. São extremamente finos (8,13µm), extremamente baixos (0,24mm) e pouco frequentes (10,43raios/mm).
- Fibras – predomínio de fibrotraqueídeos, Curtas (1096,27µm), com paredes de delgadas a espessas (3,45µm).

#### **4.2 Descrição anatômica qualitativa da madeira do clone A para a região de Domingos Martins - ES**

##### **Características gerais**

Alburno de coloração clara, distinto do cerne, que possui a coloração marrom castanho claro, 10YR 8/3 de acordo com a escala de Munsell (1957). A espessura do alburno varia entre 3,90 a 13,20cm e com valor médio de 8,60cm. Apresenta brilho moderado na face longitudinal radial. As camadas de crescimento são indistintas.

##### **Características anatômicas**

- Parênquima axial – paratraqueal vasicêntrico escasso e apotraqueal difuso escasso.

- Vasos/poros – visíveis a olho nu, porosidade difusa com arranjo predominante radial. A frequência média é pouco numerosa (13,43vasos/mm<sup>2</sup>). São solitários e de seção oval, com diâmetro tangencial de tamanho médio (103,23µm).
- Raios – visíveis somente sob lente no plano transversal. Exclusivamente unisseriados, homogêneos, formados por células procumbentes. São extremamente finos (8,46µm), extremamente baixos (0,25mm) e pouco frequentes (12,69raios/mm).
- Fibras - predomínio de fibrotraqueídeos. Curtas (910,65µm), com paredes delgadas a espessas (3,88µm).

#### **4.2.1 Descrição anatômica qualitativa da madeira do clone B para a região de Domingos Martins - ES**

##### **Características gerais**

Alburno de coloração clara, distinto do cerne, que possui a coloração rosado, 2,5YR 8/4 de acordo com a escala de Munsell (1957). A espessura do alburno varia entre 1,50 a 5,70cm e média de 3,10cm. Apresenta brilho moderado na face longitudinal radial. As camadas de crescimento são indistintas.

##### **Características anatômicas**

- Parênquima axial – paratraqueal vasicêntrico escasso, com rara e pequena confluência e também apotraqueal difuso escasso.
- Vasos/poros – visíveis a olho nu, porosidade difusa com arranjo diagonal. A frequência média é pouco numerosa (10,41vasos/mm<sup>2</sup>). São predominantemente solitários e em menor frequência, múltiplos de dois. Possui seção oval a circular e com diâmetro tangencial de tamanho médio (129,68µm).
- Raios – visíveis somente sob lente no plano transversal e no plano tangencial pouco visíveis mesmo sob lente de 10x. Exclusivamente unisseriados, homogêneos, formados por células procumbentes. São extremamente finos (8,34µm), extremamente baixos (0,21mm) e pouco frequentes (9,78raios/mm).
- Fibras – predomínio de fibrotraqueídeos. Curtas (1117,5µm), com paredes delgadas a espessas (4,80µm).

### **4.3 Descrição anatômica qualitativa da madeira do clone A para a região de Mutum - MG**

#### **Características gerais**

Alburno de coloração clara, distinto do cerne, que possui a coloração marrom castanho claro, 10YR 8/3 de acordo com a escala de Munsell (1957). A espessura do alburno varia entre 4,40 a 9,60cm e com valor médio de 7,60cm. Apresenta brilho moderado, formado pelo espelhado dos raios na face longitudinal radial. As camadas de crescimento são indistintas.

#### **Características anatômicas**

- Parênquima axial – paratraqueal vasicêntrico escasso, tendendo a formar confluências e apotraqueal difuso escasso.
- Vasos/poros – visíveis a olho nu, porosidade difusa com arranjo radial predominante e diagonal. A frequência média é pouco numerosa (13,68 vasos/mm<sup>2</sup>). São solitários na maioria e geminados, de seção oval, com diâmetro tangencial de tamanho médio (103,46µm).
- Raios – visíveis sob lente no plano transversal. Exclusivamente unisseriados, homogêneos, formados por células procumbentes. São extremamente finos (8,43µm), extremamente baixos (0,23mm) e pouco frequentes (12,45raios/mm).
- Fibras - predomínio de fibrotraqueídeos. Curtas (924,35µm), com paredes delgadas a espessas (3,60µm).

### **4.3.1 Descrição anatômica qualitativa da madeira do clone B para a região de Mutum - MG**

#### **Características gerais**

Alburno de coloração clara, distinto do cerne, que possui a coloração rosado, 2,5YR 8/4 de acordo com a escala de Munsell (1957). A espessura do alburno varia entre 2,50 a 4,10cm e com valor médio de 3,10cm. Apresenta brilho moderado, formado pelo espelhado dos raios na face longitudinal radial. As camadas de crescimento são demarcadas pela mudança na direção do arranjo diagonal dos vasos.

### **Características Anatômicas**

- Parênquima axial – paratraqueal vasicêntrico escasso e apotraqueal difuso escasso.
- Vasos/poros – visíveis a olho nu, porosidade difusa com arranjo diagonal, com tendência de inversão da direção nas delimitações das camadas de crescimento. A frequência média é pouco numerosa ( $9,95\text{vasos/mm}^2$ ). São solitários predominantemente, múltiplos de dois e raramente de três, de seção ovalada, com diâmetro tangencial de tamanho médio ( $126,10\mu\text{m}$ ).
- Raios – visíveis somente sob lente no plano transversal. Exclusivamente unisseriados, homogêneos, formados por células procumbentes, extremamente finos ( $8,45\mu\text{m}$ ), extremamente baixos ( $0,21\text{mm}$ ) e pouco frequentes ( $10,04$  raios/mm).
- Fibras – predomínio de fibrotraqueídeos. Curtas ( $1083,92\mu\text{m}$ ), com paredes delgadas a espessas ( $4,4\mu\text{m}$ ).

#### **4.4 Descrição anatômica qualitativa da madeira do clone A para a região de São Mateus - ES**

##### **Características gerais**

Alburno de coloração clara, distinto do cerne, que possui a coloração marrom castanho claro, 10YR 8/2 de acordo com a escala de Munsell (1957). A espessura do alburno varia entre 5,60 a 9,00cm e com valor médio de 7,70cm. Apresenta brilho moderado, formado pelo espelhado dos raios na face longitudinal radial. As camadas de crescimento são indistintas.

##### **Características anatômicas**

- Parênquima axial – paratraqueal vasicêntrico escasso, tendendo a formar confluências e apotraqueal difuso escasso.
- Vasos/poros – visíveis a olho nu, porosidade difusa com arranjo radial predominante e diagonal. A frequência média é de pouco numerosa ( $16,00$

vasos/mm<sup>2</sup>). São predominantemente solitários, de seção ovalada, com diâmetro tangencial de tamanho pequeno (91,59µm).

- Raios – visíveis sob lente no plano transversal. Exclusivamente unisseriados, homogêneos formados por células procumbentes, extremamente finos (7,80µm), extremamente baixos (0,26mm) e pouco frequentes (13,19raios/mm).
- Fibras - predomínio de fibrotraqueídeos. Curtas (994,47µm), com paredes delgadas a espessas (3,50µm).

#### **4.4.1 Descrição anatômica qualitativa da madeira do clone B para a região de São Mateus - ES**

##### **Características gerais**

Alburno de coloração clara, distinto do cerne, que possui a coloração rosado, 2,5YR 8/4 de acordo com a escala de Munsell (1957). A espessura do alburno varia entre 2,00 a 5,50cm e com valor médio de 3,70cm. Apresenta brilho moderado, formado pelo espelhado dos raios na face longitudinal radial. As camadas de crescimento são aparentemente demarcadas por regiões de menor frequência de vasos.

##### **Características anatômicas**

- Parênquima axial – paratraqueal vasicêntrico escasso e apotraqueal difuso escasso.
- Vasos/poros – visíveis a olho nu, porosidade difusa com arranjo diagonal e radial. A frequência média é de pouco numerosa (13,00vasos/mm<sup>2</sup>). São solitários e múltiplos de dois, raramente três, de seção ovalada, com diâmetro tangencial de tamanho médio (111,99µm).
- Raios – pouco visíveis sob lente no plano transversal. Exclusivamente unisseriados, homogêneos, formados por células procumbentes, extremamente finos (7,80µm), extremamente baixos (0,20mm) e pouco frequentes (10,47 raios/mm).
- Fibras – predomínio de fibrotraqueídeos. Curtas (1119,78µm), com paredes delgadas a espessas (4,01µm).

#### **4.5 Descrição anatômica qualitativa da madeira do clone A para a região de Aimorés - MG**

##### **Características gerais**

Alburno de coloração clara, distinto do cerne, que possui a coloração marrom castanho claro, 10YR 8/2 de acordo com a escala de Munsell (1957). A espessura do alburno varia entre 2,80 a 10,50cm e com valor médio de 7,00cm. Apresenta brilho moderado, formado pelo espelhado dos raios na face longitudinal radial. As camadas de crescimento são indistintas.

##### **Características anatômicas**

- Parênquima axial – paratraqueal vasicêntrico escasso, tendendo a formar confluências e apotraqueal difuso escasso.
- Vasos/poros – visíveis a olho nu, porosidade difusa com arranjo radial predominante e diagonal. A frequência média é pouco numerosa (13,06 vasos/mm<sup>2</sup>). São solitários na maioria e geminados, raramente múltiplos de quatro, de seção oval, com diâmetro tangencial de tamanho médio (100,69µm).
- Raios – visíveis sob lente no plano transversal. Exclusivamente unisseriados, homogêneos, formados por células procumbentes, extremamente finos (7,03µm), extremamente baixos (0,29mm) e pouco frequentes (12,84 raios/mm).
- Fibras - predomínio de fibrotraqueídeos. Curtas (1051,92µm), com paredes delgadas a espessas (3,75µm).

#### **4.5.1 Descrição anatômica qualitativa da madeira do clone B para a região de Aimorés - MG**

##### **Características gerais**

Alburno de coloração clara, distinto do cerne, que possui a coloração rosado, 7,5YR 8/3 de acordo com a escala de Munsell (1957). A espessura do alburno varia entre 1,20 a 3,60cm e com valor médio de 2,90cm. Apresenta brilho moderado, formado pelo espelhado dos raios na face longitudinal radial. As camadas de crescimento

são aparentemente demarcadas por zonas fibrosas formadas em regiões de vasos reduzidas.

### **Características anatômicas**

- Parênquima axial – paratraqueal vasicêntrico escasso, tendendo formar pequenas confluências e apotraqueal difuso escasso.
- Vasos/poros – visíveis a olho nu, porosidade difusa com arranjo radial predominante e diagonal. A frequência média é pouco numerosa (9,67vasos/mm<sup>2</sup>). São solitários na maioria e raramente múltiplos de três, de seção ovalada, com diâmetro tangencial de tamanho médio (142,25µm).
- Raios – visíveis somente sob lente no plano transversal. Exclusivamente unisseriados, homogêneos, formados por células procumbentes, extremamente finos (8,00µm), extremamente baixos (0,23mm) e pouco frequentes (10,28 raios/mm).
- Fibras – predomínio de fibrotraqueídeos. Curtas (1184,25µm), com paredes delgadas a espessas (4,86µm).

## **4.6 Descrição anatômica qualitativa da madeira do clone A para a região de Alto Rio Novo - ES**

### **Características gerais**

Alburno de coloração clara, distinto do cerne, que possui a coloração marrom castanho claro, 10YR 8/3 de acordo com a escala de Munsell (1957). A espessura do alburno varia entre 8,00 a 13,25cm e com valor médio de 9,33cm, para 24 árvores deste estudo. Apresenta brilho moderado, formado pelo espelhado dos raios na face longitudinal radial. As camadas de crescimento são aparentemente demarcadas por zonas fibrosas formadas em regiões de frequência de vasos reduzidas.

### **Características anatômicas**

- Parênquima axial – paratraqueal vasicêntrico escasso, tendendo a formar pequenas confluências e apotraqueal difuso escasso.

- Vasos/poros – visíveis a olho nu, porosidade difusa com arranjo radial predominante e diagonal. A frequência média é pouco numerosa (14,32 vasos/mm<sup>2</sup>). São solitários na maioria e geminados, de seção oval, com diâmetro tangencial de tamanho médio (100,79µm).
- Raios – visíveis sob lente no plano transversal. Exclusivamente unisseriados, homogêneos, formados por células procumbentes, extremamente finos (9,72µm), extremamente baixos (0,27mm) e pouco frequentes (12,76raios/mm).
- Fibras - predomínio de fibrotraqueídeos. Curtas (984,81µm), com paredes delgadas a espessas (3,83µm).

#### **4.6.1 Descrição anatômica qualitativa da madeira do clone B para a região de Alto Rio Novo - ES**

##### **Características gerais**

Alburno de coloração clara, distinto do cerne, que possui a coloração rosado, 2,5YR 8/4 de acordo com a escala de Munsell (1957). A espessura do alburno varia entre 2,30 a 5,90cm e com valor médio de 4,00cm. Apresenta brilho moderado, formado pelo espelhado dos raios na face longitudinal radial. As camadas de crescimento são indistintas.

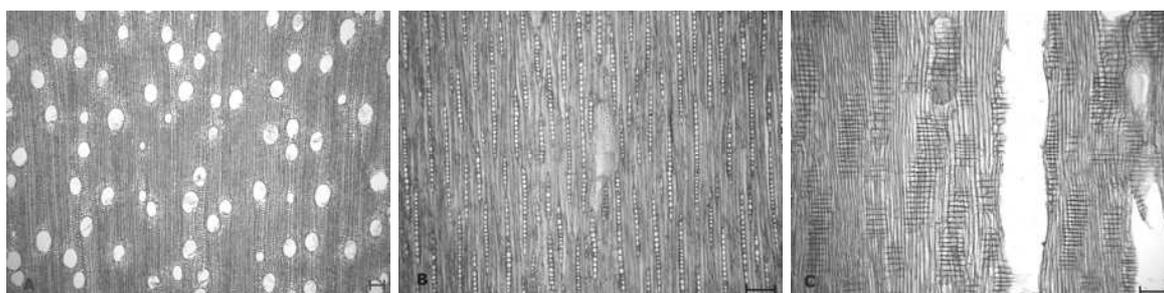
##### **Características anatômicas**

- Parênquima axial – paratraqueal vasicêntrico escasso e apotraqueal difuso escasso.
- Vasos/poros – visíveis a olho nu, porosidade difusa com arranjo predominante diagonal e radial. A frequência média é pouco numerosa (11,10vasos/mm<sup>2</sup>). São solitários predominantemente e múltiplos de dois, raramente mais, de seção ovalada, com diâmetro tangencial de tamanho médio (137,91µm).
- Raios – visíveis somente sob lente no plano transversal. Exclusivamente unisseriados, homogêneos, formados por células procumbentes, são extremamente finos (7,63µm), extremamente baixos (0,24mm) e pouco frequentes (10,66 raios/mm).

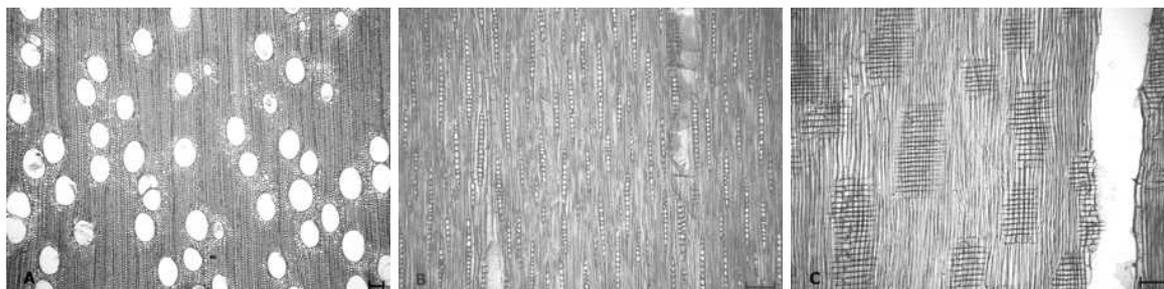
- Fibras – predomínio de fibrotraqueídeos. Curtas (1176,42 $\mu$ m), com paredes delgadas a espessas (4,69 $\mu$ m).

#### 4.7 Fotomicrografias dos três planos anatômicos dos dois clones A e B para todas as regiões relacionadas neste estudo

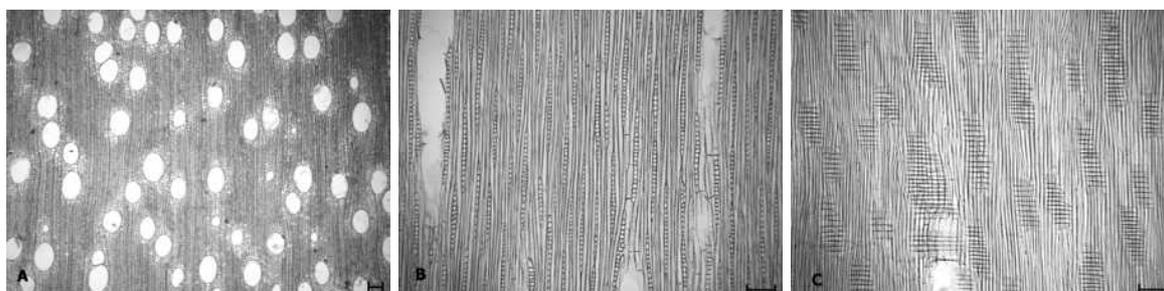
As fotomicrografias das seções transversal (A), longitudinal tangencial (B) e longitudinal radial (C) da madeira do híbrido natural de *Eucalyptus grandis* – clone A e B nas diferentes regiões do Estado do Espírito Santo e Minas Gerais – são apresentadas nas Figuras 1 a 12. Barra = 100 $\mu$ m.



**Figura 1** – Clone A da região de Aracruz – ES.



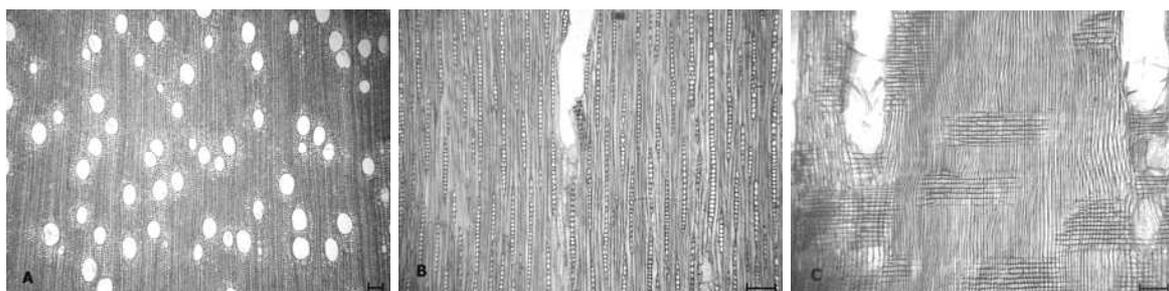
**Figura 2** – Clone B da região de Aracruz – ES.



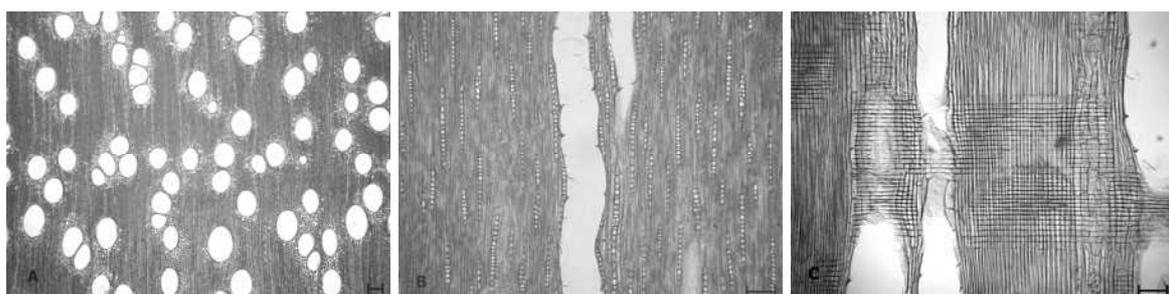
**Figura 3** – Clone A da região de Domingos Martins – ES.



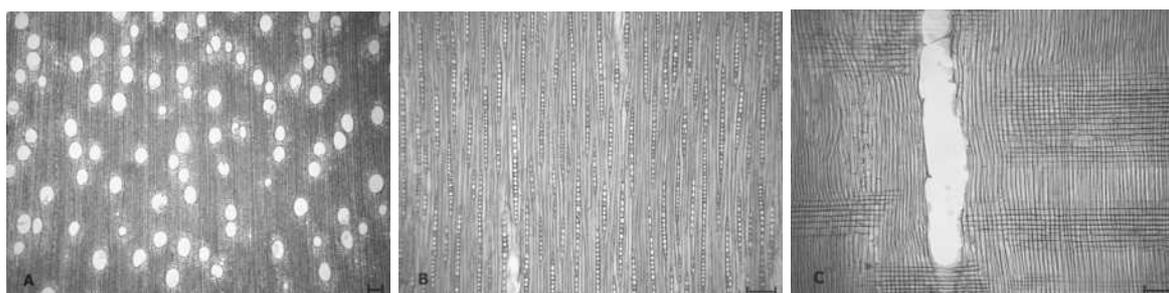
**Figura 4** – Clone B da região de Domingos Martins – ES.



**Figura 5** – Clone A da região de Mutum – MG.



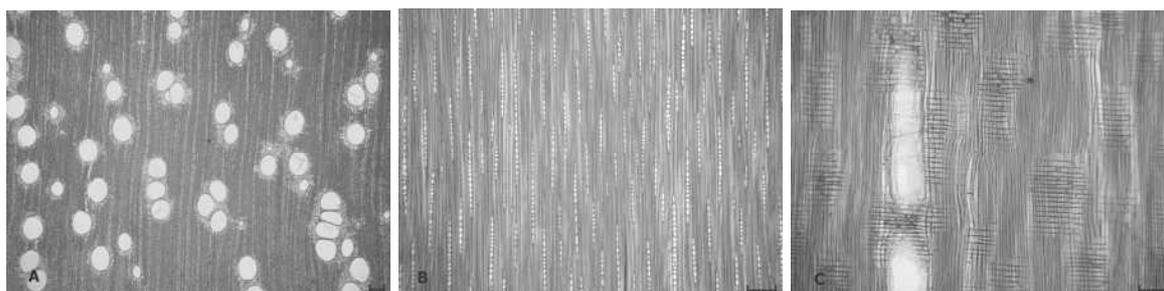
**Figura 6** – Clone B da região de Mutum – MG.



**Figura 7** – Clone A da região de São Mateus – ES.



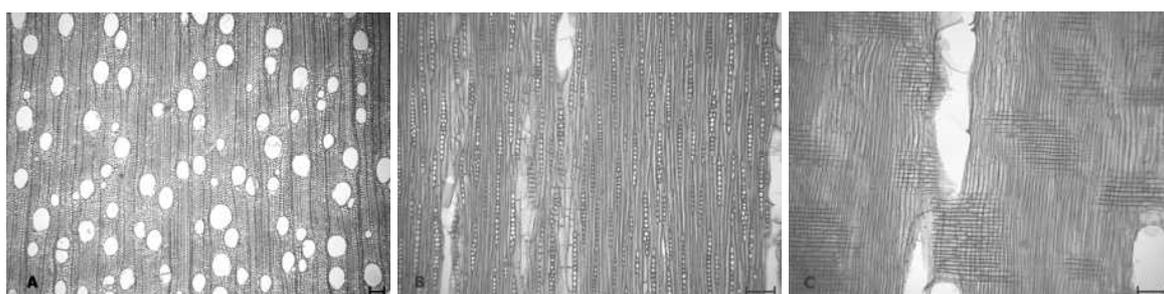
**Figura 8** – Clone B da região de São Mateus – ES.



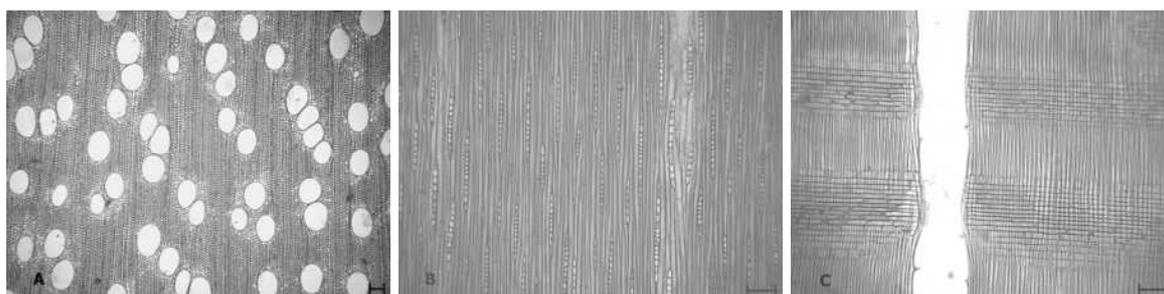
**Figura 9** – Clone A da região de Aimorés – MG.



**Figura 10** – Clone B da região de Aimorés – MG.



**Figura 11** – Clone A da região de Alto Rio Novo – ES.



**Figura 12** – Clone B da região de Alto Rio Novo – ES.

## 4.8 Descrição anatômica quantitativa

### 4.8.1 Mensuração de elementos vasculares

Os valores médios e o respectivo desvio-padrão e os coeficientes de variação, obtidos para os parâmetros relacionados ao diâmetro e frequência dos vasos para os clones A e B da madeira do híbrido natural de *Eucalyptus grandis*, com média de idade 69 meses, estão apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3** - Valores médios de diâmetro e frequência vasculares para madeira dos clones A e B, provenientes de diferentes regiões

Região	Clone A		Clone B	
	Diâmetro tangencial ( $\mu\text{m}$ )	Frequência (vasos/ $\text{mm}^2$ )	Diâmetro tangencial ( $\mu\text{m}$ )	Frequência (vasos/ $\text{mm}^2$ )
Aracruz - ES	95,47c B <sup>1</sup> (18,05) (18,91)*	14,32b A (4,39) (30,67)	129,45c A (18,79) (14,52)	11,06b B (5,17) (46,24)
Domingos Martins-ES	103,23ab B (22,35) (21,65)	13,43cd A (3,66) (27,23)	129,68c A (34,52) (26,62)	10,41c B (3,34) (32,13)
Mutum - MG	103,46a B (21,52) (20,80)	13,68c A (3,73) (27,31)	126,10c A (25,68) (20,37)	9,95cd B (3,37) (33,86)
São Mateus - ES	91,59d B (14,57) (16,35)	16,00a A (3,93) (24,54)	111,99d A (20,96) (18,72)	13,00a B (3,89) (29,90)
Aimorés - MG	100,69b B (17,89) (17,76)	13,06d A (3,54) (27,13)	142,25a A (44,77) (31,47)	9,67d B (2,71) (28,05)
Alto Rio Novo - ES	100,79b B (23,23) (23,05)	14,32b A (4,01) (28,04)	137,91b A (18,79) (13,33)	11,10b B (3,56) (32,13)
Média geral	99,21 B (19,60) (19,75)	14,14 A (3,88) (27,48)	129,56 A (27,25) (20,84)	10,87 B (3,67) (33,72)

\* Valores entre parêntesis correspondem ao desvio-padrão ( $\mu\text{m}$  e vasos/ $\text{mm}^2$ ) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

<sup>1</sup> Valores médios, ao longo das colunas, seguidos de mesma letra minúscula e ao longo das linhas, para o mesmo parâmetro, seguidos de mesma letra maiúscula, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Pela Tabela 3, observa-se que, de um modo geral, o clone A possui vasos de menores diâmetros tangenciais, com as regiões de São Mateus e Aracruz se destacando pelos menores valores, ou seja, vasos com diâmetros de 91,59 e 95,47 $\mu\text{m}$ , respectivamente. Para este mesmo clone, os maiores diâmetros vasculares foram encontradas no lenho de árvores que cresceram nas regiões de

Domingos Martins e Mutum, cujos valores são de 103,23 e 103,46 $\mu\text{m}$ , respectivamente.

Alzate (2004) avaliou as propriedades anatômicas da madeira de clones de *Eucalyptus grandis*, com 8 anos de idade que cresceram no Estado de São Paulo e encontrou valor de diâmetro tangencial dos vasos igual a 106,00 $\mu\text{m}$ . Tais valores são próximos daqueles encontrados neste estudo para as regiões de Domingos Martins – ES e Mutum – MG.

Em relação ao clone B na Tabela 3, são observados os maiores diâmetros vasculares que aqueles encontrados para o clone A. Para o clone B, o maior diâmetro vascular foi obtido para a madeira cultivada na região de Aimorés – MG, cujo valor é de 142,25 $\mu\text{m}$ , diferindo estatisticamente de todas as demais regiões. A região de São Mateus – ES é aquela cujos vasos têm o menor diâmetro para este clone (111,99 $\mu\text{m}$ ). As regiões de Domingos Martins – ES, Aracruz – ES e Mutum – MG não diferem estatisticamente quanto ao diâmetro tangencial dos vasos das madeiras ali produzidas.

De um modo geral, o clone A, produziu madeira com vasos de menores diâmetros tangenciais e maiores frequência de vasos em todas as regiões, quando comparada com as madeiras do clone B, para todas as regiões.

Os coeficientes de variação para o diâmetro dos vasos, observados no clone A, variam entre 18,91 a 23,05%, demonstrando uma variação mediana, podendo considerar que o diâmetro dos vasos foi pouco heterogêneo entre as regiões. Quanto à variação no clone B, a região de Aimorés é a que apresenta uma maior heterogeneidade no que diz respeito ao diâmetro de seus vasos, cujo coeficiente de variação é da ordem de 31,47%. Para as demais madeiras, produzidas pelas demais regiões, o clone B apresenta coeficientes de variação variando de 13,33 a 26,66%, considerados de baixo a médios.

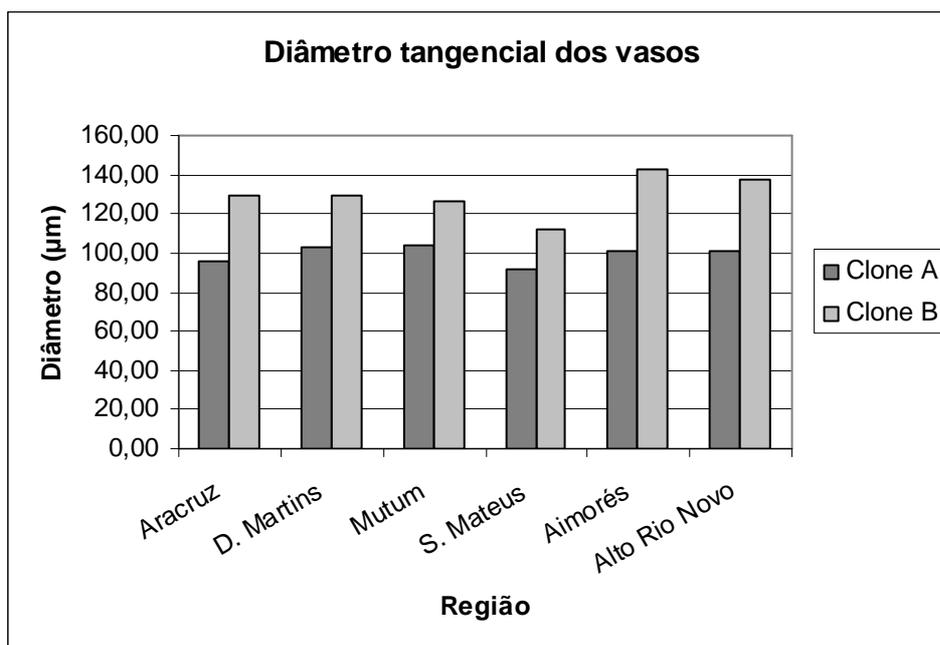
Como é de se esperar, as madeiras que apresentam os menores diâmetros vasculares são aquelas com maiores frequências vasculares, como ocorre para o

clone A. O clone B por sua vez, por apresentar vasos de maiores diâmetros, apresenta os menores valores de frequência vasculares.

Alzate (2004) também em seu estudo relatou a anatomia da madeira de árvores de *Eucalyptus grandis* com idade de 8 anos, encontrando valores de frequência vascular variando de 9 a 14 vasos/mm<sup>2</sup>, portanto próximos aos encontrados neste estudo para ambos os clones e praticamente todas as regiões.

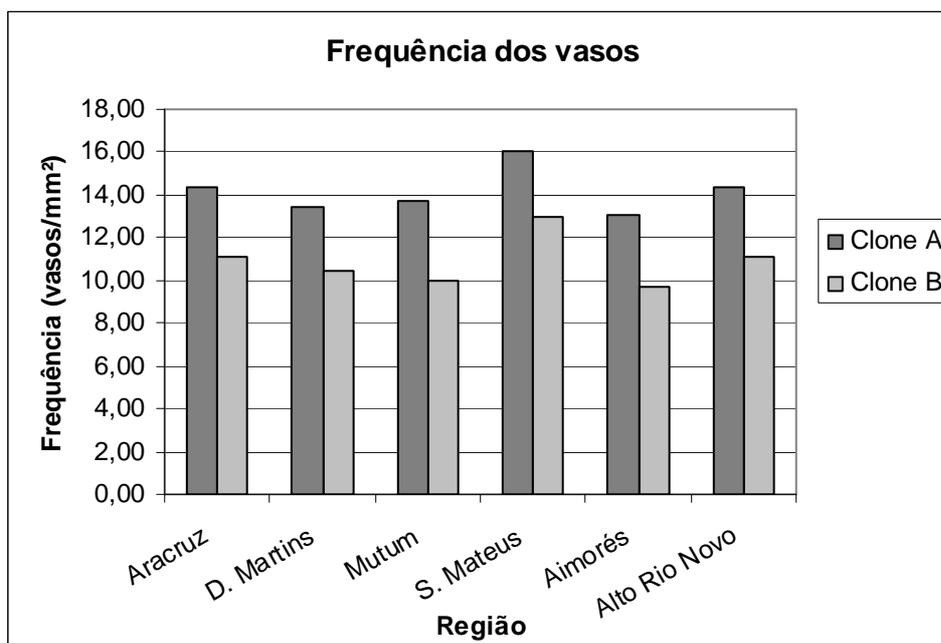
Os coeficientes de variação para a frequência de vasos, observados no clone A, variam de 24,14% para a madeira de São Mateus a 30,67% para a da região de Aracruz, considerados medianos a elevados, respectivamente. Para o clone B, as regiões de São Mateus, Domingos Martins e Alto Rio Novo, apresentam coeficientes de variação entre 29,90 a 46,24%, demonstrando uma alta variação, portanto, bastante heterogêneo. A região de Aimorés apresenta coeficiente de variação de 28,05%, o mais baixo para o clone B em relação às demais regiões, o que demonstra que tais madeiras possuem grau mediano quanto às variações da frequência vascular em seus lenhos.

Para melhor visualização da Tabela 3, os histogramas apresentando as médias das mensurações do diâmetro tangencial e frequência dos vasos para os dois clones do híbrido natural de *Eucalyptus grandis*, são apresentados nas Figuras 13 e 14, respectivamente.



**Figura 13** – Valores médios do diâmetro tangencial dos vasos para as madeiras dos clones A e B nas diversas regiões.

A Figura 13 evidencia muito bem os maiores diâmetros tangenciais nos vasos da madeira produzida pelo clone B, com destaque para a região de Aimorés – MG e São Mateus – ES na produção de árvores com maiores e menores diâmetros vasculares, respectivamente.



**Figura 14** - Valores médios da frequência vascular para as madeiras dos clones A e B nas diversas regiões.

A Figura 14 evidencia novamente a presença de maior frequência vascular para as madeiras do clone A, para todas as regiões, com destaque as regiões de São Mateus – ES e Aimorés – MG, como aquelas produtoras dessas árvores com maior e menor frequência vascular, respectivamente.

#### 4.8.2 Mensuração do parênquima radial

Os valores médios dos parâmetros anatômicos do tecido radial da madeira dos dois clones do híbrido natural de *Eucalyptus grandis*, com média de idade 69 meses, são apresentados na Tabela 4.

**Tabela 4** - Valores médios dos parâmetros mensurados nos raios da madeira dos clones A e B provenientes de diferentes regiões

Região	Clone A				Clone B			
	Altura ( $\mu\text{m}$ )	Largura ( $\mu\text{m}$ )	Altura (nº de células)	Frequência raios/mm	Altura ( $\mu\text{m}$ )	Largura ( $\mu\text{m}$ )	Altura (nº de células)	Frequência raios/mm
Aracruz – ES	239,73de A <sup>1</sup> (96,03) (40,06)*	8,48b A (2,09) (24,67)	13,26c B (4,96) (37,46)	12,27d A (1,88) (15,30)	246,38a A (75,32) (30,57)	8,13abc B (2,32) (28,49)	13,85a A (4,32) (31,15)	10,43ab B (3,99) (38,24)
Domingos Martins- ES	252,85cd A (120,60) (47,70)	8,46b A (2,32) (27,44)	14,85b A (7,46) (50,26)	12,69bc A (1,96) (15,43)	214,49c B (97,82) (45,61)	8,34ab A (2,80) (33,57)	11,27c B (4,78) (42,41)	9,78d B (1,99) (20,34)
Mutum – MG	233,07e A (102,78) (44,10)	8,43b A (1,99) (23,60)	13,35c A (6,10) (45,73)	12,45cd A (1,82) (14,65)	219,98bc B (140,77) (63,99)	8,45a A (3,63) (43,00)	11,99bc B (5,29) (44,08)	10,04cd B (1,86) (18,56)
São Mateus - ES	261,55bc A (107,69) (41,17)	7,79c A (2,05) (26,31)	14,53b A (6,39) (43,96)	13,19a A (2,08) (15,76)	208,54c B (90,18) (43,24)	7,80cd A (2,23) (28,56)	11,57c B (5,76) (49,77)	10,47ab B (1,92) (18,32)
Aimorés – MG	298,01a A (166,65) (55,92)	7,03d B (1,89) (26,96)	16,05a A (4,62) (28,80)	12,84ab A (4,73) (36,84)	230,44b B (89,23) (38,72)	8,01bc A (2,16) (26,99)	12,52b B (6,62) (52,88)	10,28bc B (1,86) (18,11)
Alto Rio Novo - ES	271,41b A (115,83) (42,68)	9,72a A (3,50) (35,98)	15,92a A (5,90) (37,07)	12,76bc A (1,98) (15,54)	247,05a B (79,81) (32,30)	7,63d B (2,30) (30,16)	13,30a B (7,92) (59,57)	10,66a B (1,93) (18,16)
Média Geral	259,44 A (118,26) (45,27)	8,32 A (2,31) (27,49)	14,66 A (5,90) (40,54)	12,70 A (2,41) (18,92)	227,81 B (95,52) (42,40)	8,06 A (2,57) (31,79)	12,42 B (5,78) (46,64)	10,28 B (2,26) (21,95)

\* Valores entre parêntesis correspondem ao desvio-padrão ( $\mu\text{m}$ , nº de células e raios/mm<sup>2</sup>) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

<sup>1</sup> Valores médios, ao longo das colunas, seguidos de mesma letra minúscula e ao longo das linhas, para o mesmo parâmetro, seguidos de mesma letra maiúscula, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Ao avaliar o clone A na Tabela 4, verificando a altura do parênquima radial, o clone implantado na região de Aimorés apresenta maior altura do parênquima radial (298,01 $\mu$ m). A região de Mutum é a que demonstra menor altura do parênquima radial (233,07 $\mu$ m), diferindo de todas as outras regiões.

Comparando com descrição de Alfonso (1987) ao analisar as características anatômicas da madeira de *Eucalyptus grandis*, com a idade de 8 anos, em que os valores da altura do parênquima radial estão variando entre 120,00 a 450,00 $\mu$ m, os valores observados na Tabela 4 podem ser considerados baixos. Alzate (2004), avaliando o clone da madeira de *Eucalyptus grandis*, com a idade de 8 anos, encontrou valores para altura do parênquima radial variando entre 160,00 a 180,00 $\mu$ m, considerados bastante inferiores aos valores encontrados nesta pesquisa.

Os coeficientes de variação, relativos às mensurações da altura do parênquima radial, no clone A, variam de 28,80 a 50,26%, considerados elevados, indicativo de grande heterogeneidade neste lenho com relação a esse parâmetro.

Considerando o clone B, na Tabela 4, a altura do parênquima radial para a região de Alto Rio Novo apresenta maior valor correspondendo a 247,05 $\mu$ m e 208,54 $\mu$ m para o menor valor médio demonstrado na região de São Mateus. Em relação à altura de raios para a madeira da região de São Mateus, ao compararmos com as informações de Alfonso (1987), anteriormente citadas, essa pode ser considerada extremamente baixa.

Os coeficientes de variação para altura de raio no clone B variaram de 30,57 a 63,99%, considerados muito elevados para todo o material estudado desse clone.

A análise de variância mostra que, na Tabela 4, a região de Aimorés é a que produz madeira com maior altura de raios pertencentes ao clone A. Raios mais baixos são encontrados para as madeiras do clone B, produzidas nas regiões de São Mateus (208,54 $\mu$ m) e Domingos Martins (214,49 $\mu$ m), que não diferem estatisticamente ao nível de 5% de significância. A Tabela 4 demonstra de forma evidente para todas as

regiões, que a madeira do clone A apresenta raios mais altos que a madeira do clone B. Também relativo ao número de células, o clone A se destaca com maior altura em relação ao clone B para todas as regiões.

O valor médio observado, na Tabela 4, para a largura do parênquima radial do clone A na região de Alto Rio Novo é de  $9,72\mu\text{m}$  e para a região de Aimorés de  $7,03\mu\text{m}$ , sendo o maior e o menor respectivamente. Alfonso (1987), ao descrever as características anatômicas da madeira de *Eucalyptus grandis*, com idade de 8 anos, relatou valores de largura do parênquima radial variando de 8 a  $22\mu\text{m}$ , superiores aos apresentados na Tabela 4. Em relação ao clone B, a região de Mutum apresenta raios com maior largura ( $8,45\mu\text{m}$ ) e a região de Alto Rio Novo menor largura ( $7,63\mu\text{m}$ ), com diferenças estatísticas para o valor de  $7,80\mu\text{m}$  obtido para a madeira produzida na região de São Mateus.

Os coeficientes de variação relativos à largura do parênquima radial no clone A variam de 24,67% para as madeiras da região de Aracruz até o valor de 35,98% daquelas da região de Alto Rio Novo, todos considerados de medianos a elevados, indicando pouca homogeneidade nos lenhos relativos às dimensões dos raios. Para o clone B, as regiões de Domingos Martins, Mutum e Alto Rio Novo apresentam valores entre 30,16 a 43,00%, indicando que o material apresenta grande variação em seu tecido radial. Para as regiões de Aracruz, São Mateus e Aimorés, os coeficientes de variação variam de 26,99 a 28,49%, podendo ser considerados medianos.

Para a largura dos raios, a Tabela 4 apenas mostra uma ligeira diferença entre os clones A e B no geral. O clone A apresenta raios de larguras superiores ao clone B nas madeiras produzidas nas regiões de Aracruz ( $8,48\mu\text{m}$ ) e Alto Rio Novo ( $9,72\mu\text{m}$ ). Quanto ao clone B, este produz madeira com raios mais largos que o clone A apenas na região de Aimorés ( $8,01\mu\text{m}$ ).

Relativo à frequência do parênquima radial do clone A, a região de São Mateus apresenta, de acordo com a Tabela 4, valor de 13,19 raios/mm, sendo o mais elevado para esse clone. Para o mesmo clone, os menores valores são para as

regiões de Aracruz com 12,27raios/mm e de Mutum 12,45raios/mm, não diferenciando estatisticamente ao nível de 5% de significância. Alfonso (1987) encontrou valores variando entre 5 a 14raios/mm, para a madeira de *Eucalyptus grandis* com 8 anos de idade. Quando comparados com os valores encontrados por Alzate (2004), anteriormente citados, para a mesma espécie, foram de 13 a 16raios/mm, mais elevados que aqueles encontrados neste estudo.

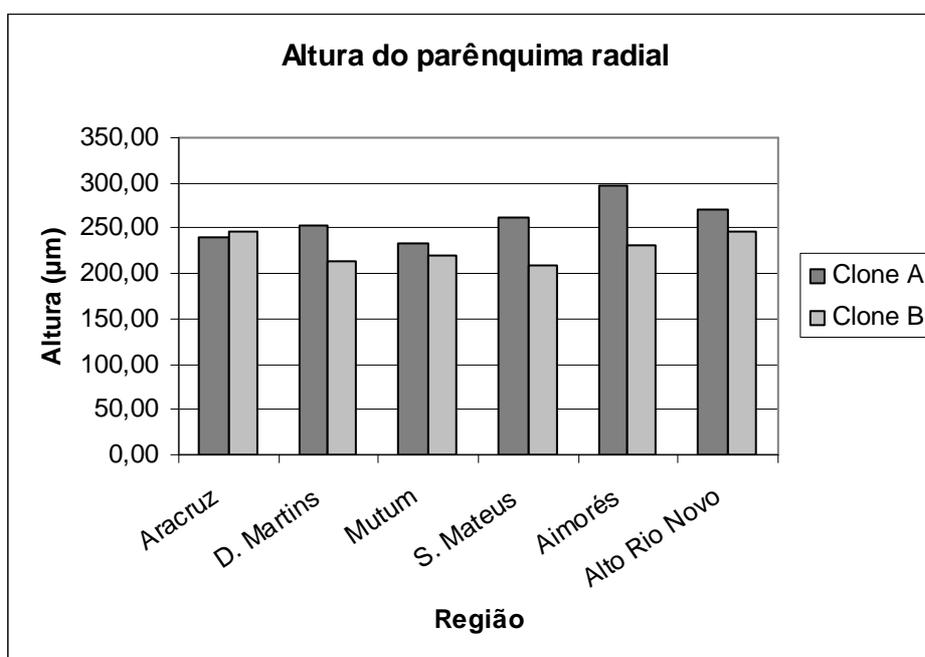
Quanto ao clone B, para a frequência do parênquima radial, as regiões de Alto Rio Novo, São Mateus e Aracruz produzem madeiras com maior frequência de raios, porém não havendo diferenças estatísticas entre elas ao nível de 5% de significância. Para o mesmo clone B, os lenhos que apresentam as menores frequências de raios são produzidos nas regiões de Mutum e Domingos Martins, que também não apresentam diferenças estatísticas ao nível de 5% de significância.

O coeficiente de variação analisado para a frequência do parênquima radial no clone A da região de Aimorés é de 36,84%, considerado elevado, refletindo em grande heterogeneidade desses lenhos relativos à frequência radial. À exceção do valor elevado para o coeficiente de variação apresentado na madeira produzida na região de Aracruz, todas as demais regiões produzem madeiras mais homogêneas quanto à frequência radial nos dois clones.

Ao considerar o parâmetro da largura relacionando ao número de células, todas as regiões diferenciam estatisticamente. Quanto à frequência do parênquima radial, todas as regiões diferem estatisticamente.

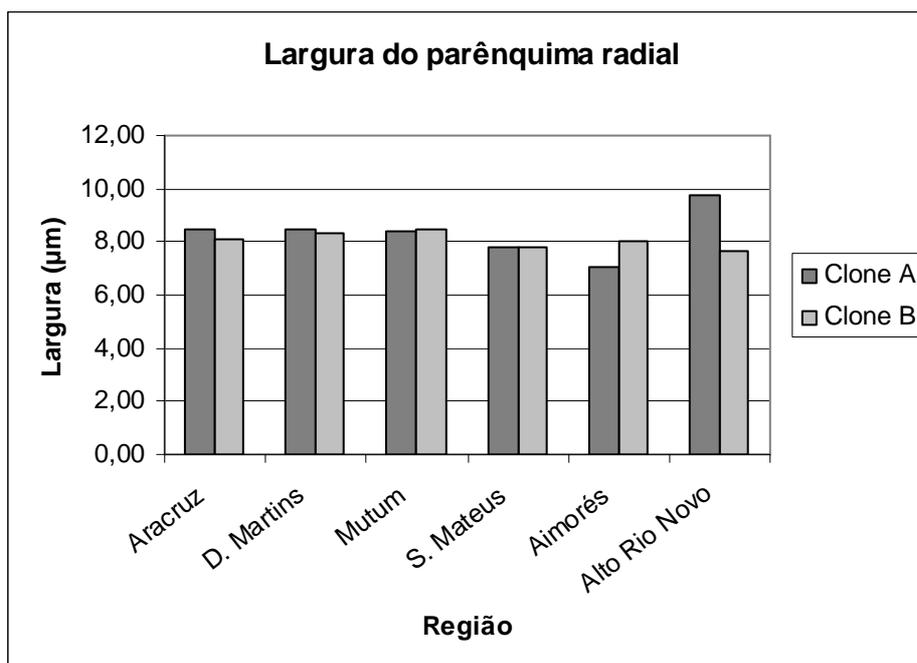
De um modo geral, ao compararmos os clones, avaliando os parâmetros do parênquima radial quanto à altura, largura e altura ( $n^{\circ}$  de células), o clone A demonstra valores maiores em relação ao clone B.

Para melhor visualização da Tabela 4, os histogramas apresentando as médias das mensurações obtidos dos parâmetros, como altura, largura, altura (nº de células) e frequência radial para os dois clones do híbrido natural de *Eucalyptus grandis*, são apresentados nas Figuras 15, 16, 17 e 18, respectivamente.



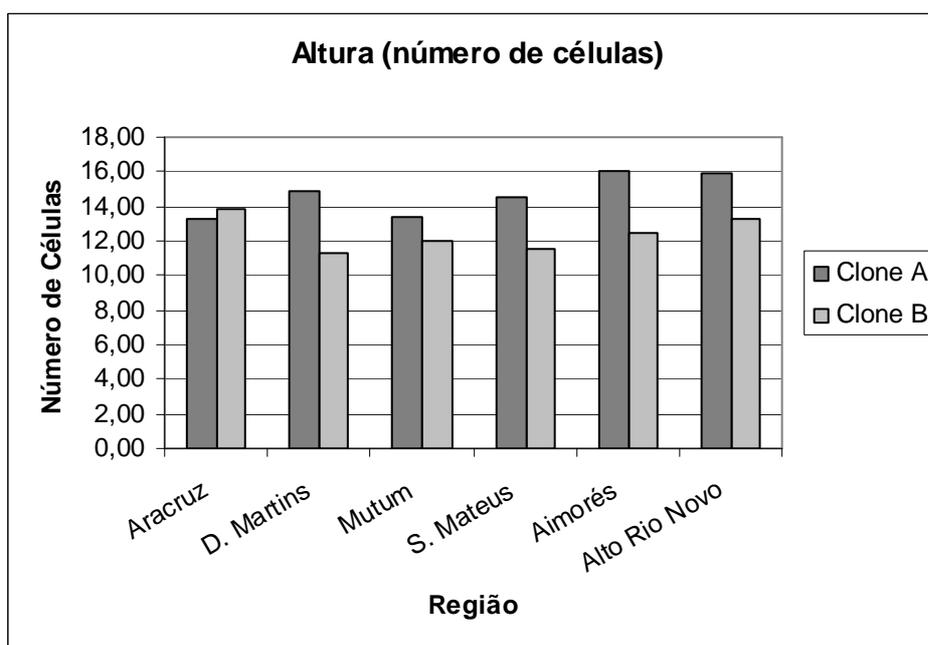
**Figura 15** – Valores médios da altura dos raios para as madeiras dos clones A e B nas diversas regiões.

A Figura 15 ilustra de forma evidente que, para o clone A, a região de Aimorés – MG produz madeira com raios mais altos que às demais. Para o clone B, não há grande destaque relativo à produção de raios muito alta nas diversas regiões, ou seja, graficamente não se percebe grandes diferenças na altura dos raios das madeiras produzidas nas diversas regiões.



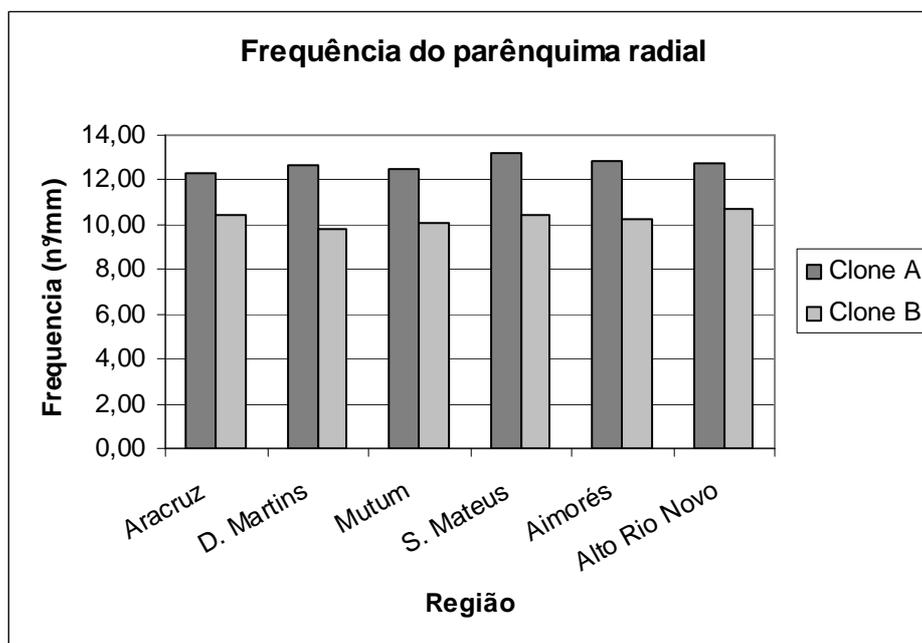
**Figura 16** - Valores médios da largura dos raios para as madeiras dos clones A e B nas diversas regiões.

A Figura 16 deixa evidente apenas a produção de madeira com raios mais largos pelo clone A na região de Alto Rio Novo – ES. Gráficamente as demais regiões produzem madeiras com raios de largura próximos nos dois clones estudados.



**Figura 17** – Valores médios da altura dos raios em números de células para as madeiras dos clones A e B nas diversas regiões.

A Figura 17 destaca valores mais elevadas relativos à altura dos raios em número de células para o clone A, com os maiores valores evidenciados para os lenhos produzidos nas regiões de Aimorés – MG e Alto Rio Novo – ES, no que diz respeito à altura dos raios em número de células. A Figura 17 também ilustra de forma gráfica os raios mais altos em números de células para as madeiras produzidas nas regiões de Aracruz – ES e Alto Rio Novo – ES, para o clone B.



**Figura 18** – Valores médios da frequência dos raios para as madeiras dos clones A e B nas diversas regiões.

A Figura 18 evidencia mais uma vez os maiores valores de frequência radial nas madeiras do clone A, sendo estes sempre superiores a 12 raios/mm em todas as regiões estudadas. Nas madeiras do clone B, os valores da frequência radial situam-se por volta dos 10 raios/mm com valores superiores para a frequência de raios nas madeiras produzidas nas regiões de Aracruz – ES, São Mateus – ES, Aimorés - MG e Alto Rio Novo - ES.

#### 4.8.3 Mensuração dos elementos fibrosos

Os valores médios dos parâmetros relativos às dimensões das fibras da madeira dos dois clones do híbrido natural de *Eucalyptus grandis*, com média de idade 69 meses, são apresentados na Tabela 5.

**Tabela 5** - Valores médios dos parâmetros mensurados a partir das fibras dos clones A e B provenientes de diferentes regiões

Região	Clone A				Clone B			
	Comprimento ( $\mu\text{m}$ )	Largura da fibra ( $\mu\text{m}$ )	Diâmetro do lume ( $\mu\text{m}$ )	Espessura de parede ( $\mu\text{m}$ )	Comprimento ( $\mu\text{m}$ )	Largura da fibra ( $\mu\text{m}$ )	Diâmetro do lume ( $\mu\text{m}$ )	Espessura de parede ( $\mu\text{m}$ )
Aracruz – ES	970,84b B <sup>1</sup> (152,26) (15,68)*	16,93e A (3,34) (19,75)	11,05c A (3,13) (28,32)	2,94d B (1,00) (34,14)	1096,27bc A (156,46) (14,27)	16,93c A (3,44) (20,32)	10,03bc B (3,01) (30,01)	3,45d A (1,09) (31,69)
Domingos Martins-ES	910,65c B (153,45) (16,85)	18,76bc A (3,46) (18,45)	11,00c A (3,44) (31,24)	3,88a B (1,14) (29,46)	1117,50bc A (201,80) (18,10)	19,04a A (3,60) (19,00)	9,50cd B (3,40) (35,50)	4,80a A (1,30) (26,60)
Mutum – MG	924,35c B (137,19) (14,84)	18,51c A (3,35) (18,09)	11,31bc A (3,03) (26,79)	3,60bc B (0,81) (22,51)	1083,92c A (193,06) (17,81)	18,30b A (3,45) (18,88)	9,51cd B (3,03) (31,83)	4,39b A (0,96) (21,86)
São Mateus - ES	994,47b B (146,95) (14,78)	17,70d B (3,44) (19,44)	10,72c A (3,02) (28,20)	3,49c B (0,88) (25,14)	1119,78b A (147,36) (13,16)	19,09a A (3,57) (18,71)	11,08a A (3,25) (29,33)	4,01c A (0,94) (23,53)
Aimorés - MG	1051,92a B (443,09) (42,12)	19,58a A (3,20) (16,34)	12,09a A (3,15) (26,06)	3,75ab B (0,93) (24,83)	1184,25a A (164,07) (13,85)	19,16a A (3,62) (18,92)	9,43d B (3,48) (36,89)	4,86a A (1,23) (25,33)
Alto Rio Novo - ES	984,81b B (117,93) (11,97)	19,30ab A (3,21) (16,61)	11,64ab A (3,00) (25,79)	3,83a B (0,92) (24,02)	1176,42a A (236,13) (20,07)	19,61a A (3,32) (16,94)	10,24b B (3,01) (29,40)	4,69a A (1,09) (23,29)
Média Geral	972,84 B (191,81) (19,37)	18,46 A (3,33) (18,11)	11,30 A (3,13) (27,73)	3,58 B (0,95) (26,68)	1129,69 A (183,14) (16,21)	18,68 A (3,50) (18,79)	9,97 B (3,19) (32,16)	4,37 A (1,10) (25,38)

\* Valores entre parêntesis correspondem ao desvio-padrão ( $\mu\text{m}$ ) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

<sup>1</sup> Valores médios, ao longo das colunas, seguidos de mesma letra minúscula e ao longo das linhas, para o mesmo parâmetro, seguidos de mesma letra maiúscula, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Ao analisar o clone A, a Tabela 5 mostra para o comprimento de fibras, que a região de Aimorés apresenta maior comprimento, correspondendo a 1051,92 $\mu\text{m}$ , e a região de Domingos Martins apresenta menor comprimento com valor de 910,65 $\mu\text{m}$ . Alzate (2004), ao avaliar o clone de *Eucalyptus grandis*, com idade de 8 anos, relatou que a média do comprimento das fibras analisadas atingiu valor de 1030,00 $\mu\text{m}$ . Tomazello Filho (1985), ao avaliar as características anatômicas da madeira de *Eucalyptus grandis*, com idade de 10 anos, relatou o comprimento das fibras com o valor médio de 1200,00 $\mu\text{m}$ . Barrichelo e Brito (1976), ao analisar as características anatômicas da madeira de *Eucalyptus grandis*, com idade de 5 anos, relataram o comprimento de fibras de 1030,00 $\mu\text{m}$ .

Para o clone B, a Tabela 5 evidencia a formação de madeira com fibras mais longas formadas nas regiões de Aimorés (1184,25 $\mu\text{m}$ ) e Alto Rio Novo (1176,42 $\mu\text{m}$ ), que não diferem estatisticamente. Para o mesmo clone, os menores valores de comprimentos foram para as madeiras amostradas nas regiões de Domingos Martins (1117,50 $\mu\text{m}$ ), Aracruz (1096,27 $\mu\text{m}$ ) e Mutum (1038,92 $\mu\text{m}$ ), que também não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância.

Para todas as regiões, a Tabela 5 mostra que o clone B produz madeira com fibras mais longas que o clone A, ou seja, comprimento médio igual a 972,84 $\mu\text{m}$  para o clone A e igual a 1129,69 $\mu\text{m}$  para o clone B.

Os coeficientes de variação relacionados ao parâmetro comprimento da fibra para o clone A da região de Aimorés apresentam o valor de 42,12%, demonstrando uma maior heterogeneidade no lenho dessas madeiras quanto ao comprimento de suas fibras. Para as madeiras produzidas nas demais regiões e provenientes do clone A, os valores de coeficientes de variação podem ser considerados baixos, ou seja, variam de 11,97 a 16,85%. Também relativo ao clone B, os valores de coeficientes de variação são considerados normais para esse mesmo parâmetro avaliado.

Também observando a Tabela 5, verifica-se que, para a largura das fibras, os dois clones produzem madeira com fibras de larguras próximas. Para o clone A, destacam-se as regiões de Aimorés (19,58 $\mu\text{m}$ ) e Alto Rio Novo (19,30 $\mu\text{m}$ ), como as

que produzem madeiras de fibras mais largas, não diferindo estatisticamente entre elas ao nível de 5% de significância. Para o mesmo clone, as fibras de menor largura são encontradas nas madeiras produzidas na região de Aracruz (16,93 $\mu$ m). Relativo ao clone B, os parâmetros largura das fibras não diferem estatisticamente para as regiões de Alto Rio Novo (19,61 $\mu$ m), Aimorés (19,16 $\mu$ m), São Mateus (19,09 $\mu$ m) e Domingos Martins (19,04 $\mu$ m). Nesse mesmo clone, a madeira com fibras mais estreitas aparece na região de Aracruz, apresentando inclusive o mesmo valor encontrado para o clone A, na mesma região, igual a 16,93 $\mu$ m. A Tabela 5 mostra que somente na região de São Mateus há diferença estatística nos clones relativos à largura das fibras, com o clone B destacando quanto a este parâmetro. Alzate (2004) encontrou valores de largura de fibras de 20,99 $\mu$ m. Tomazello Filho (1985) relatou largura de fibras de 23,00 $\mu$ m e Barrichelo e Brito (1976) apresentou valores de 20,50 $\mu$ m para as madeiras de *Eucalyptus grandis* que cresceram no Estado de São Paulo.

Os valores dos coeficientes de variação relacionados ao parâmetro largura da fibra, para o clone A e B em todas as regiões analisadas estão entre 16 a 20%, indicando que o material avaliado possui heterogeneidade mediana quanto à largura das fibras do xilema secundário.

Avaliando o parâmetro diâmetro do lume para o clone A, os maiores diâmetros apresentados ocorrem na região de Aimorés (12,09 $\mu$ m) e Alto Rio Novo (11,64 $\mu$ m) que não diferem estatisticamente. Para o clone B, a região de São Mateus apresenta maior diâmetro de lume correspondendo 11,08 $\mu$ m em comparação às outras regiões que apresentam valores menores. Alzate (2004), Tomazello Filho (1985) e Barrichelo e Brito (1976) encontraram valores de diâmetro de lume de 9,58, 12,20 e 10,30 $\mu$ m, respectivamente, para madeiras de idades entre 8 e 10 anos que cresceram no Estado de São Paulo.

Também relativo ao diâmetro de lume, apenas na região de Aimorés, há diferença estatística significativa quanto a esse parâmetro, com o clone A produzindo lenho com fibras de maior lume 12,09 $\mu$ m, comparado ao clone B cujo diâmetro de lume atinge 9,43 $\mu$ m.

Os valores de coeficiente de variação são bastante elevados em todas as regiões, relativo ao diâmetro de lume, indicando presença de lenhos bastante heterogêneos no que diz respeito aos lumes das fibras.

Avaliando, na Tabela 5, o parâmetro da espessura de parede para o clone A, os maiores valores são encontrados nas regiões de Domingos Martins (3,88 $\mu$ m), Alto Rio Novo (3,83 $\mu$ m) e Aimorés (3,75 $\mu$ m) e não diferem estatisticamente. As fibras de paredes mais delgadas, ainda para clone A, são produzidas na madeira da região de Aracruz. Para o clone B, os maiores valores de espessura de parede das fibras também são encontrados nas madeiras das regiões de Alto Rio Novo (4,69 $\mu$ m), Aimorés (4,86 $\mu$ m) e Domingos Martins (4,80 $\mu$ m), não diferindo estatisticamente entre elas. Também para clone B, a região de Aracruz se destaca por produzir lenho com as fibras de paredes mais delgadas. De um modo geral, o clone B se destaca por produzir lenho com fibras mais espessas comparado ao clone A, para todas as regiões.

Alzate (2004), Barrichelo e Brito (1976) e Tomazello Filho (1985) encontraram para a mesma espécie deste estudo valores de espessura de parede de 5,70, 5,10 e 5,40 $\mu$ m, respectivamente.

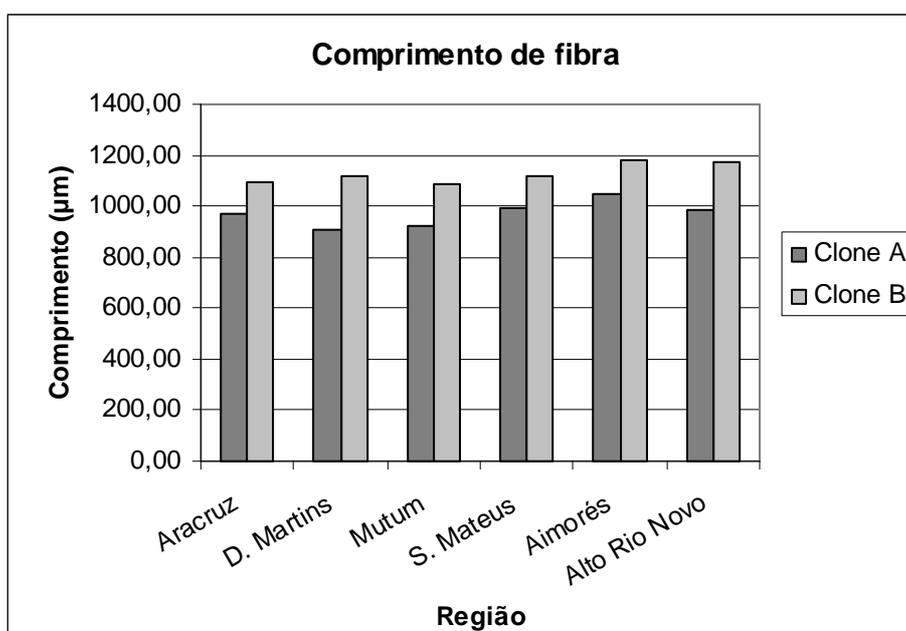
Os coeficientes de variação avaliados para a espessura de parede nos dois clones variam de 21,86 a 34,14%, indicando também a formação de lenhos bastante heterogêneos em relação a esse parâmetro para todas as regiões.

De um modo geral, os parâmetros comprimento de fibras, largura de fibras e espessura de parede do clone A foram menores quando comparados ao clone B. Quanto ao diâmetro do lume, o clone A apresenta maior valor quando comparado ao clone B.

A Tabela 5 também fornece informações extremamente importantes no que diz respeito à utilização de tais madeiras para a produção de celulose. Parâmetros importantes, como comprimento, largura e espessura de parede das fibras, destacadamente superiores no clone B, são indicativos da melhor adequação dessa

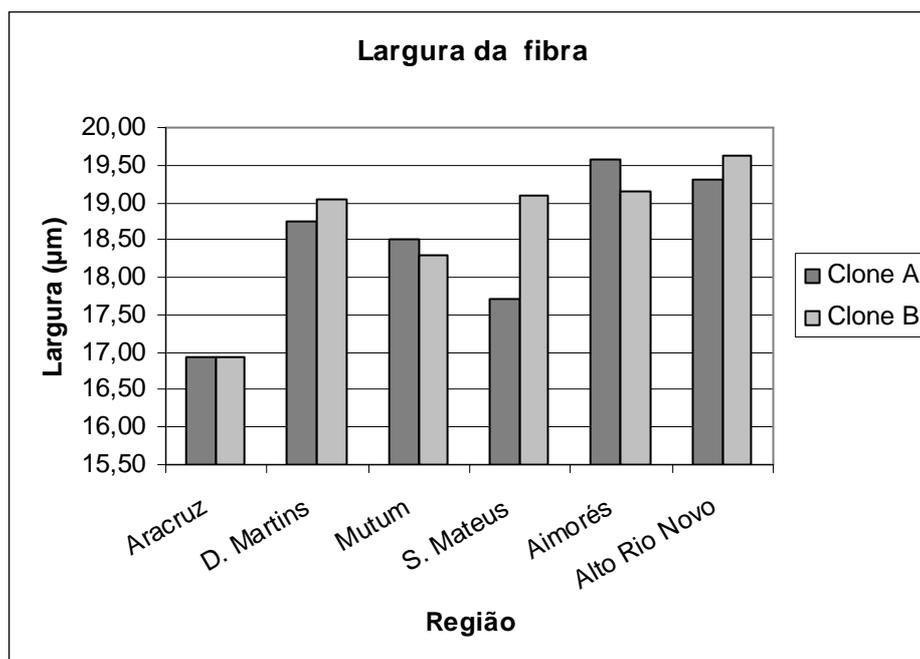
madeira para a produção de celulose, por implicarem em melhoria de algumas importantes propriedades do papel.

Para melhor visualização da Tabela 5, os histogramas apresentando as médias das mensurações obtidas de parâmetros dos elementos fibrosos, como comprimento, largura, diâmetro do lume e espessura de parede, para os dois clones do híbrido natural de *Eucalyptus grandis*, são apresentados nas Figuras 19, 20, 21 e 22, respectivamente.



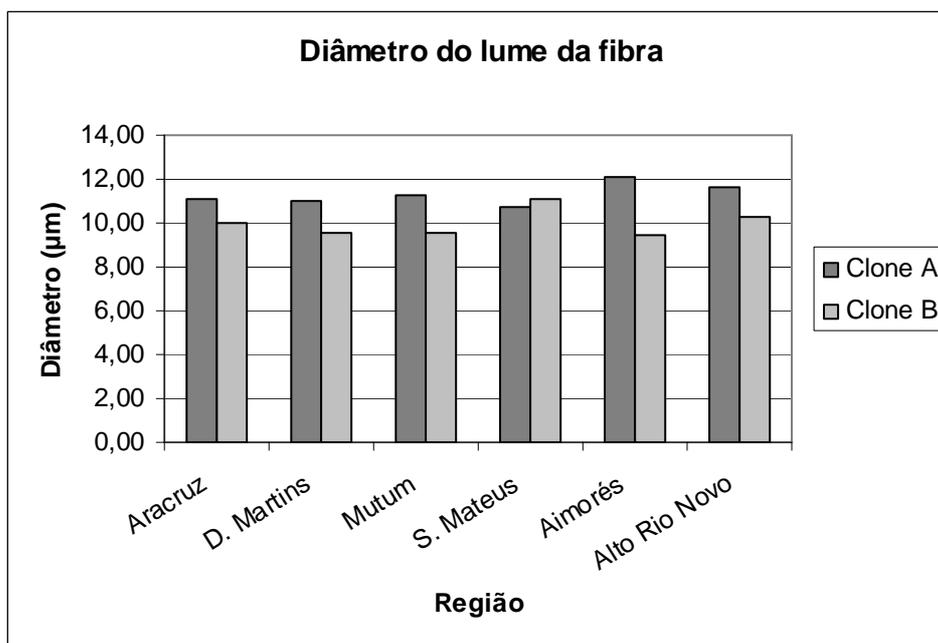
**Figura 19** – Valores médios do comprimento de fibra para as madeiras dos clones A e B nas diversas regiões.

A Figura 19 ilustra novamente a superioridade do comprimento de fibras nos lenhos do clone B, com maior destaque para as regiões de Aimorés e Alto Rio Novo. Também para o clone A, a região de Aimorés se destaca na produção de lenho com maior comprimento de fibras.



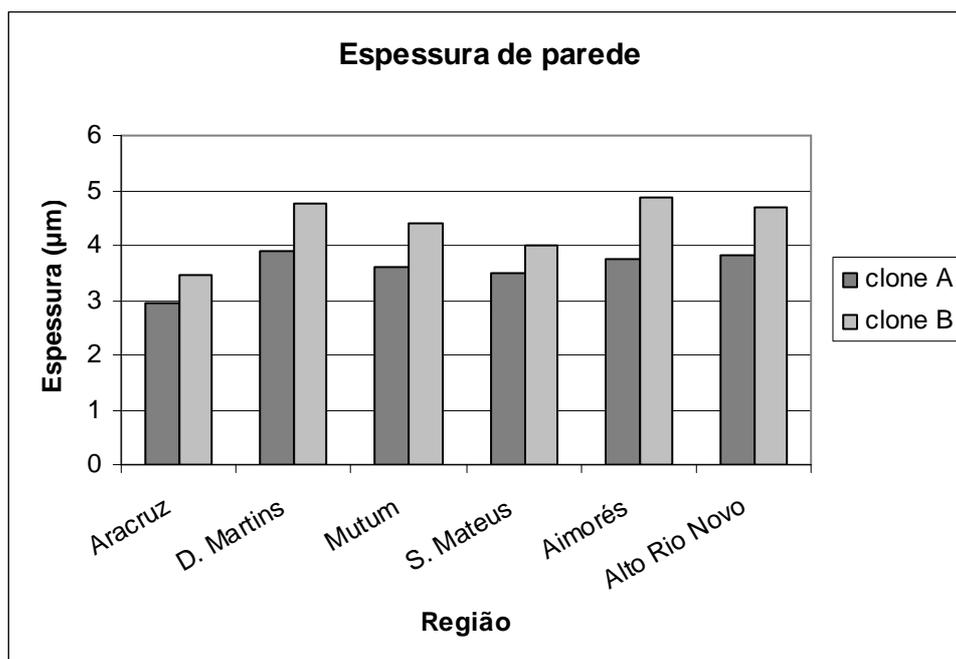
**Figura 20** – Valores médios de largura de fibras para as madeiras dos clones A e B nas diversas regiões.

A Figura 20 evidencia a pequena diferença na largura das fibras produzidas pelos dois clones quando se comparam as regiões, com destaque para a maior largura de fibras ocorrendo nas madeiras produzidas nas regiões de Aimorés e Alto Rio Novo para os dois clones. Também evidencia bem a formação de fibras mais estreitas na região de Aracruz para os dois clones.



**Figura 21** – Valores médios de diâmetro de lume para as madeiras dos clones A e B nas diversas regiões.

Graficamente, a Figura 21 deixa evidente a produção de lenho com fibras de maiores diâmetros de lume no clone A, destacando ainda mais os maiores diâmetros de lume das fibras dos lenhos produzidos na região de Aimorés.



**Figura 22** - Valores médios de espessura de parede das fibras para as madeiras dos clones A e B nas diversas regiões.

A Figura 22 evidencia a formação de fibras de paredes mais espessas no clone B em todas as regiões, quando comparado ao clone A. Também destaca a produção de fibras de paredes mais finas por ambos os clones na região de Aracruz.

## 5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos no estudo de anatomia da madeira de dois clones do híbrido natural de *Eucalyptus grandis*, pode-se concluir que:

- em relação aos aspectos anatômicos qualitativos do lenho dos dois clones crescendo em diferentes regiões: (i) a coloração do cerne é variável; (ii) as camadas de crescimento em algumas situações são distintamente demarcadas; (iii) o parênquima axial apresenta tipos diferentes ; (iv) o arranjo dos poros varia de radial a diagonal; (v) os raios são basicamente unisseriados e homogêneos; e (vi) as fibras são predominantemente constituídas por fibrotraqueídeos;
- os parâmetros relacionados aos vasos/poros demonstram diferenças significativas entre os clones, sendo que o clone B apresenta maior diâmetro e o clone A apresenta maior frequência entre todas as regiões;
- em relação aos raios, também são verificadas diferenças relativas à altura, largura e frequência entre os dois clones, nas diversas regiões. Tais diferenças são acentuadas nos parâmetros relativos altura e frequência vascular;
- maiores comprimentos, largura e espessura de parede das fibras ocorrem no clone B para todas as regiões estudadas. Quanto ao diâmetro do lume, o clone A se destaca em quase todas as regiões, por produzir lenhos com fibras de maiores diâmetros de lume;
- as madeiras produzidas na região de Aracruz, independente de clone possuem fibras de comprimento e espessura de paredes muito inferiores às produzidas nas demais regiões estudadas;
- as características anatômicas da madeira são significativamente variáveis para os dois clones e nas diversas regiões, o que demonstra a importância de serem avaliadas quando se busca a qualidade de madeira para a produção de celulose.

## 6 REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, M. C. J. **Indicação para o emprego de dezesseis espécies de eucalipto na construção civil.** São Carlos, 1991, 134fs. Dissertação (Mestrado – Escola de Engenharia de São Carlos) Universidade Federal de São Carlos.

ALENCAR, G. S. B. **Estudo da qualidade de madeira para a produção de polpa celulósica relacionada à precocidade na seleção de um híbrido *E. grandis* x *E. urophylla*.** 2002, 73p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade Federal de São de Paulo, Piracicaba.

ALFONSO, V. A. **Caracterização anatômica do lenho e da casca das principais espécies de *Eucalyptus* L' Herit cultivadas no Brasil.** São Paulo, 1987, 188fs. Tese (Doutorado-Instituto de Biociências) Universidade de São Paulo.

ALMEIDA, J.M. e SILVA, D.J. Inclusão de um novo e importante parâmetro potencial de seleção de eucalipto para produção de polpa *kraft*. In: CONFERÊNCIA IUFRO SOBRE SILVICULTURA E MELHORAMENTO DE EUCALIPTO, p.228-233 24 - 29 de agosto, 1997. **Anais...IUFRO** Salvador - BA.

ALMEIDA, J.M. e SILVA, D.J. Efeito da quantidade de extrativos e da acessibilidade do licor na polpação *Kraft* de clones de *Eucalyptus*. 34<sup>o</sup> Congresso Anual de Celulose e Papel, 12p. **ABTCP**, 2001.

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

ALZATE, S. B. A. **Caracterização da madeira de árvores de clones de *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* e *E.grandis* x *E.urophylla*.** 2004, 133fs. Tese (Doutorado em Recursos Florestais). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

AMIDON, T. E. Effect of the Wood properties of hardwoods on *Kraft* paper properties, **Tappi Journal**, v. 64, n. 3 p.123-126, mar. 1981.

ANDRADE, M. C. D. **Variação das características das fibras em função da densidade básica de cavacos de madeira de *Eucalyptus grandis* Hillex.Maiden.** Botucatu(SP), 43fs. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu, 1987.

ARULCHELUAM, K. Variation of fibre length and density in *Eucalyptus robusta* grown in Ceylon. *The Ceylon Forester* 10(1/2): p.19-32. 1971.

ASSIS, F.T. Melhoramento genético do eucalipto. **Informe agropecuário**, v.12, n.141, p.36-46, 1986.

BAMBER, R. K.; HORNE, R.; GRAHAN-HIGGS, A. Effect of fast growth on the wood properties of *Eucalyptus grandis*. **Australian Forest Research**, Melbourne, n. 12, p. 163-167, 1982.

BAMBER e HUMPHREY, F. R. A preliminary study of some wood properties of *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden. **Journal of the Institute of Wood Science**, Buckinghamshire, v. 11, n. 1, p. 66-70, 1963.

BARAJAS, J. Wood structural differences between trees of two tropical forests in Mexico. **IAWA Bulletin New Series**, Leiden, v.6, n.4, p.355-364, 1985.

BARRICHELO, L.E.G.; FOELKEL, C.E.B.; MILANEZ, A.F. Estudo comparativo das madeiras de *Eucalyptus saligna*, *E. paniculata*, *E. citriodora*, *E. maculata* e *E. tereticornis* para a produção de celulose sulfato. **Revista do IPEF**, Piracicaba, v.10, p.17-37, 1975.

BARRICHELO, L. E. G.; BRITO, J. O. **A madeira das espécies de eucalipto como matéria-prima para a indústria de celulose e papel**. Brasília: PNUD/FAO/IBDF/BRA-45. PRODEPEF, 1976. 145p. (Série Divulgação, 13).

BARRICHELO, L.E.G.; BRITO, J.O.; MIGLIORINI, A. J. Estudo da variação longitudinal da densidade básica de *Eucalyptus* spp. In: **Silvicultura**. Anais do 4º Congresso Florestal Brasileiro. São Paulo/SP, **8** (28):726-731, fev. 1983.

BARROS, N. F; NOVAIS, R.F. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: Folha de Viçosa, 1990. 330p.

BAKER, R. T. – Some ironbarks of New South Wales. **Journal and proceedings royal society of New South Wales**, 51: 410-22, 1917.

BENDTSEN, B. A.; SENFT, J. Mechanical and anatomical properties in individual growth ring of plantation grown eastern cottonwood and loblolly pine. Madison, **Wood and Fiber Science**, v.18, n.1, p.23–38, 1986.

BERGER, R. Crescimento e qualidade da madeira de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith sob o efeito do espaçamento e da fertilização, 107p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria – RS, 2000.

BERTOLUCCI, F.; REZENDE, G.; PENCHEL, R. Produção e utilização de híbrido de Eucalipto. **Silvicultura**, v.13, n.51, p. 12-18, 1993.

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:. **Revista IPEF**, Piracicaba, n.5, p.81-90, dez. 1972.

BRIGATTI, R. A.; FERREIRA, M.; SILVA, A. P.; FREITAS, M. Estudo comparativo do comportamento de alguns híbridos de *Eucalyptus* spp. **IPEF**. V. 123, p. 1-7, 1980.

BHAT, K. M.; BHAT, K. V.; DHAMODARAN, T. K. Wood density and fibre length of *Eucalyptus grandis* grown in Kerala, India. **Wood and Fibre Science**, Kansas, v. 22, n.1, p. 54-61, 1990.

BUSNARDO, C. A. **Estudos sobre a deslignificação da madeira de *Eucalyptus urophylla* de origem híbrida, pelo processo Kraft para a produção de celulose**. Viçosa, 1981, 251p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa.

CALORI, J.V.; FIER, I.S.N. Estudo da viabilidade tecnológica do *Eucalyptus dunnii*. In: 7º CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, Curitiba, 1993. **Anais**. São Paulo: SBS/SBEF, p.773.

CARMEAN, W. H. Tree-Growth patterns in relation to soil and site. In: \_\_\_\_\_. **Tree growth and forest soils**. Oregon, Oregon State University, 1970. 527p.

CARPIM, M.A.; BARRICHELLO, L.E.G.; SILVA JR., C. A influência do número de fibras por grama nas propriedades óticas do papel. In: CONGRESSO ANUAL DA ASSOCIAÇÃO TÉCNICA BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL, 20. 1987, São Paulo. **Anais...** : Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel, p.183-205.

CARVALHO, H. G.; OLIVEIRA, R. C.; GOMIDE, J.L.; COLODETTE, J. L. Efeito da idade de corte da madeira e de variáveis de refino nas propriedades da celulose Kraft branqueada de eucalipto. In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL DA ABTCP, 31, São Paulo. **Anais**, ABTCP, 1998, p. 367-381.

COPANT – **Comission Panamericana de Normas Técnicas Descripción de características generales, macroscópicas de las maderas angiospermas dicotiledóneas**. COPANT, v.30, p. 1-19, 1974.

CORRÊA NETO, T.C. **Atributos edafoambientais condicionadores da capacidade produtiva de plantios de eucalipto no Campus da UFRRJ**. 2004. 64f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

CRUZ, C. R. **Caracterização da madeira de clones de *Eucalyptus* para a utilização na indústria madeireira**. 2000. 64f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná, Curitiba,

DADSWELL, H. E. Methods for the identification of the colored woods of the genus *Eucalyptus*. **Bulletin CSIRO**, Melbourne, (67): 1-84, 1932.

DADSWELL, H. E. Methods for the identification of the light – colored woods of the genus *Eucalyptus*. **Bulletin CSIRO**, Melbourne, (78): 1-102, 1934.

DAVIS, K.P. **Forest management, regulation and valuation**. USA: McGraw - Hill, 1966. 519p.

DAVIDSON, J. **Variation, association and inheritance of morphological and wood characters in a improvement programe for *Eucalyptus deglupta***. 1972. 263fs. Thesis (PhD) - Australian National University, Canberra.

DEMUNER, B.J. e BERTOLUCCI, F.L.G. Seleção florestal: uma nova abordagem a partir de estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para características de madeira e polpa de eucalipto. In: **CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL DA ABTCP**, 26a, São Paulo, 1993.

DUARTE, F. A. S. **Avaliação da madeira de *Betula pendula*, *Eucalyptus globulus* e de híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* destinada à produção de polpa celulósica Kraft**. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 107p, 2007.

DUFFIELD, J. W. Tracheid length variation patterns in douglas - fir and selection of extreme variants. **TAPPI**, Atlanta, **47**(2): 122-8, 1964.

DINWOODIE, J. M. Relationship between fiber morphology and paper properties: A review of literature. **Tappi Journal**, v.48, n. 8, p. 440-447, Aug. 1965.

DOWNES, G. M. **Sampling plantation eucalypts for wood and fibre properties**. Australia: CSIRO Publishing, 1997. 132 p.

DREW, P. J. Identification of timbers. **Bulletin NSW**, Sydney, (7): 1-6, 1914.

DRUMOND, M. A.; OLIVEIRA, V. R.; CARVALHO, O. M. Comportamento silvicultural de espécies e procedências de *Eucalyptus* na região dos Tabuleiros Costeiros do Estados de Sergipe. **Revista Árvore**, 22(1): 137-142, 1998.

ESTEBAN, L. G. **Madera y su anatomia**. Madri: AMVE Ediciones, 2003. 327p.

ESAU, K. **Anatomia das plantas com sementes**. São Paulo: E. Edgard Blücher, 1993. 293p.

FERREIRA, M., KAGEYAMA, P.Y. Melhoramento genético da densidade básica da madeira de eucalipto. Boletim Informativo, **IPEF**, Piracicaba, v.6, n.20, p.A1-A14, 1978.

FOELKEL, C. E. B. Qualidade da madeira de eucalipto para atendimento das exigências do mercado de celulose e papel. In: **CONFERÊNCIA IUFRO SOBRE SILVICULTURA E MELHORAMENTO DE EUCALIPTOS**, 3, 1997, Salvador. **Anais...**Salvador: EMBRAPA/ SIF/ IPEF, 1997. p.15-22.

FOELKEL, C.E.B., ASSIS, T.F. de New pulping technology and *Eucalyptus* wood: the role of soil fertility, plant nutrition and wood ion content. In: CRC FOR TEMPERATE HARDWOOD FORESTRY, 1995, Hobart. **Anais...** Hobart: CRC, 1995. 487p.

FOELKEL, C.E.B. e BARRICHELO, L.E.G. Estudo comparativo das madeiras de *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus paniculata*, *Eucalyptus citriodora*, *Eucalyptus maculata* e *Eucalyptus tereticornis* para a produção de celulose sulfato. Seminário de Integração Floresta Indústria. **IPEF**. Piracicaba. 1975.

FOELKEL, C.E.B.; BARRICHELO, L.E.G.; MILANEZ, A.F. Estudo comparativo das madeiras de *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus paniculata*, *Eucalyptus citriodora*, *Eucalyptus maculata*, *Eucalyptus tereticornis* para produção de celulose sulfato. **IPEF**, Piracicaba, v.10, p.17-37, 1975.

FOELKEL, C.E.B.; BUSNARDO, C. A.; DIAS, C.; SCHMIDT, C.; SILVA, R.M.R.; VESZ, J. B. V, Variabilidade radial da madeira de *Eucalyptus saligna*. In: **Silvicultura**. Anuais do 4º Congresso Florestal Brasileiro. São Paulo/SP, 8(28): p.726-731, fev. 1983.

GARCIA, S.L.R. **Importância das características de crescimento, de qualidade da madeira e da polpa na diversidade genética de clones de eucalipto**. Viçosa, 1998. 100p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa.

GOLFARI, L. **Estado atual dos plantios e resultados das introduções de espécies e origens de eucaliptos no Estado de Minas Gerais**. Viçosa: UFV, 1982, 20p. (Boletim Técnico 1)

GONÇALEZ, J. C.; BRENDA, L. C. S.; BARROS, J. F. M.; MACEDO, D. G.; JANIN, G.; COSTA, A. F.; VALE, A. T. Características tecnológicas das madeiras de *Eucalyptus grandis* W. HILL ex Maiden e *Eucalyptus cloeziana* F. Muell visando ao seu uso aproveitamento na indústria moveleira **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n.3, p.329-341, 2006.

HILLIS, W. E. Wood quality and utilization. In: HILLIS, W. E.; BROWN, A. G. **Eucalypts for wood production**. Adelaide: CSIRO, Division of Forest Research, 1978, cap. 12, p.259-289.

HILLIS, W. E. Properties of eucalypt woods of importance to the pulp and paper industry. **Appita**, v.26, n.9, p.113-122, 1972.

HILLIS, W. E.; BROWN, A. G. Eucalypts for wood production, Melbourne. **CSIRO**, 1978, 434p.

HILL, K.D e JOHNSON, L.A.S. **Systematic studies in the eucalypts**. 7. A revision of the bloodwoods, genus *Corymbia* (Myrtaceae). *Telopea* 6(2-3):185-504. 1995.

IAWA Committee, 1989. IAWA list of microscopic feature for hardwood identification. *IAWA Bulletin*, v.10, n.3, p. 219-332, 1989.

IKEMORI, Y. K.; CAMPINHOS, E. Produção de sementes de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* por polinização aberta. Resultados preliminares. **Silvicultura**, v.8, n. 28, p. 306-308, 1983.

JACOB, W. S.; BALLONI, E. A. Efeitos da fertilização na qualidade da madeira. Boletim Informativo. **IPEF**. Piracicaba, v.6, n. 20, p.c1-c13, Nov. 1978.

JANKOWSKY, I.P. Madeira Juvenil: formação e aproveitamento industrial. **IPEF**, São Paulo/SP, 1979. 18p. (Circular Técnica nº81).

KISE, C. M. Introdução de espécies/procedências de *Eucalyptus*, região de Bom-Despacho – C. A. F. Santa Barbosa. Belgo Mineiro. Brasília. **PRODEPEF, PNUD/FAO/IBDF/BRA.45**, 1977, 31p. (Comunicação Técnica 17).

KOGA, M.E.T. Matérias-primas fibrosas. In: PHILIPP, P. e D'ALMEIDA, M.L.O. **Celulose e papel: tecnologia de fabricação da pasta celulósica**. IPT, São Paulo, 2ª ed., 1988. p.15-44.

LANYON, J M. – A card key for the identification of the commercial timbers used in New South Wales. Research note NSW, Sydney, (40): 1-87, 1981.

LIMA, J. T. **Clonal variation in the solid wood properties of eucalypts**. 1999. 276f. Thesis (Doctorate in Wood Science and Technology) University of Wales, Bangor.

LOPES, M. C. **Agrupamento de árvores matrizes de *Eucalyptus grandis* em função das variáveis dendrométricas e das características tecnológicas da madeira**. 2003, 93fs. Dissertação (mestrado em Engenharia Florestal) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

MALAN, F. S. *Eucalyptus* improvement for lumber production. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1. **Anais...** Piracicaba: IPEF/IPT, 1995. p.1-19.

MANGIERI, H. R.; DIMITRI, M. J. Los eucaliptos en la silvicultura. Buenos Aires. Acme. 1971.226p.

MARCATI, C. R. **Estudo da anatomia e das propriedades tecnológicas da madeira do angico-vermelho (*Piptadenia peregrina* Benth)**. 1992. 94fs. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MARTINS, I. S. **Comparação entre métodos uni e multivariados, aplicados na seleção em *Eucalyptus grandis***. 1999, 94fs. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) Universidade Federal de Viçosa. Viçosa.

MARTINS, F. G.; IKEMORI, Y. K. Produção de híbridos de eucalipto na Aracruz. In: REUNIÃO SOBRE TÉCNICAS PARA PRODUÇÃO DE HÍBRIDOS, Anais..., Piracicaba, **IPEF**, 1987, 15p.

MATZIRIS, D. I. e ZOBEL, B. J. Inheritance and correlations of juvenile characteristics in loblolly pine (*Pinus taeda* L.). **Silvae genetica**, Frankfurt, **22** (1/2): 38-45, 1973.

MILES, A. – **Photomicrographs of the Woods**. London, Her Majesty's Stationary Office, 233p. 1978.

MORAIS, E.J.; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; BRANDI, R.M. Biomassa e eficiência nutricional de espécies de eucalipto em duas regiões bioclimáticas de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.14, n.3, p.353-362, 1990.

MORAES, M. L. T., HIGA, A. R., CAVENAGE, A., KANO, N. H. Avaliação da densidade básica da madeira e de sua relação com os caracteres de crescimento, em uma população base de *Eucalyptus camaldulensis* Behnh. CONFERÊNCIA IUFRO SOBRE SILVICULTURA E MELHORAMENTO DE EUCALIPTOS, 3, **Anais...** Salvador: EMBRAPA/ SIF/ IPEF, v. 3, 1997. p. 43-47.

MOREIRA, W. S. **Relações entre propriedades físico-mecânicas e características anatômicas e químicas da madeira**. Viçosa: UFV, 1999, 107p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa.

MOURA, V. P. G. O germoplasma de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake no Brasil, **Comunicação Técnico**, Brasília – DF, n. 111, p. 1-12, dez. 2004.

MOURA, V. P. G. **Provenance variation of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, in Brazil**. Oxford. University, 1986, 304p. Tese de Doutorado.

MOURA, V. P. G. Recursos Genéticos – **O gênero *Eucalyptus* foi reduzidos em número de espécies e criados *Corymbia***. (disponível na internet < WWW. Giacometti. Org. br >s. d., acesso em 15 jun. 2009).

MOURA, V. P. G.; CASER, R. L.; ALBINO, J. C.; GUIMARÃES, D. P.; MELO, J. T.; COMASTRI, S. A. Avaliação de espécies e procedências de *Eucalyptus* em Minas Gerais e Espírito Santo, resultados parciais. Planaltina: **EMBRAPA-CPAC**, 1980, 104p. (Boletim de Pesquisa 1).

MUNSEL, A. H. . **Munsel book of color – defining, explaining and illustrating the fundamental characteristics of color**. Baltimore, Munsel Color Company, 1957.

NIELSEN, I. R. **Utilização da Madeira comercial do híbrido de *Eucalyptus grandis* na confecção de vigas laminadas coladas**. Curitiba, 1998, 109p. Dissertação (Mestrado) na Universidade Federal do Paraná.

ODA, S.; FERREIRA, M. Produção de híbridos interespecíficos de eucalipto por polinização aberta. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4, Belo Horizonte, **Silvicultura**, n. 28, p. 407-408. 1982.

OHBAYASHI, H.; SHIOKURA, T. Wood anatomical characteristics and density of fast-growing tropical tree species in relation to growth rates. In: PACIFIC REGIONAL WOOD ANATOMY CONFERENCE, 1997. **Proceedings**. 1997. p.43-52.

OLIVEIRA, J. T.S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil**. São Paulo, 1997, 49-66p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

OLIVEIRA, J. T. S.; HELLMEISTER, J. C.; SIMÕES, J. W. ; TOMAZELLO FILHO, M. Caracterização da madeira de sete espécies de eucaliptos para a construção civil:1 - avaliações dendrométricas das árvores. **SCIENTIA FORESTALIS**, n. 56, p.113-124, dez. 1999.

PARRAGA, A. M. S. **Description general y anatómica de los maderas Del grupo andino**: Projectos Andinos de Desarrollo Tecnológico em el Area de los Recursos Florestales Tropicales. Lima, Junta del Acuerdo de Cartagena, 442p. 1981.

PEREIRA, J. A. – Contribuição para a identificação macrographica das nossas madeiras. **Anuario da Escola Polytechnica**: Bulletin 9, São Paulo: p.1-165, 1933.

PIRES, C. S. P.; PARENTE, P. R. Competição de espécies de origem de *Eucalyptus* na região de Mogi Mirim, SP. **Silvicultura 11(41)**: 114p. 1986.

PIRES, I. E. e PAULA, R. C. Estado de arte do melhoramento genético para qualidade da madeira de eucalipto: uma revisão. In: CONFERÊNCIA IUFRO SOBRE SILVICULTURA E MELHORAMENTO DE EUCALIPTOS, 3. **Anais...** Salvador: EMBRAPA/ SIF/ IPEF, 1997. p186 -191.

PIRES, I. E.; SOUZA, S. M.; DRUMOND, M. A.; SILVA, H. D.; LIMA, P. C. F.; RIBASKI, J. Teste de procedência de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh na região do nordeste semi-árido brasileiro. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO TRÓPICO SEMI-ÁRIDO, PETROLINA, PE. Programa Nacional de Pesquisa Florestal: **Pesquisa Florestal no Nordeste**, Petrolina, 1981, p1-11.

RAMALHO, R. S. **O uso de macerado no estudo anatómico de madeiras**. Viçosa. MG: UFV, 1987. 4p.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S.E. **Biologia Vegetal**. 5 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1992. 728p.

RECORD, S. J.; HESS, R. W. **Timbers of the new world**. New Haven, Yale University Press, 1949.

RETULAINEN, E., EBELING, K. Fibre bonding and ways of characterizing bond strength. **Appita**, v. 46, n. 4, p. 282-288, jul.1993.

RIZZINI, C. T. Árvores e madeiras úteis do Brasil – Manual de Dendrologia. 2 ed. São Paulo, Editora Edgard Brucher, 1981.

ROCHA, M. P. ***Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus dunii* Maiden como fontes de matéria-prima para serrarias.** 186fs. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

ROCHA, M. G. B.; PIRES, I. E.; XAVIER, A.; CRUZ, C. D.; ROCHA, R. B. Avaliação genética de progênie de meio-irmão de *Eucalyptus urophylla* utilizando os procedimentos REML/BLUP e E(QM). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n.4, p. 369-379, 2006.

ROCHA, F. T.; FLORHEIM, S. M. B.; COUTO, H. T. Z. Variação das dimensões dos elementos anatômicos da madeira de árvores de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, aos sete anos. **Rev. Inst. Flor.** São Paulo, v.16, n1, p. 43-55, jun. 2004.

RODRIGUES, L. C.; VASTANO JÚNIOR, B.; SILVA, A. P. Manejo e melhoramento de florestas de *Eucalyptus* em áreas de areias quartzonas na região Nordeste de Estado de São Paulo. **Silvicultura**, 11 (41): 104-109, 1986.

ROSSI FILHO, S. **Impressões offset**: soluções práticas. Porto Alegre: Colégio de Formação Profissional SENAI de Artes Gráficas Henrique d'Ávila Bertaso, 1997, p.127.

RUDMAN, P. The influence of genotype and environment on wood properties of Juvenile *Eucalyptus camaldulensis*. **Silvae Genetica** 19 (2-3): p49-54. 1970.

RUY, O. R. **Variação de qualidade da madeira em clones de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake da Ilhas das Flores, Indonésia.** Piracicaba, 1998, 69p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

SANTOS, S. R. **Influência da qualidade da madeira de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e do processo Kraft de polpação na qualidade da polpa branqueada.** Piracicaba, SP. 2005, 160p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

SCURFIELD, G. Structural features of hardwood and their influence on paper properties. **TAPPI**, Atlanta, v. 59, n. 7, p110-113, 1976.

SHIMOYAMA, V. R. S. **Variações da densidade básica e características anatômicas e químicas da madeira em *Eucalyptus* sp.** 93fs. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1990.

SILVA, J. C. Eucalipto: a madeira do futuro. **Revista da Madeira**, edição especial, 2001. 114p.

SILVA, J. C. **Caracterização da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, de diferentes idades, visando a sua utilização na indústria moveleira.** 160p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2002.

SILVA, J. C.; OLIVEIRA, J.T. S.; TOMAZELLO FILHO, M.; JUNIOR, S. K.; MATOS, J. L.M. Influência da idade e da posição radial na massa específica da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Revista Florestal.** 34 (1), p13-22, Curitiba - PR, 2004.

SILVA, J. C.; TOMAZELLO FILHO, M.; OLIVEIRA, J.T. S.; CASTRO, V. R. – Influência de idade e da posição radial nas dimensões das fibras e dos vasos da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden Wood. **Revista Árvore**, v.31. n.6, Viçosa. 2007.

SILVA, J. R. M. **Relações da usinabilidade e aderência do verniz com as propriedades fundamentais do *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden.** 179 fs. Tese (Doutorado em Ciências Florestais, Área de Concentração: Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2002.

SILVEIRA, R.L.V.A.; GONÇALVES, J.L.M.; GONÇALVES, A. N.; BRANCO, E. F. **Levantamento e estudo do mercado e uso de fertilizantes em florestas brasileiras. Relatório técnico.** Piracicaba, IPEF/ESALQ, 1995. 117p.

SOUZA, N. D. **Identificação de madeiras de clones *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus urophylla* e do híbrido *Eucalyptus urograndis* por RMN<sup>13</sup>C.** 97fs. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais, Florestais), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2008.

SPURR, S.H.; BARNES, B.V. **Forest ecology.** 3 ed. New York: John Wiley e Sons. 1980. 687p.

THOMAZ, A.F. **Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*.** Lavras, 1995. 35f. Monografia (Trabalho de Graduação em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Lavras.

TOLFO, A. L. T.; DE PAULA, R. C.; BONINE, C. A. V.; BASSA, A.; VALLE, C. F. Parâmetros genéticos para caracteres de crescimento, de produção e tecnológicos da madeira em clones de *Eucalyptus* spp. **SCIENTIA FORESTALIS**, n. 67, p.101-110, abr. 2005.

TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira de *Eucalyptus globulus*, *E. pellita* e *E. acmenoides*. **IPEF**, Piracicaba, (36):35-42, 1987.

TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis*. **IPEF**, v.29, p.37-45, 1985.

TOMAZELLO FILHO, M. Estrutura anatômica da madeira de oito espécies de eucalipto cultivados no Brasil. **IPEF**, Piracicaba, v. 29, p.25-36, 1985.

TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial dos constituintes anatômicas e da densidade básica da madeira de oito espécies de eucalipto. Piracicaba, **ESALQ/LCF**, 1983, 102p.

TONINI, H.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Crescimento de Clones de *Eucalyptus saligna* Smith, na depressão central e serra do sudeste, Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, v. 14, n. 2, p. 61-77, 2004.

TRUGILHO, P. F.; BIANCHI, M. L.; GOMIDE, J. L.; SCHUCHARDT, U. Classificação de clones de *Eucalyptus* sp visando à produção de polpa celulósica. **Rev. Árvore**, vol.28, n. 6, Viçosa, Nov./Dez. 2004.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M. Influência da idade nas características Físico-Química e Anatômicas da madeira de *Eucalyptus Saligna*. **Cerne** (UFL), Lavras, MG, 01-37p. 1996.

TURNBULL, J.; BROOKER, I. Timor mountain gum – *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. **CSIRO**, Melbourne , 1978 (Forest Trees Series 214)

VALENTE, C. A.; MENDES DE SOUZA, A. P.; TURTADO, F. P.; CARVALHO, A. P. Improvement Program for *Eucalyptus globulus* at. Portucel, Technological Component. **Appita Journal**, v.45, n. 6, p. 403-407, 1992.

VALERA, F.P., KAGEYAMA,P.Y. Interação genótipo x espaçamento em progênies de *Eucalyptus saligna* Smith. **IPEF**, Piracicaba, v.39, p.5-16, 1988.

VITAL, B.R.; PEREIRA, A.R.; DELLA LUCIA, R.M.; ANDRADE, D.C. de. **Efeito da idade da árvore na densidade da madeira de *Eucalyptus grandis* cultivado da região do cerrado de Minas Gerais**. Brasília/DF, IBDF, ag. 1984, p.41-52.

WALLIS, A. F. A.; WEARNE, R. H.; WRIGHT, P. J. Chemical analysis of polysaccharides in plantation eucalypt woods and pulps. **Appita Journal**, v.49, n.4, p. 258-262, 1996.

WELCH, M. B.- A method of identification of some hardwoods. **Journal and proceedings of the royal society New South Wales**, Sydney, 56: 241-8, 1922.

WELCH, M. B.- Note on the structure of some *Eucalyptus* Woods. **Journal and proceedings of the royal society New South Wales**, Sydney, 169-76, 1924.

WHER, T. R. **Variação nas características da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e suas influências na qualidade de cavacos em cozimento Kraft**. 84p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1991.

WILKES, J.; ABBOTT, D. Influence of the rate of tree growth on the anatomy of eucalypt species. **Appita Journal**, Australia, v.37, n.3, p.231-232, nov. 1983.

YOUNG, J. H. **Pulp and paper**: chemistry and chemical technology. 3 ed., New York: John Wiley e Sons, 1980. 1446p. Cap.6: Fiber preparation and approach flow.

ZOBEL, J. B.; BUJTENEN, J. P. **Wood variation**: Its causes and control. New York: Springer-Verlag, 1989. 363p.

ZOBEL, B. J. e JETT, J. B. **Genetics of Wood Production**. Syracuse: Springer-Verlag, U.S.A., 1995.

ZOBEL, B. e TALBERT, J. **Applied forest tree improvement**. New York, John Wiley e Sons, 505p, 1984.

ZOBEL, B. J. e KELLISON, R. C. Should wood be included in a pine tree improvement programme? In: BURLEY, J. e NIKLES, D. G. **Selection and breeding to improve some tropical conifers**. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, p.4-12, 1973.

## **ANEXOS**

**Anexo 1** - Sumário das características anatômicas da madeira de dois clones de híbrido natural de *Eucalyptus grandis*, com média de idade 69 meses para regiões envolvidas neste estudo

CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS	CLONES	
	A	B
Alburno:		
Cor	Clara	Clara
Espessura (cm)	7,00 a 9,14	2,90 a 4,00
Cerne:		
Cor	Marrom castanho claro	Rosada
Camadas de crescimento	Indistinta e algumas possuem camadas mais escuras	Indistinta e algumas possuem região menor frequência de vasos
Parênquima axial:		
Paratraqueal	Vasicêntrico escasso	Vasicêntrico escasso
Apotraqueal	Difuso escasso	Difuso escasso
Parênquima radial:		
Tipo de célula	Unisseriados	Unisseriados
Formato	Homogêneos	Homogêneos
Altura ( $\mu\text{m}$ )	259,44	227,81
Largura ( $\mu\text{m}$ )	8,32	8,06
Frequência (raios/mm)	12,70	10,28
Vasos/poros:		
Porosidade	Difusa	Difusa
Agrupamento	Solitários	Solitários
Arranjo	Radial e diagonal	Diagonal predominante e radial
Diâmetro tangencial ( $\mu\text{m}$ )	99,21	129,56
Frequência (vasos/ $\text{mm}^2$ )	14,14	10,87
Fibras:		
Tipo	Fibrotraqueídeos	Fibrotraqueídeos
Comprimento ( $\mu\text{m}$ )	972,84	1129,69
Largura ( $\mu\text{m}$ )	18,46	18,68
Diâmetro do lume ( $\mu\text{m}$ )	11,30	9,97
Espessura de parede ( $\mu\text{m}$ )	3,58	4,37

**Anexo 2** - Resultados estatísticos das análises de variâncias dos clones A e B do híbrido natural *Eucalyptus grandis* originados de Rio Claro – SP, com média de idade 69 meses

**Anexo 2.1** - Análise de variância relacionado ao diâmetro dos vasos/poros – Clone B

Fontes de variação	G.L.	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Signif.
Região	5	487062,7	97412,54	119,585	0,000
Resíduo	6234	5078136	814,5870		

**Anexo 2.2** - Análise de variância relacionada à frequência dos vasos/poros – Clone B

Fontes de variação	G.L.	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Signif.
Região	5	6830,194	1366,039	98,853	0,000
Resíduo	6234	86147,38	13,81896		

**Anexo 2.3** - Análise de variância relacionada ao diâmetro dos vasos/poros – Clone A

Fontes de variação	G.L.	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Signif.
Região	5	92075,56	18415,11	45,713	0,00074
Resíduo	5514	2221262	402,8404		

**Anexo 2.4** - Análise de variância relacionada à frequência dos vasos/poros – Clone A

Fontes de variação	G.L.	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Signif.
Região	5	4304,567	860,9134	56,989	0,00074
Resíduo	5514	83298,05	15,10665		

**Anexo 2.5** - Análise de variância relacionada à altura do parênquima radial – Clone B

Fontes de variação	G.L.	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Signif.
Região	5	1442890	18415,11	30,899	0,000
Resíduo	6234	0,5822 x 10 <sup>8</sup>	402,8404		

**Anexo 2.6** - Análise de variância relacionada à largura do parênquima radial – Clone B

Fontes de variação	G.L.	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Signif.
Região	5	551,2796	110,2559	16,291	0,000
Resíduo	6234	42190,45	6,767797		

**Anexo 2.7** - Análise de variância relacionada à altura (nº de células) do parênquima radial – Clone B

Fontes de variação	G.L.	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Signif.
Região	5	5208,686	1041,737	28,152	0,000
Resíduo	6234	230684,4	37,00423		

**Anexo 2.8** - Análise de variância relacionada à frequência do parênquima radial – Clone B

Fontes de variação	G.L.	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Signif.
Região	5	548,4982	109,6996	19,749	0,000
Resíduo	6234	34628,48	5,554777		

**Anexo 2.9** - Análise de variância relacionada à altura do parênquima radial – Clone A

Fontes de variação	G.L.	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Signif.
Região	5	2651311	530262,2	36,204	0,00074
Resíduo	5514	0,8076 x 10 <sup>8</sup>	14646,66		

**Anexo 2.10** - Análise de variância relacionada à largura do parênquima radial – Clone A

Fontes de variação	G.L.	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Signif.
Região	5	3750,151	750,0302	131,881	0,00066
Resíduo	5514	31359,14	5,687185		

**Anexo 2.11** - Análise de variância relacionada à altura (nº de células) do parênquima radial – Clone A

Fontes de variação	G.L.	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Signif.
Região	5	6978,042	1395,608	39,262	0,00074
Resíduo	5514	196000,7	35,54602		

**Anexo 2.12** - Análise de variância relacionada à frequência do parênquima radial – Clone A

Fontes de variação	G.L.	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Signif.
Região	5	430,1080	86,02159	12,288	0,00074
Resíduo	5514	38599,02	7,000185		

**Anexo 2.13** - Análise de variância relacionada ao comprimento de fibra – Clone B

Fontes de variação	G.L.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	Signif.
Região	5	4620546	924109,2	25,584	0,000
Resíduo	3114	0,1124 x 10 <sup>9</sup>	36120,35		

**Anexo 2.14** - Análise de variância relacionada à largura de fibra – Clone B

Fontes de variação	G.L.	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Signif.
Região	5	2396,121	479,2242	39,232	0,000
Resíduo	3114	38038,27	12,21524		

**Anexo 2.15** - Análise de variância relacionada ao diâmetro do lume da fibra – Clone B

Fontes de variação	G.L.	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Signif.
Região	5	987,8527	197,5705	19,503	0,000
Resíduo	3114	31546,27	10,13047		

**Anexo 2.16** - Análise de variância relacionada à espessura de parede da fibra – Clone B

Fontes de variação	G.L.	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Signif.
Região	5	733,2494	146,6499	120,263	0,000
Resíduo	3114	3797,230	1,219406		

**Anexo 2.17** - Análise de variância relacionada ao comprimento de fibra – Clone A

Fontes de variação	G.L.	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Signif.
Região	5	6223008	1244602	24,508	0,00021
Resíduo	2754	0,13985 x 10 <sup>9</sup>	50782,93		

**Anexo 2.18** - Análise de variância relacionada à largura de fibra – Clone A

<b>Fontes de variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>Soma de quadrados</b>	<b>Quadrado médio</b>	<b>F</b>	<b>Signif.</b>
Região	5	2315,994	463,1987	41,766	0,00021
Resíduo	2754	30542,83	11,09035		

**Anexo 2.19** - Análise de variância relacionada ao diâmetro do lume da fibra – Clone A

<b>Fontes de variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>Soma de quadrados</b>	<b>Quadrado médio</b>	<b>F</b>	<b>Signif.</b>
Região	5	546,4059	109,2812	11,108	0,00021
Resíduo	2754	27093,16	9,837748		

**Anexo 2.20** - Análise de variância relacionada à espessura de parede da fibra – Clone A

<b>Fontes de variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>Soma de quadrados</b>	<b>Quadrado médio</b>	<b>F</b>	<b>Signif.</b>
Região	5	286,1274	57,22549	62,527	0,00021
Resíduo	2754	2520,511	0,9152183		

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)