



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

**RENATA MAURI**

**ANATOMIA E DENSIDADE DO LENHO DE CLONES DE  
*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, COM VARIAÇÃO  
DE ALTITUDE E DE TOPOGRAFIA, NO ESTADO DE  
MINAS GERAIS**

JERÔNIMO MONTEIRO - ES

MARÇO - 2010

RENATA MAURI

**ANATOMIA E DENSIDADE DO LENHO DE CLONES DE  
*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, COM VARIAÇÃO  
DE ALTITUDE E DE TOPOGRAFIA, NO ESTADO DE  
MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais, na Área de Concentração Ciências Florestais e Linha de Pesquisa Tecnologia de Produtos Florestais.

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

JERÔNIMO MONTEIRO - ES

MARÇO - 2010

- M454a Mauri, Renata, 1985-  
Anatomia e densidade do lenho de clones de *Eucalyptus urophylla* x  
*Eucalyptus grandis*, com variação de altitude e de topografia, no Estado de Minas  
Gerais / Renata Mauri. – 2010.  
114 f. : il.

Orientador: José Tarcísio da Silva Oliveira.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de  
Ciências Agrárias.

1. Eucalipto. 2. Madeira - Anatomia. 3. Eucalipto – Crescimento – Minas  
Gerais. 4. Eucalipto – Influência de altitude – Minas Gerais. I. Oliveira, José  
Tarcísio da Silva. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências  
Agrárias. III. Título.

CDU: 63

---

**ANATOMIA E DENSIDADE DO LENHO DE CLONES DE  
*Eucalyptus urophylla* x *E.grandis*, COM VARIAÇÃO DE  
ALTITUDE E DE TOPOGRAFIA, NO ESTADO DE MINAS GERAIS**

**RENATA MAURI**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais na área de concentração Ciências Florestais.

Aprovada em 05 de Março de 2010.



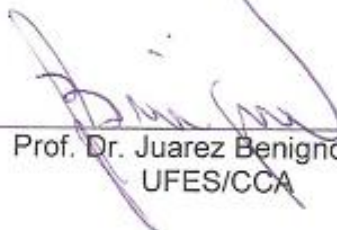
Prof. Dr. Antônio Marcos Rosado  
Celulose Nipo-Brasileira S.A.



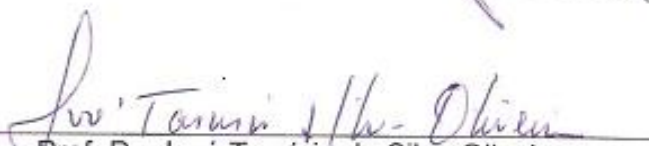
Prof. Dr. Mário Tomazello Filho  
ESALQ/USP



Prof. Dr. Aderbal Gomes da Silva  
UFES/CCA



Prof. Dr. Juarez Benigno Paes  
UFES/CCA



Prof. Dr. José Tarcísio da Silva Oliveira  
UFES/CCA  
(Orientador)

A Deus pelo dom da vida e amor infinito.

Aos meus pais, pelos exemplos de vida, amor incondicional e apoio na realização dos meus sonhos...

Dedico.

## AGRADECIMENTOS

A realização de uma dissertação de mestrado jamais será obra de uma só pessoa. É fruto da cooperação, tempo e trabalho de diversas pessoas, que de alguma forma contribuíram para a conclusão do presente estudo. À todas elas o meu sincero agradecimento.

Em primeiro lugar, a Deus, por permitir a realização de mais um sonho;

À todos os brasileiros, por terem custeado os meus estudos desde a infância.

Ao Prof. D. Sc. José Tarcísio da Silva Oliveira, por ser mais que orientador, sendo de fato um Pai e um exemplo a ser seguido. Mostrando-se sempre disponível não só a orientar o meu trabalho, como também a desenvolver o meu espírito crítico. O seu empenho e dedicação foram totais e a ele deixo o meu profundo agradecimento.

A minha família, pelo apoio inestimável, carinho e incentivo constante;

À Fundação de Amparo a Pesquisa no Espírito Santo - FAPES pela concessão da bolsa de mestrado;

À empresa CENIBRA (Celulose Nipo Brasileira), que cedeu material para estudo;

Ao Prof. Msc. Humberto Fantuzzi Netto, pela amizade, atenção, paciência, carinho e grande auxílio nas análises estatísticas;

Ao Prof. D. Sc. Mario Tomazello Filho, pelo carinho, apoio e ensinamentos durante minha estadia no Laboratório de Anatomia da Madeira- ESALQ/USP.

Ao graduado em Gestão Ambiental e pesquisador do Laboratório de Anatomia da Madeira- ESALQ/USP Alberto Borgonovi Christiano, pela paciência, carinho e grande ajudar na realização dos perfis densitométricos;

Ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Espírito Santo e sua equipe pela colaboração e apoio;

À todos os amigos e em especial Bianca Pedroza Serpa de Biasi Bettio, Getúlio Manoel Loureiro, Maureen Stringuetti Adorno, Ariana de Lima Cardoso, Hugo Roldi Guariz, Lucélio Pietralonga Lovatti e todos do Laboratório de Anatomia da Madeira do Núcleo de Estudos e de Difusão de Tecnologia em Floresta, Recursos Hídricos e Agricultura Sustentável- NEDTEC/UFES, pela amizade, companheirismo, alegria, paciência e paz. O pensamento nos momentos que passamos juntos, ou que iremos ainda passar, tornaram o trabalho mais aprazível e leve.

**Jamais poderemos ser suficientemente gratos a Deus, nossos pais e nossos mestres.**

**(Aristóteles)**



## **BIOGRAFIA**

RENATA MAURI, filha de Luiz Carlos Mauri e Luzia Boniziol Mauri, nasceu em 07 de março de 1985 no município de São Gabriel da Palha-ES.

Cursou o segundo grau na Escola Estadual de 1º e 2º graus “São Gabriel da Palha”, em São Gabriel da Palha-ES, concluindo o ensino médio em 2003.

Em 2003, ingressou no curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Espírito Santo, graduando-se em fevereiro de 2008.

Em março de 2008, ingressou no curso de Pós-graduação em Ciências Florestais, em nível de Mestrado, na área de concentração Ciências Florestais e linha de pesquisa Tecnologia de Produtos Florestais, na mesma universidade onde graduou-se, concluindo os requisitos necessários à obtenção do título de “Magister Scientiae” em março de 2010.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	01
1.1 Objetivo.....	02
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	03
2.1 O GÊNERO <i>Eucalyptus</i> .....	03
2.2 <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> .....	04
2.3 TEOR DE CASCA, CERNE E ALBURNO EM <i>Eucalyptus</i> .....	06
2.4 DENSIDADE DA MADEIRA.....	07
2.5 CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS E SUAS INFLUÊNCIAS NA FABRICAÇÃO DE PAPEL.....	09
2.5.1 Influência dos vasos.....	09
2.5.2 Influência das fibras.....	11
2.6 VARIABILIDADE NA ESTRUTURA ANATÔMICA E DENSIDADE DA MADEIRA.....	12
2.7 INTERAÇÕES ENTRE MEIO AMBIENTE E PROPRIIDADES DA MADEIRA.....	14
2.8 A TÉCNICA DA DENSITOMETRIA DE RAIOS X.....	16
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	18
3.1 PROCEDÊNCIA DA MADEIRA E CARACTERIZAÇÃO DAS REGIÕES ESTUDADAS.....	18
3.2 AMOSTRAGEM.....	20
3.3 CARACTERIZAÇÃO DO LENHO.....	22
3.3.1 Determinação do Teor de Casca, Cerne e Alburno.....	22
3.3.2 Determinação da Densidade.....	23
3.3.3 Descrição Macroscópica da Madeira.....	26
3.3.4 Descrição Microscópica da Madeira.....	27
3.4 CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DAS FIBRAS.....	28

3.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	29
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>30</b>
4.1 TEORES DE CERNE, ALBURNO E CASCA.....	30
4.2 DENSIDADE BÁSICA E ANIDRA DA MADEIRA.....	34
4.3 VARIAÇÃO RADIAL DA DENSIDADE DA MADEIRA.....	40
4.3.1 Variação radial da densidade básica representada por três posições equidistantes (medula, centro e periferia).....	40
4.3.2 Variação da densidade aparente pelo uso da técnica de densitometria de raios-X.....	41
4.4 ANATOMIA DA MADEIRA.....	60
4.4.1 Descrição anatômica qualitativa da madeira do clone 1.....	60
4.4.2 Descrição anatômica qualitativa da madeira do clone 2.....	63
4.4.2 Descrição anatômica quantitativa.....	65
4.4.3 Morfologia das fibras.....	78
4.5 VARIAÇÃO RADIAL DA ANATOMIA.....	81
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>89</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>91</b>

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Caracterização climática, edáfica e das plantações dos dois clones amostrados.....	19
Tabela 2 -	Tratamentos realizados neste estudo.....	20
Tabela 3 -	Caracteres anatômicos mensurados no xilema secundário.....	29
Tabela 4 -	Valores médios de casca, cerne e alburno das árvores entre locais.....	32
Tabela 5 -	Valores médios de casca, cerne e alburno das árvores entre regiões.....	34
Tabela 6 -	Valores médios de casca, cerne e alburno das árvores entre clones.....	35
Tabela 7 -	Valores médios da densidade básica da madeira (cunha) para os diferentes locais.....	36
Tabela 8 -	Valores médios da densidade básica da madeira (cunha) para as duas regiões.....	36
Tabela 9 -	Valores médios da densidade básica da madeira (cunha) para os dois clones.....	37
Tabela 10 -	Valores médios da densidade básica e anidra da madeira determinadas em três posições equidistantes (medula, centro e periferia) do disco para os diferentes locais.....	38
Tabela 11 -	Valores médios da densidade básica e anidra da madeira determinadas em três posições equidistantes (medula, centro e periferia) do disco para as duas regiões.....	39
Tabela 12 -	Valores médios da densidade básica e anidra da madeira determinadas em três posições equidistantes (medula, centro e periferia) do disco para os dois clones.....	40
Tabela 13 -	Variação da densidade aparente entre locais obtida pela técnica de densitometria de raios X .....	59
Tabela 14 -	Variação da densidade aparente entre regiões obtida pela técnica de densitometria de raios X .....	60

Tabela 15 -	Varição da densidade aparente entre clones obtida pela técnica de densitometria de raios X .....	60
Tabela 16 -	Valores médios de diâmetro e frequência vascular da madeira para os diferentes locais.....	66
Tabela 17 -	Valores médios de diâmetro e frequência vascular da madeira para as duas regiões.....	67
Tabela 18 -	Valores médios de diâmetro e frequência vascular da madeira para os dois clones.....	68
Tabela 19 -	Valores médios de dimensões das fibras da madeira para os diferentes locais.....	69
Tabela 20 -	Valores médios de dimensões das fibras da madeira para as duas regiões.....	72
Tabela 21 -	Valores médios de dimensões das fibras da madeira para os dois clones.....	73
Tabela 22 -	Valores médios dos parâmetros radiais da madeira para os diferentes locais.....	75
Tabela 23 -	Valores médios dos parâmetros radiais da madeira para as duas regiões.....	77
Tabela 24 -	Valores médios dos parâmetros radiais da madeira para os dois clones.....	78
Tabela 25 -	Valores médios dos coeficientes de rigidez, flexibilidade e fator Runkel da madeira para os diferentes locais.....	79
Tabela 26 -	Valores médios dos coeficientes de rigidez, flexibilidade e fator Runkel da madeira para as duas regiões.....	80
Tabela 27 -	Valores médios dos coeficientes de rigidez, flexibilidade e fator Runkel da madeira para os dois clones.....	81

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição de florestas plantadas com eucalipto no Brasil (2005-2007).....	05
Figura 2 - Minas Gerais: Sítios de amostragem.....	18
Figura 3 - Esquema de amostragem dos discos nas árvores e localização dos corpos de prova.....	21
Figura 4 - Valores médios da densidade básica da madeira dos dois clones nas três posições radiais equidistantes (medula, centro e periferia).....	41
Figura 5 - Perfil densitométrico do clone 1 que cresceu no local baixo/inclinado.....	44
Figura 6 - Perfil densitométrico do clone 1 que cresceu no local baixo/plano.....	46
Figura 7 - Perfil densitométrico do clone 1 que cresceu no local alto/inclinado .....	48
Figura 8 - Perfil densitométrico do clone 1 que cresceu no local alto/plano .....	50
Figura 9 - Perfil densitométrico do clone 2 que cresceu no local baixo/inclinado.....	52
Figura 10 - Perfil densitométrico do clone 2 que cresceu no local baixo/plano.....	54
Figura 11 - Perfil densitométrico do clone 2 que cresceu no local alto/inclinado.....	56
Figura 12 - Perfil densitométrico do clone 2 que cresceu no local alto/plano.....	58
Figura 13 - Fotomicrografia ilustrando os três planos de observação da estrutura anatômica da madeira do clone 1. A e B plano transversal, C plano longitudinal tangencial e D plano longitudinal radial. Escala = 100µm.....	63
Figura 14 - Fotomicrografia ilustrando os três planos de observação da estrutura anatômica da madeira do clone 2. A e B plano transversal, C plano longitudinal tangencial e D plano longitudinal radial. Escala = 100µm.....	65

Figura 15 - Variação radial no diâmetro dos vasos e diferenças entre médias .....	81
Figura 16 - Variação radial da frequência de vasos e diferenças entre médias.....	82
Figura 17 - Variação radial do comprimento de fibras e diferenças entre médias.....	83
Figura 18 - Variação radial da largura das fibras e diferenças entre médias.....	84
Figura 19 - Variação radial do diâmetro do lume e diferenças entre médias.....	85
Figura 20 - Variação radial do diâmetro do lume e diferenças entre médias.....	85
Figura 21 - Variação radial da altura de raios (número de células e micrometros) e diferenças entre médias.....	86
Figura 22 - Variação radial da largura de raios e diferenças entre médias.....	87
Figura 23 - Variação radial da frequência de raios e diferenças entre médias.....	87

## RESUMO

MAURI, Renata. Anatomia e densidade do lenho de clones de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*, com variação de altitude e de topografia, no Estado de Minas Gerais. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre. Orientador: Prof. D.Sc. José Tarcísio da Silva Oliveira.

Este trabalho teve como objetivo a caracterização da estrutura anatômica da madeira de dois clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, com aproximadamente seis anos de idade que cresceram em duas regiões do Estado de Minas Gerais, com cada região apresentando duas combinações topográficas, sendo uma plana outra inclinada. Avaliou-se o comportamento dos clones, no sentido radial (variação medula-casca) e nas distintas condições de crescimento. Na caracterização da madeira determinou-se a densidade básica e anidra, as propriedades anatômicas e a morfologia das fibras. Os resultados permitem observar que todos os parâmetros avaliados sofreram variações entre as condições de plantio, entre clones e ainda variações no sentido radial. Os resultados possibilitam a detalhada caracterização do comportamento dos clones entre topografias e regiões, a saber: (i) podem ser observadas variações quantitativas da densidade, dos elementos anatômicos e morfologia das fibras da madeira entre topografias, regiões e clones; (ii) a variação radial da densidade e dos elementos anatômicos da madeira seguiu comportamento esperado para a espécie, onde alguns parâmetros aumentam e outros diminuem no sentido medula-casca; (iii) quanto ao padrão de variação radial da densidade e dos parâmetros quantitativos dos elementos anatômicos da madeira, não são verificadas diferenças significativas entre topografias, regiões e clones. Estes resultados permitem entender o comportamento anatômico e físico da espécie às diversas condições de crescimento, fornecendo assim subsídios para as empresas do setor de celulose no que diz respeito à consolidação de material genético e seu comportamento em diferentes condições de crescimento para atender suas demandas de qualidade de madeira.

**Palavras-chave:** Madeira de eucalipto, anatomia, qualidade de madeira, condições de crescimento.



## ABSTRACT

MAURI, Renata. Anatomia e densidade do lenho de clones de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*, com variação de altitude e de topografia, no Estado de Minas Gerais. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre. Orientador: Prof. D.Sc. José Tarcísio da Silva Oliveira.

This work had as objective the characterization of the anatomical structure of the wood of two clones of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, with approximately six years old that grown in two regions of the Minas Gerais state, with each region presenting two topographical combinations; plain and inclining. The behavior of clones was evaluated in the radial direction (variation pith to bark) and in the distinct conditions of growth. In the characterization of the wood it was determined specific gravity and dry density, the anatomical properties and fiber morphology. The results allow to observe that all the evaluated parameters had suffered variations between the conditions from plantation between clones and still variations in the radial direction. The results allow detailed characterization of the clones among topography and regions, in which: (i) can be observed qualitative variations of the density, wood anatomical elements and fiber morphology between topographies, regions and clones; (ii) the radial variation of the density and the anatomical elements followed expected behavior for the specie where some parameters increase and others decrease in the pith to bark sense; (iii) the pattern of radial variation of density and quantitative parameters of the anatomical elements of wood, not presented significant differences among topographies, regions and clones. These results allow to understand the anatomical and physical behavior of the specie to the diverse conditions of growth and thus supplying subsidies to the pulp wood companies about consolidation of genetic material and its behavior in different conditions of growth to attend the wood quality requirement.

**Key words:** Eucalypt wood, anatomy, wood quality, conditions of growth.

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um país com grande vocação florestal em decorrência de suas condições de clima e solo. O país possui aproximadamente 5,98 milhões de hectares de florestas plantadas compostas, principalmente, dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, que ocupam cerca de 5,6 milhões de hectares, sendo 67 % de *Eucalyptus* e 33 % de *Pinus* (ABRAF, 2008).

A consagração do gênero *Eucalyptus* ocorreu no país, principalmente devido ao seu rápido crescimento e *adaptação* edafoclimática a uma ampla gama de sítios. Atualmente, as plantações existentes são basicamente para suprimento de matéria-prima para indústrias de produtos tradicionais, como celulose, papel, chapa de fibras, carvão vegetal, lenha, produtos sólidos em forma roliça e serrada, entre outras.

Devido às diversas condições de cultivo de eucalipto no País, inúmeros trabalhos têm sido elaborados no sentido de estimar o crescimento dessas florestas; no entanto, esses trabalhos não relacionam as diferentes condições de cultivo (manejo, solo, regime hídrico, clima, condições topográficas, dentre outros fatores que afetam o crescimento do povoamento) com a qualidade da madeira produzida. As respostas fisiológicas do eucalipto aos fatores ambientais podem refletir na anatomia do lenho, considerando as implicações do xilema nos processos fisiológicos.

A definição de qualidade da madeira pode apresentar diferentes significados nos setores produtivos. Para os processos tecnológicos, madeira de qualidade é aquela que se apresenta com o mínimo de defeito possível ao longo do tronco (nós ou rachaduras). Especificamente para o setor de celulose para fins de papéis absorvente, madeira de qualidade é aquela que se apresenta o mais uniforme possível tanto longitudinal quanto radialmente, devendo ainda apresentar fibras e elementos vasculares com dimensões apropriadas, teores adequados de material parenquimático e composição química apropriada para o processo. Dessa forma, a qualidade da madeira pode ser definida como uma associação das características físicas, químicas, mecânicas e anatômicas que uma árvore possui.

Para entender melhor o comportamento que determinada madeira apresentará em seu uso final é essencial sua caracterização anatômica, pois

por meio desta, pode-se direcionar de forma mais segura e adequada a sua utilização final no mercado. Entender o comportamento anatômico e físico da espécie às diversas condições de crescimento permite converter a anatomia em uma ferramenta de interpretação dos processos ecológicos e comportamentais da madeira em seu uso final. Assim, este estudo visa obter subsídios para empresas do setor de celulose no que diz respeito à consolidação de material genético e seu comportamento em diferentes condições de crescimento, a fim de atender suas demandas de qualidade de madeira.

### 1.1. OBJETIVO

Este estudo caracteriza a estrutura anatômica da madeira de dois clones de eucalipto produzida pela Empresa Cenibra (Celulose Nipo-Brasileira) implantado em duas regiões e em duas condições topográficas do Estado de Minas Gerais.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. O GÊNERO *Eucalyptus*

O gênero *Eucalyptus* ocorre naturalmente na Austrália, possui um elevado número de espécies variando de pequenos arbustos a árvores muito grandes, habitando uma gama de sítios ecológicos. O gênero, com exceção do *Eucalyptus deglupta*, é limitado a Austrália (DADSWELL, 1972).

Segundo Dadswell (1972), o alborno de todas as espécies é comparativamente estreito, geralmente medindo 2,5 cm de espessura, possuindo cor palha; a cor do cerne, com exceção a cor palha para algumas espécies, varia de castanho claro a castanho avermelhado escuro, ou ainda mais escuro como em *Eucalyptus microtheca* e *Eucalyptus coolabah*. A densidade básica do gênero varia normalmente entre 0,48-0,98 g/cm<sup>3</sup>, possuindo textura moderadamente grosseira, podendo variar de fina a grosseira; a sua grã é caracteristicamente inter cruzada e veios de kino são uma característica proeminente da maioria das espécies do gênero.

Ainda de acordo com o mesmo autor, os vasos possuem distribuição difusa na maioria das espécies, com algumas exceções a exemplo do *E. delegatensis*, geralmente solitários e arranjo oblíquo em vários graus, com diâmetro máximo tangencial variando de 64 µm em *E. campaspe* para 245 µm em *E. jacksonii*. Quanto à frequência, geralmente encontra-se entre 5 a 11 vasos/mm<sup>2</sup>, possui placa de perfuração exclusivamente simples e tiloses geralmente presentes, em algumas espécies, como em *E. papuana*, muito abundantes. O comprimento de fibra de madeira adulta varia de 0,75 mm em *E. campaspe* e *E. blakelyi* para 1,36 mm em *E. calophylla* e com largura variando de 12 µm em *E. leucoxyton* e *E. salubris* para 21µm em *E. calophylla*. Os raios são unisseriados na maioria das espécies, com frequência variando de 7 a 16 por mm em seção transversal.

O gênero *Eucalyptus*, por apresentar uma vasta gama de espécies com características sensivelmente distintas entre si, é recomendado para todos os setores da indústria de base florestal, sendo utilizado em todo o mundo tanto para a produção de celulose como para produtos sólidos de madeira.

Segundo Bertola (2004), a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) estimava em 1981 que o Brasil possuía a maior área do eucalipto no mundo, ultrapassando uma área de mais de 1 milhão de hectares, naquela época totalizando mais que o dobro da área plantada pelo segundo colocado em área plantada, que era a Índia.

O cultivo intensivo no Brasil ocorreu a partir de 1904, com o trabalho de Edmundo Navarro de Andrade, para atender a demanda de madeira da Companhia Paulista de Estradas de Ferro (ANDRADE, 1961). O gênero é o mais cultivado no mundo, com mais de 17,8 milhões de hectares. Em 2008, o Brasil atingiu 3.751.867 hectares com plantios de *Eucalyptus* (ABRAF, 2009), com um aumento de 7,3% em relação a 2007, isso devido, principalmente, à expansão das empresas do setor de celulose e papel.

De acordo com Silva e Xavier (2006), o gênero é considerado estratégico para o setor industrial brasileiro, pois se torna matéria-prima para a maioria dos produtos de origem madeireira, como celulose, carvão, lenha, painéis, postes, dormentes, mourões, serrados, móveis, embalagens, entre outros.

## 2.2. *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*

Segundo a ABRAF (2008), existem hoje plantados no Brasil 3.751.867 ha de *Eucalyptus*, sendo os Estados de Minas Gerais, São Paulo, Bahia e Espírito Santo responsáveis por 71% dos plantios. Valeri et al. (2001) afirmam que a maioria dos reflorestamentos usam clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* em seus plantios. A distribuição de florestas plantadas com eucalipto no Brasil para o período de 2005-2007 é apresentada na Figura 1.

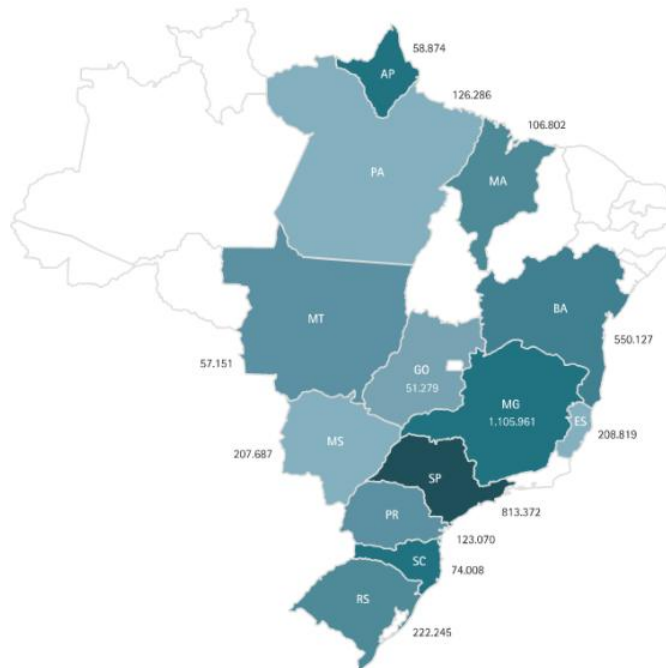


Figura 1 - Distribuição de florestas plantadas com eucalipto no Brasil (2005-2007). Fonte: ABRAF (2008).

De acordo com Bassa et al. (2007), os híbridos de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* destacam-se no cenário florestal brasileiro, pelo rápido crescimento, com ciclos de corte entre 6 e 7 anos de idade e por um bom desempenho na produção de celulose e papel. No que diz respeito à sua anatomia, Carvalho (2000) relatou valores médios de 1,1 mm, 17,5, 8,5 e 4,5µm para o comprimento, largura, diâmetro do lume e espessura da parede das fibras, respectivamente, aos 7 anos de idade.

As empresas do setor florestal possuem, atualmente, milhares de hectares plantados com indivíduos clonados a partir de híbridos. Martins e Ikemori, citados por Carvalho (2000), estudaram vários cruzamentos entre espécies de eucalipto, concluíram que o *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* foi o híbrido que mais se destacou, por apresentar características desejáveis para a produção de celulose. Segundo Bertollucci et al. (1993), plantios desse híbrido destacam-se por apresentar alta produtividade em campo e excelentes características de qualidade da fibra.

Observa-se, portanto, que o objetivo do cruzamento dessas duas espécies é obter uma planta com bom crescimento, característico do *E. grandis*, com um aumento da densidade da madeira e melhoria nas

propriedades físicas da celulose, característico do *E. urophylla* (CARVALHO, 2000).

Gomide et al. (2005), ao testarem sete clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, atualmente utilizados no Brasil pelas principais empresas produtoras de celulose kraft branqueada, concluíram que os mesmos possuem alta qualidade tecnológica, a qual foi comprovada pelo alto rendimento de polpação.

### 2.3. TEORES DE CASCA, CERNE E ALBURNO EM *Eucalyptus*

A casca pode ser dividida em uma parte interna viva, constituída pelo floema e uma parte externa morta, constituída pelo córtex, periderme e ritidoma, tecidos que revestem o tronco. Além da condução de nutrientes exercida pelo floema, a casca tem por função proteger o vegetal contra o ressecamento, ataques fúngicos, injúrias mecânicas e variações climáticas (BURGER e RICHTER, 1991).

A porcentagem de casca varia com inúmeros fatores, como a idade das árvores, espécie, entre outros. Paula Neto et al. (1992), ao estudarem as variações da porcentagem de casca ao longo do tronco em árvores de eucalipto, verificaram que estas são maiores nas menores alturas e se estabilizam a partir dos 4 m, diferindo significativamente ao longo do tronco e entre árvores; os teores de casca tomados a 1,30 m de altura do tronco, são representativos dos valores médios de casca de cada árvore.

O alburno é o lenho ativo das árvores, sendo este responsável pela sua sobrevivência. Em alguma fase da vida das árvores, o alburno é transformado em cerne, no qual a quantidade de extrativos é maior. Em algumas espécies, a quantidade de tiloses é consideravelmente maior no cerne em comparação ao alburno.

O cerne tem por função a sustentação da planta. Suas proporções relativas variam nas diferentes espécies e são também influenciadas pelas condições do meio ambiente (HARRIS, 1954) e (TRENDELENBURG, 1955). Este apresenta baixa permeabilidade e alta presença de extrativos, fazendo com que a indústria prefira madeira de alburno para polpação. O uso dessa

madeira permite que licores penetrem facilmente na mesma durante a polpação e ainda reduz a quantidade de produtos químicos exigidos no branqueamento.

Uma vez que o cerne somente começa a ser formado após alguns anos de formação do caule lenhoso, sua proporção é baixa dentro de árvores jovens, porém cresce gradualmente com a idade da árvore. Em *E. grandis*, Bamber (1985) encontrou 75% de alburno em troncos de cinco anos de idade, mas somente 20% em árvores com 50 anos de idade. Especificamente em árvores de eucalipto, a formação do cerne inicia bastante cedo, provavelmente no quarto ou quinto ano de idade.

Diversas teorias foram descritas para explicar a formação do cerne, como por exemplo, envelhecimento das células de parênquima, acumulação de materiais tóxicos, entrada de ar, danos ao alburno e infecção fúngica (ZIMMERMAN e BROWN, 1971). Essas teorias possuem um conceito comum, afirmando existir algum declínio na vitalidade do alburno devido ao envelhecimento natural.

Uma contradição a essas teorias foi sugerido por Bamber (1976), que afirma ser a formação do cerne um processo de crescimento fisiológico ativo, cuja função é persistir a quantidade de alburno em um valor ótimo determinado pelas exigências fisiológicas da árvore.

Para Bamber (1985), a formação do cerne e a reabsorção concomitante dos minerais são especialmente importantes em eucalipto, pois em estado natural isso ocorre principalmente em solos com deficiências minerais. Nesse sentido, a reabsorção dos minerais durante a formação do cerne assegura que estes sejam ciclados dentro da parte viva da árvore e não imobilizados no cerne inativo.

#### 2.4. DENSIDADE DA MADEIRA

Segundo Burger e Richter (1991), a variação natural da densidade entre espécies é devido à quantidade de matéria lenhosa por unidade de volume ou à quantidade de espaços vazios nela existentes, sendo a presença de incrustações e conteúdos como, gomo-resinas, cristais, sílicas entre outros,



quando em grande quantidade, também podem aumentar a densidade da madeira.

De acordo com Higgins et al. (1979), em madeiras de folhosas, a densidade básica é um componente dependente do diâmetro das fibras, da frequência dos elementos de vasos e da relação entre o diâmetro da fibra e espessura de parede.

Vasconcelos Dias e Cláudio-da-Silva Jr. (1985) verificaram que o aumento da espessura da parede celular e o decréscimo do diâmetro da fibra demonstram acompanhar o aumento da densidade básica da madeira; por outro lado, o comprimento médio das fibras e o teor de extrativos não se mostraram correlacionados com a densidade básica.

Barrichelo (1979) e Brasil (1983) ressaltam que a densidade básica está relacionada com o processo de produção de polpa celulósica, rendimento volumétrico no digestor, velocidade de impregnação dos cavacos, refinação da celulose e propriedades da celulose e papel.

Queiroz et al. (2004), ao pesquisarem dois clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, concluíram que, em geral, a madeira de densidade mais baixa mostrou-se mais favorável à produção de celulose, uma vez que a necessidade de álcali para o cozimento foi menor, apresentou maior rendimento depurado, proporcionou polpa com maior viscosidade, resultou em licor residual com menor teor de sólidos e apresentou melhor branqueabilidade da polpa, requerendo menos reagentes químicos para branqueamento.

Entretanto, os mesmos autores, ressaltam que madeira de menor densidade exibe sérias desvantagens, como maior consumo específico de madeira e menor massa de madeira no digestor, o que poderá afetar desfavoravelmente o custo e a produtividade industrial.

Assis (1996), descreveu que a polpa celulósica produzida com madeiras de menor densidade básica apresenta fibras com menor espessura de parede e baixo rendimento volumétrico; permitindo o autor afirmar que madeira com essas características é mais adequada para produção de papéis de escrita e impressão.

Madeiras com densidade básica elevada apresentam, normalmente, grandes porcentagens de fibras com parede espessas. Essas células mantêm-se a sua forma tubular em alta proporção, após desfibramento, apresentando

pouca área de contato entre elas, o que implica na redução da resistência mecânica, dando origem a um papel volumoso, grosseiro, poroso, com alta capacidade de absorção e elevada elasticidade sob pressão (BURGER e RICHTER, 1991), sendo ideal para a produção de papéis absorventes.

Ao analisar vantagens e desvantagens do aumento da densidade básica, em relação à produção de celulose e papel, Foelkel (1992) recomenda madeiras de *Eucalyptus* com densidade básica variando de 0,450 a 0,550 g/cm<sup>3</sup>.

## 2.5. CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS E SUAS INFLUÊNCIAS NA FABRICAÇÃO DE PAPEL

Parâmetros anatômicos, como porcentagem e dimensão dos elementos anatômicos constituintes do lenho, são os mais utilizados na avaliação da qualidade da madeira para a produção de celulose e papel e estão relacionados com a qualidade da polpa e ainda, como afirmam Carvalho et al. (1998), associados às propriedades físico-mecânicas e características superficiais e ópticas de papel produzido.

### 2.5.1. Influência dos Vasos

De acordo com Esau (1974), os elementos de vasos são células especializadas na condução de água e das substâncias nela dissolvidas, com a água movimentando-se livremente de célula para células, por meio das placas de perfuração neles existentes. O vaso é formado por uma série de elementos de vasos sobrepostos em séries longitudinais.

Segundo Foelkel (2007), os vasos são muito importantes tanto para a fisiologia e crescimento das árvores, como para os processos de conversão da madeira em celulose. Sua presença nas madeiras de folhosas favorece o processo de impregnação dos cavacos pelo licor de cozimento. Como são elementos grandes e ocos em sua maioria, eles facilitam a passagem do licor para o interior dos cavacos. Além disso, a comunicação dos vasos com as

células adjacentes, através das pontoações, permite que o licor de cozimento migre para o interior dos cavacos.

Burger e Richter (1991) reafirmam a importância dos vasos na impregnação dos cavacos durante os processos de polpação e citam ser de extrema importância que os mesmos não estejam obstruídos por tilos, gomas, resinas ou óleos-resina.

A presença dos vasos pode ou não significar problemas no uso da celulose, dependendo do tipo de papel a ser produzido. Para Foelkel (2007), papéis fabricados com polpas bem refinadas, praticamente não apresentam problemas devido à presença dos vasos, isso ocorre principalmente devido ao colapso ou fragmentação desses elementos. O mesmo autor afirma ainda que, há papéis em que os vasos são definitivamente um problema ou na fabricação ou no uso desse papel.

O caso mais conhecido de problema é o fenômeno de arrancamento de vasos da superfície de papéis de impressão. O termo “vessel picking” refere-se a esse fenômeno, em que alguns elementos de vasos presentes na superfície do papel tendem a ser removidos pela adesão com a tinta de impressão, criando, assim, pontos falhos na superfície impressa (OHSAWA, 1988).

Para Gopichard e Maheshwari (1990), esse problema em polpas de eucalipto é devido ao fato de a espécie conter elementos de vasos grandes. Porém Foelkel (2007), afirma que, no Brasil, o grau de refinação para fabricação de polpas de eucalipto é elevado, entre 35 a 45° Schopper Riegler, por isso os elementos de vaso ficam bem danificados e colapsados, minimizando o fenômeno de “vessel picking”.

Existem diversos fatores importantes que governam a ocorrência dos “vessel picking”, em maior ou menor intensidade, sendo eles, dimensões e morfologia dos elementos de vaso, quantidade dos elementos de vaso na celulose, relação vaso/fibra, tipo de fibras, estágio de refino dos elementos de vaso, tecnologias da fabricação do papel, qualidade do papel, características da impressora e relação vaso/tinta (FOELKEL, 2007).

### 2.5.2. Influência das Fibras

Segundo Esau (1974), as fibras são células alongadas com parede secundária geralmente lignificada. Reconhecem-se dois tipos de fibras de xilema: os fibrotraqueídeos e as fibras libriformes, com as fibras libriformes sendo mais alongadas e possuindo paredes mais espessas que os fibrotraqueídeos.

As fibras da madeira de *Eucalyptus* são do tipo fibrotraqueídeos, possuindo formato de fuso e pontoações aureoladas. As fibras são consideravelmente mais longas que as iniciais fusiformes que lhe deram origem. Khan et al. (1979) indicam que esse aumento em comprimento pode variar de 1,5 a 2,3 vezes daquelas iniciais fusiformes no gênero *Eucalyptus*.

A resistência do papel é basicamente controlada por fatores como a espessura da parede e porcentagem de madeira juvenil, comprimento da fibra e resistência da fibra (DINWOODIE, 1965).

Segundo Bamber (1985), o comprimento da fibra afeta diversas propriedades do papel, em particular a resistência ao rasgo e a resistência a dobra, sendo o papel produzido com fibra de eucalipto inferior nessas características. O comprimento da fibra de eucalipto é, entretanto, satisfatória para a maioria dos papéis. Foelkel e Barrichelo (1975) relatam ainda que, além da resistência ao rasgo, a resistência do papel à tração é altamente influenciada pelo comprimento da fibra.

De acordo com Foelkel (2007), fibras com paredes mais espessas produzem papéis porosos de superfície rugosa, com baixa opacidade, altamente absorventes, com alta resistência ao rasgo, baixa resistência à tração e com baixa resistência quando úmidos; enquanto fibras com paredes mais finas produzem papéis de folha densa e bem ligada de superfície lisa, com alta opacidade, com baixa resistência ao rasgo, alta resistência à tração e maior resistência quando úmidos.

Wher (1991) salienta que fibras com paredes delgadas, combinadas com maiores diâmetros, são encontradas em madeiras de menor densidade básica. As fibras com essas características são mais susceptíveis ao colapso, favorecendo as ligações entre fibras e ainda apresentam uma maior facilidade no refino na fabricação do papel.

A largura da fibra é outra característica muito importante para as propriedades do papel. Segundo Santos (2005), fibras mais largas produzirão papéis com menor resistência ao 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 do papel, prejudicando assim as ligações entre fibras.

Para Colodette e Gomide (2001), em geral, a resistência intrínseca das fibras relaciona-se mais com a resistência ao rasgo, enquanto as ligações interfibras relacionam-se com a resistência à tração e ao arrebatamento da folha de papel.

Na fabricação de polpa e papel, é comum a referência a aptidões da madeira em termos de coeficientes e fatores que expressam relações entre as características morfológicas das fibras. Sendo os principais: (i) o Fator de Runkel que é a relação entre duas vezes a espessura da parede da fibra dividido pelo diâmetro do lume. Quanto maior o valor do fator Runkel, menos apta é a madeira para fabricação de papel de impressão, considerando-se ideais valores menores que 1; (ii) o Coeficiente de rigidez que é a razão entre o diâmetro do lume e o diâmetro da fibra. Quanto maior o valor do coeficiente de rigidez, maior será o achatamento e melhor o amoldamento das células. Um valor alto significa a existência de células de paredes finas; (iii) e o Coeficiente de flexibilidade de Peteri que é a razão entre o comprimento e o diâmetro da fibra (BURGER e RICHTER, 1991). O coeficiente de flexibilidade permite avaliar a capacidade de flexão da fibra e o potencial de ligação interfibras, correlacionando-se, diretamente com a resistência à tração e ao arrebatamento (GONÇALVEZ et al., 1986). Quanto maior o valor do coeficiente de flexibilidade melhor será a flexibilidade da fibra, proporcionando maior contato interfibras.

## 2.6. VARIABILIDADE NA ESTRUTURA ANATÔMICA E DENSIDADE DA MADEIRA

A estrutura anatômica e a densidade da madeira podem variar de forma acentuada entre espécies, dentro de uma mesma espécie e até dentro

de um mesmo indivíduo. As variações ocorrentes, dentro de um mesmo indivíduo, podem ser no sentido longitudinal e radial do tronco, entre cerne e alburno, entre madeira juvenil e adulta e até dentro de um mesmo anel de crescimento.

Segundo Malan (1995), a diferença nas propriedades da madeira no sentido radial é a mais importante fonte de variação no tronco. A extensão dessa variação é determinada, principalmente, pela presença de madeira juvenil, pela sua proporção relativa no tronco e pelas suas características físico-químicas e anatômicas.

A variação na porcentagem de elementos anatômicos reflete-se na densidade básica da madeira, sendo os aumentos na porcentagem da parede celular das fibras o principal fator a influenciar positivamente essa propriedade.

Para a produção de qualquer produto derivado da madeira, é desejável que esta apresente-se o mais uniforme possível. Garcia (1995) afirma que o diagnóstico da variabilidade dentro do próprio indivíduo, tanto no sentido radial quanto longitudinal, é de fundamental importância. Valente et al. (1992) ressaltam essa importância da uniformidade da densidade básica, na tecnologia de polpação.

Oliveira et al. (2005) observaram aumento da densidade básica em sete espécies de eucalipto na direção medula-casca, em que cada espécie apresentou um perfil distinto de variação. O aumento na espessura da parede celular e/ou aumento na proporção de fibras em direção à casca podem explicar o aumento da densidade nessa direção. O incremento no volume de vasos, com ou sem decréscimos na espessura da parede celular, causaria o inverso, ou seja, levaria à redução na densidade (GARCIA, 1995).

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 DAP, podendo ainda, em outras espécies, apresentar valores alternados com a tendência decrescente e crescente (BARRICHELO et al., 1983). Gonçalves (2006) ao pesquisar um híbrido clonal de *E. urophylla* x *E. grandis* com 5 anos e 8 meses de idade, concluiu que o clone apresenta tendência linear crescente para a densidade básica ao longo do tronco e na direção radial.

A espessura da parede das fibras está intimamente relacionada com a densidade da madeira, e as variações na espessura da parede entre e dentro das árvores são similares ao padrão de variação da densidade (MALAN, 1995).

Tomazello Filho (1985a) observou que em árvores de uma mesma espécie de *Eucalyptus*, há ocorrência de significativas variações no comprimento das fibras, no diâmetro de lume, na espessura da parede das fibras e no diâmetro tangencial dos vasos, tendendo a aumentarem no sentido radial, e uma diminuição na frequência de vasos foi observada no mesmo sentido.

Tomazello Filho (1985b) confirma ainda que as dimensões das fibras podem ser influenciadas também pela idade, pois com o aumento desta, as células cambiais passam a produzir elementos com maiores dimensões ao longo do raio até atingirem a estabilização em idades mais avançadas. Ferreira e Kageyama (1978), ao estudar espécies de *Eucalyptus*, com idade entre 5 e 11 anos, observaram aumento na densidade básica com a idade. Segundo Barrichelo e Brito (1979), têm-se observado que a densidade básica aumenta até certa idade, quando praticamente se estabiliza.

Silva et al. (2007), ao estudar a influência da idade e posição radial nas dimensões dos elementos anatômicos de *Eucalyptus grandis*, concluíram que as dimensões das fibras e dos vasos apresentaram variações tanto em relação à idade quanto no sentido medula-casca.

Oliveira (1990), ao citar diversos autores, informou que a porcentagem de fibras no eucalipto é em média de 65%, a de vasos 17% e a de células parenquimáticas de 18%. Porém, segundo Tomazello Filho (1994), existem significativas variações de porcentagem de vasos no lenho das diferentes espécies de *Eucalyptus*, em relação aos demais elementos.

## 2.7. INTERAÇÕES ENTRE MEIO AMBIENTE E PROPRIEDADES DA MADEIRA

O crescimento das plantas lenhosas é influenciado pelos fatores solo, água, aeração do solo, temperatura, variações no comprimento dos dias, latitude ou mesmo por fatores inerentes a cada espécie. Segundo Kramer e

Koslowski (1960); Brown (1974); Koslowski e Pallardy (1997) e Larcher (2000), o crescimento das plantas lenhosas dependem mais do suprimento de água do que de qualquer outro fator ambiental.

Além de grande importância no crescimento das árvores, a água influencia, direta ou indiretamente, na quantidade e qualidade da madeira. Em tempos com abundante precipitação, notam-se elementos do xilema com grandes diâmetros e paredes finas. A perda do turgor provavelmente inibe o alargamento das iniciais de xilema e o estresse hídrico parece ter efeitos diretos no desenvolvimento de paredes celulares das células derivadas (KOZLOWSKI et al. 1991).

Para Bass (1973), além do fator disponibilidade de água, outros fatores ambientais influenciam diretamente na estrutura anatômica da madeira. Essa interferência pode ocorrer em um curto espaço de tempo, atuando na variação fenotípica, e também, a longo prazo, atuando durante o período evolutivo de seleção natural das espécies, em que geneticamente as espécies melhor adaptadas anatomicamente são favorecidas.

Segundo Carlquist (1975), existe uma interação entre a anatomia da madeira e os fatores ecológicos e genéticos que atuam sobre a atividade cambial e a morfogênese do xilema secundário, que podem modificar a estrutura, as propriedades e a qualidade da madeira.

Trabalhos relacionados à interação planta x ambiente, mostram que as plantas possuem plasticidade na organização anatômica do lenho, que permitem as espécies sobreviverem em locais com características ambientais contrastantes, como demonstrado por Baas (1973) e Oever (1981), ao analisar espécies de ampla distribuição.

Segundo Foelkel (1985), o ambiente é um dos fatores que influenciam a variabilidade da madeira. Porém, há casos em que as diferenças entre ambientes não alteram expressivamente os valores de densidade básica das populações amostradas. Mora et al. (1978) verificaram que as médias de densidade básica de árvores de *E. grandis* selecionadas em Mogi Guaçu, SP e Salto, SP não diferiram entre si, embora as condições ecológicas existentes fossem diferentes.

As variações da densidade básica ocasionadas pelas diferenças entre ambientes podem estar associadas ao ritmo de crescimento das árvores.



Albino (1983), ao analisar a densidade básica de doze espécies de *Eucalyptus* spp, verificou que, nos locais onde as espécies apresentavam maior crescimento, os valores de densidade básica foram menores.

Bouvet et al. (1999), ao pesquisarem os efeitos genéticos e ambientais sobre o crescimento e qualidade da madeira dos híbridos *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* e *E. urophylla* x *E. pellita* no Congo, observaram correlação positiva entre qualidade do sítio e a densidade básica da madeira. Todavia, Gava (2005), ao estudar a qualidade da madeira de clone de *Eucalyptus grandis* para produção de celulose, concluiu que a densidade básica da madeira não se alterou nas diferentes classes de solo.

Estudos que relacionam variações geográficas com características de espécies arbóreas, chegam a conclusão comum de que árvores da mesma espécie variam em suas características anatômicas dentro de uma população (BURLEY, 1982).

Oliveira (2009), ao estudar a anatomia de dois híbridos naturais de *Eucalyptus grandis* crescidos em seis regiões com aproximadamente 6 anos de idade, encontrou variação entre clones e ainda, variação entre as regiões de implantação do povoamento para ambos os clones.

## 2.8. A TÉCNICA DA DENSITOMETRIA DE RAIOS X

Parker e Kennedy (1973), após ampla revisão bibliográfica sobre densitometria de raios X, afirmaram que a técnica foi desenvolvida por Polge em 1963, no Centro Nacional de Pesquisas em Champenoux, França. No Brasil, a precursora da técnica foi Alina Celia Banzatto do Amaral que, em 1994 defendeu Dissertação intitulada “Implantação da metodologia de densitometria de raios X em madeira”, pela Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, da Universidade de São Paulo (ESALQ-USP), tendo como orientador o Prof. D. Sc. Mario Tomazello Filho.

A técnica permite determinar valores contínuos de densidade pela imagem radiográfica de uma fina seção transversal do lenho, gerando assim uma grande quantidade de dados que representam a variabilidade da

densidade da madeira a intervalos de 50 micrômetros (WALKER e DODD, 1988).

Dessa forma, o método estabelece, com alta precisão, o perfil da variação da densidade em um único anel de crescimento ou em uma seção transversal na variação medula-casca (POLGE, 1978). As variações da densidade da madeira em uma amostra têm forte influência na qualidade da madeira (ECHOLS, 1973), sendo mais importante quando associadas às características anatômicas (DECOUX et al., 2004).

As variações na densidade em uma amostra de madeira são resultados da disposição e das dimensões dos seus elementos anatômicos. Dessa forma, a análise microdensitométrica da madeira indica a cronologia da produção anual de massa lenhosa de uma árvore, sendo uma importante informação que está relacionada com a estrutura anatômica da amostra de madeira (MOTHE et al., 1998).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. PROCEDÊNCIA DA MADEIRA E CARACTERIZAÇÃO DAS REGIÕES ESTUDADAS

Para a caracterização anatômica do xilema secundário, foram avaliados dois clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* com aproximadamente seis anos de idade, procedentes de duas regiões do Estado de Minas Gerais, como pode ser observado na Figura 2. Em cada região, foram amostradas duas combinações topográficas sendo uma plana outra inclinada.

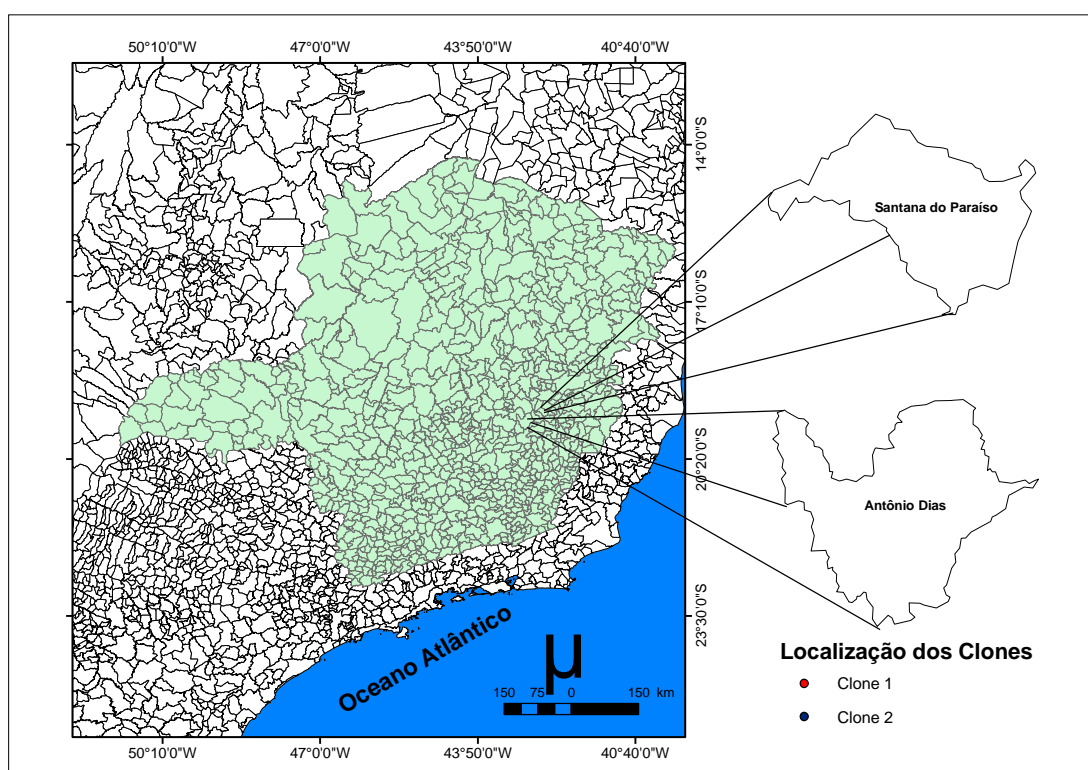


Figura 2 - Minas Gerais: Sítios de amostragem.

Em todas as condições de plantio, teve-se a mesma face norte de exposição ao sol. A caracterização climática, edáfica e das plantações dos dois clones amostrados são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização climática, edáfica e das plantações dos dois clones amostrados

Clone	Região (Altitude (m))	Local	Inclinação média (graus)	Tipo de solo*	Idade (Meses)	Temperatura (°C)			Precipitação (mm)	Déficit hídrico (mm)
						Mínima	Média	Máxima		
1	271,5	Inclinado	36,6	CXbd1	71	18,80	24,50	31,00	1229,80	299,00
1	281,3	Plano	0,00	CXbd3	71	18,90	24,50	31,00	1229,80	299,00
1	812,5	Inclinado	35,8	CXbd1	73	15,00	20,20	24,30	1280,30	96,00
1	819,3	Plano	0,00	CXbd1	73	15,00	20,20	24,30	1280,30	96,00
2	273,6	Inclinado	36,7	CXbd1	71	18,80	24,50	31,00	1229,80	299,00
2	276,2	Plano	0,00	CXbd3	71	18,90	24,50	31,00	1229,80	299,00
2	905,3	Inclinado	26,6	CXbd1	68	15,00	20,20	24,30	1280,30	96,00
2	921,6	Plano	0,00	CXbd1	68	15,00	20,20	24,30	1280,30	96,00

\* Classificação com base nas designações do novo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Brasília - DF, 1999 - SPI/CNPS).

### 3.2. AMOSTRAGEM

Foram utilizadas madeiras de dois clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* com aproximadamente seis anos de idade, provenientes de duas regiões do Estado de Minas Gerais, descritas no item 3.1, provenientes da Empresa de Celulose Nipo Brasileira (CENIBRA).

Para cada um dos tratamentos mencionados, utilizou-se um número de cinco repetições, totalizando 40 árvores, sendo 20 árvores do Clone 1 e 20 árvores do Clone 2. A Tabela 2 apresenta os respectivos tratamentos mencionados.

Tabela 2 - Tratamentos realizados neste estudo

<b>Tratamentos</b>	<b>Clone</b>	<b>Região</b>	<b>Local</b>
<b>1</b>	1	Baixa	Inclinado
<b>2</b>	1	Baixa	Plano
<b>3</b>	1	Alta	Inclinado
<b>4</b>	1	Alta	Plano
<b>5</b>	2	Baixa	Inclinado
<b>6</b>	2	Baixa	Plano
<b>7</b>	2	Alta	Inclinado
<b>8</b>	2	Alta	Plano

O esquema de amostragem dos discos nas árvores, bem como a localização dos corpos de prova nos discos, são apresentados na Figura 3.

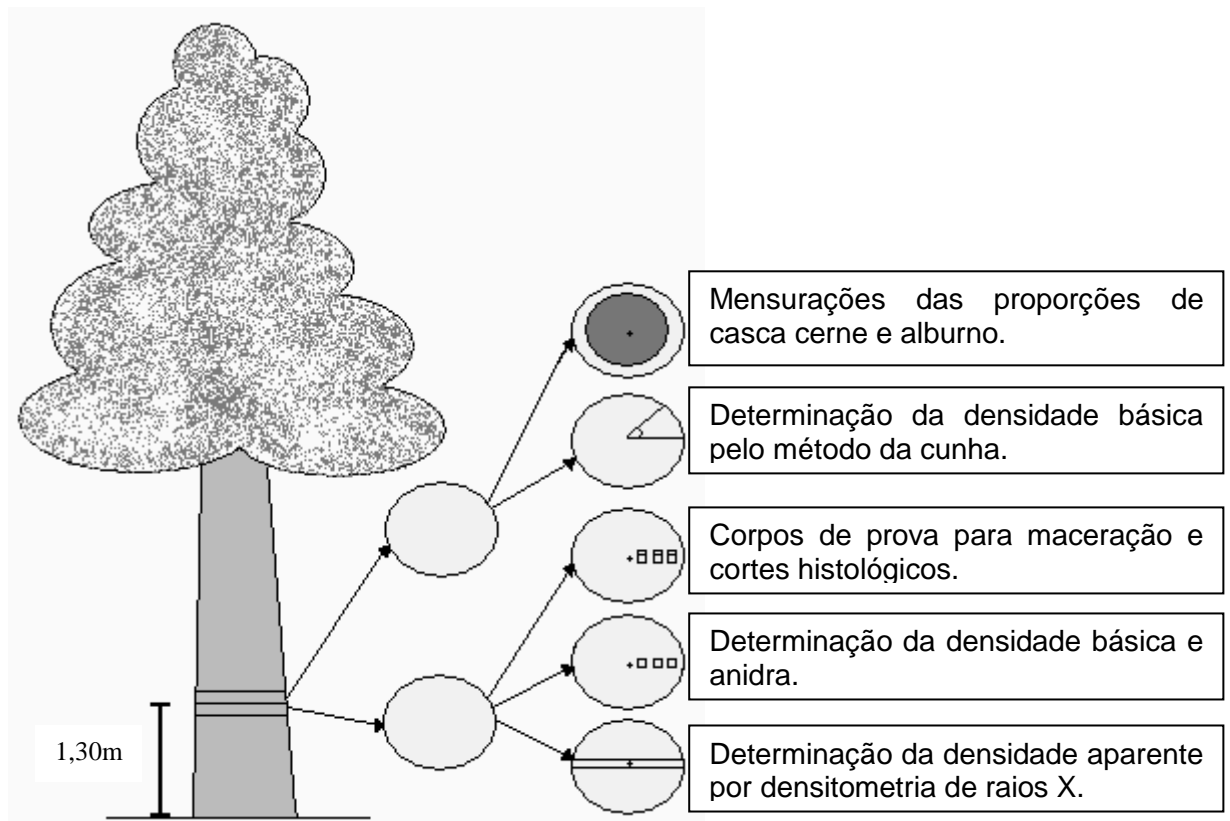


Figura 3 - Esquema de amostragem dos discos nas árvores e localização dos corpos de prova.

Conforme representado na Figura 3, de cada árvore retiraram-se dois discos de madeira, com aproximadamente 5 cm de espessura, sendo um dos discos retirado exatamente no diâmetro à altura do peito – DAP (1,30 m) e outro logo acima desta posição.

A densidade básica da madeira foi obtida a partir de cunhas à 45°, retiradas dos discos destinados para tal finalidade, de árvores recém-abatidas. Ainda foi determinada a variação radial da densidade anidra e básica a partir de corpos de provas de 1,5 x 2,0 cm de seção transversal e 2,0 cm de direção longitudinal, retiradas logo abaixo das amostras utilizadas para estudos anatômicos. Para os estudos de densitometria de raios X, utilizou-se uma baqueta diametral, sendo o raio 1 retirado logo abaixo das amostras utilizadas para estudos de densidade aparente e básica. A localização dos corpos de prova podem ser observados na Figura 3.

Para os estudos anatômicos, foram retirados corpos de prova com dimensões de 1,5 x 1,5 cm de seção transversal e 2,0 cm de direção longitudinal para confecção dos cortes histológicos e corpos de prova com 0,3 x 1,5 cm de seção transversal e 2,0 cm de direção longitudinal para confecção do macerado. Estes foram retirados em três posições equidistantes no disco, como pode ser observado na Figura 3.

### 3.3. CARACTERIZAÇÃO DO LENHO

A caracterização do lenho foi realizada a partir do exame dos discos de madeira e dos corpos de prova descritos no item 3.2, retirados das 40 árvores.

Os estudos, com exceção à densitometria de raios X, foram desenvolvidos no Laboratório de Ciência da Madeira (LCM) do Núcleo de Estudos e de Difusão de Tecnologia em Florestas, Recursos Hídricos e Agricultura Sustentável (NEDTEC), pertencente ao Departamento de Engenharia Florestal, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), localizado em Jerônimo Monteiro – ES.

Os estudos de densitometria de raios X foram desenvolvidos no Laboratório de Anatomia da Madeira, pertencente ao Departamento de Engenharia Florestal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo (ESALQ-USP), localizado em Piracicaba-SP.

#### 3.3.1. Determinação do Teor de Casca, Cerne e Alburno

Na seção transversal dos discos retirados das árvores dos dois clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, foram realizadas medições de diâmetros radiais em dois sentidos opostos com e sem casca e diâmetro de cerne, sendo a espessura do alburno determinada por diferença entre o diâmetro sem casca e o diâmetro do cerne. A espessura de casca foi determinada por diferença entre diâmetro com casca e o diâmetro sem casca. Para tais medições, utilizou-se uma régua metálica milimetrada com precisão de 0,5 mm. A partir dessas medições, determinou-se os diâmetros médios por

tratamento, as áreas seccionais, as porcentagens de cerne, alburno e casca e a relação cerne/alburno, utilizando as seguintes equações:

$$A_s = \frac{D^2 \times \pi}{4} \quad (1)$$

Em que:

$A_s$  = Área ocupada pela estrutura do tronco desejada, em  $\text{cm}^2$ ;

$D$  = Diâmetro médio do tratamento, em cm.

$$\%_s = \frac{A_s}{A_{cc}} \times 100 \quad (2)$$

Em que:

$\%_s$  = Porcentagem ocupada pela estrutura do tronco desejada, em  $\text{cm}^2$ ;

$A_s$  = Área ocupada pela estrutura do tronco desejada, em  $\text{cm}^2$ ; e

$A_{cc}$  = Área com casca do disco, em  $\text{cm}^2$ ;

$$\frac{C}{A} = \frac{\%_C}{\%_A} \quad (3)$$

Em que:

$C/A$  = Relação cerne-alburno;

$\%_C$  = Porcentagem de cerne, em %; e

$\%_A$  = Porcentagem de alburno, em %.

### 3.3.2. Determinação da Densidade

A densidade básica das cunhas foi obtida de acordo com os seguintes procedimentos:

- i- Manutenção das cunhas do lenho imersas em água a fim de manter saturação;
- ii- Determinação do seu volume saturado ( $V_s$ ) pelo método da balança hidrostática, preconizado na MB26 (1940) da ABNT ;
- iii- Remoção da água superficial com tecido;



- iv- Obtenção da massa úmida ( $M_u$ ), em balança de precisão de 0,001g;
- v- Transferência das cunhas para estufa a aproximadamente 105°C até secarem completamente;
- vi- Obtenção da massa seca em estufa ( $M_s$ ) e aplicação da equação 4 para o cálculo da densidade básica ( $D_B$ ).

$$D_B = \frac{M_{as}}{V_s} \quad (4)$$

Onde:

$D_B$  = Densidade básica ( $\text{g/cm}^3$ )

$M_{as}$  = Massa absolutamente seca (g)

$V_s$  = Volume saturado ( $\text{cm}^3$ )

As densidades básica e anidra dos corpos de prova, retirados em três posições equidistantes, foram obtidas de acordo com os seguintes procedimentos:

- i- Manutenção das amostras do lenho imersas em água a fim de manter saturação;
- ii- Determinação do seu volume saturado ( $V_s$ ) pelo método da balança hidrostática, preconizado na MB26 (1940) da ABNT , com substituição da água por mercúrio;
- iii- Remoção da água superficial com tecido;
- iv- Obtenção da massa úmida ( $M_u$ ), em balança de precisão de 0,001g;
- v- Transferência das amostras para estufa a aproximadamente 103°C  $\pm$  2°C até secarem completamente;
- vi- Determinação do seu volume seco em estufa ( $V_E$ ) utilizando o método de deslocamento em mercúrio (Hg), citado por Vital (1980) e aferição da temperatura do mercúrio a cada cinco pesagens;
- vii- Obtenção da massa seca em estufa ( $M_s$ ) e aplicação das equações 5, 6 e 7 para o cálculo da densidade básica ( $D_A$ ).

Determinação da densidade do mercúrio de acordo com a equação:

$$D_{Hg} = 13,6052 - (0,0025 * T_{Hg}) \quad (5)$$

Em que:

$D_{Hg}$  = Densidade do mercúrio ( $g/cm^3$ )

$T_{Hg}$  = Temperatura do mercúrio ( $^{\circ}C$ )

Determinação do volume seco total da amostra

$$V = \frac{(E - 0,4)}{D_{Hg}} \quad (6)$$

Em que:

V = Volume seco total ( $cm^3$ )

E = Empuxo (g)

0,4 = Constante de correção pela imersão parcial da agulha fixadora do corpo de prova no mercúrio.

$D_{Hg}$  = Densidade do mercúrio ( $g/cm^3$ )

Determinação da densidade anidra

$$D_A = \frac{M_s}{V} \quad (7)$$

Em que:

$D_A$  = Densidade anidra ( $g/cm^3$ )

$M_s$  = Massa absolutamente seca (g)

V = Volume absolutamente seco ( $cm^3$ )

A variação radial da densidade aparente do lenho foi obtida pela técnica da densitometria de raios X, de acordo com os seguintes procedimentos:

- i- Retirou-se uma bagueta diametral de cada disco;
- ii- A partir das baguetas, obteve-se seções transversais de 0,20 cm de espessura;
- iii- As seções transversais foram acondicionadas em câmara de climatização (12 h,  $20^{\circ}C$ , 50% UR) até atingirem 12% de umidade;

- iv- Obtenção das radiografias (Kodak, Diagnostic Film X-Omat XK1; 240 x 180 mm) das seções transversais em equipamento de raios X (Hewlett Packard, Faxitron 43805 N);
- v- Digitalização dos filmes radiográficos em escala de cinza;
- vi- Comparação entre escala de cinza das seções transversais com a curva padrão (com valores conhecidos de densidade:  $1,48\text{g/cm}^3$ ) em microdensitômetro (Joyce Loebel MK III-C; 0,1 x 0,3 mm janela de leitura; 10 cm/min varredura);
- vii- Transformação dos valores de densidade óptica em densidade aparente utilizando software específico (plataforma CB, mid10);
- viii- Tabulação dos dados de densidade, de cada ponto, em planilha do software Excel 2003, realização dos cálculos de densidade mínima, máxima e média e confecção dos gráficos do perfil de variação da densidade aparente por árvore.

### 3.3.3. Descrição Macroscópica da Madeira

No estudo macroscópico, a observação direta do material foi feita com o auxílio de uma lupa de 10 aumentos. Para sua descrição, foram analisadas as características gerais do lenho utilizando os critérios da Comissão Pan-Americana de Normas Técnicas - COPANT (1974) e IAWA-“List of Microscopic Features of Hardwood Identification” (IAWA Committee, 1989). Na descrição da cor da madeira, utilizaram-se as cartas de determinação de cor de solos de Munsell (Mac Corporation, 1994).

### 3.3.4. Descrição Microscópica da Madeira

Para a descrição da estrutura microscópica do xilema secundário, utilizou-se critérios da Comissão Pan-Americana de Normas Técnicas - COPANT (1974) e IAWA-“List of Microscopic Features of Hardwood Identification” (IAWA Committee, 1989). As descrições foram realizadas a partir de cortes histológicos da madeira e da dissociação dos elementos celulares.

Na realização dos cortes histológicos do lenho, seguiu-se técnicas padrões adotadas pelo LCM, constituindo-se em:

- i- Preparo de blocos de madeira de 1,5 x 1,5 cm de seção transversal e 2,0 cm de direção longitudinal, perfeitamente orientados;
- ii- Amolecimento dos blocos de madeira com água em ebulição por aproximadamente 2 horas e 30 minutos;
- iii- Corte dos três planos de observação com espessura nominal de 18µm, realizado em micrótomo de deslize (Leica SM 2000R);
- iv- Armazenagem dos cortes histológicos entre lâminas umedecidas com solução de glicerina e água na proporção 1:1 e revestidas com papel alumínio;
- v- Seleção dos melhores cortes e montagem das lâminas temporárias em glicerina e água na proporção 1:1.

Para a realização das mensurações, foram obtidas fotomicrografias dos planos de orientação do xilema secundário com o uso de câmera digital da marca Canon, modelo DSC Powershot A620, 7.1 Mega pixels, acoplada ao microscópio da marca Zeiss e as mensurações realizadas através do software analisador de imagem Axiovision 4.5.

A dissociação dos elementos celulares (maceração) foi realizada segundo o método preconizado por Dadswell (1972), consistindo-se em:

- i- Preparo de finas lascas do lenho a partir das amostras destinadas para tal finalidade;
- ii- Transferência para tubos contendo solução macerante (ácido acético glacial/peróxido de hidrogênio, na proporção 1:1);
- iii- Transferência dos tubos perfeitamente fechados para estufa a 60°C por 48 horas;
- iv- Remoção da solução macerante e lavagem do material macerado com água fria;
- v- Coloração do material macerado com safranina alcoólica a 1%;
- vi- Montagem das lâminas temporárias em glicerina e água na proporção 1:1.

As mensurações foram realizadas utilizando fotomicrografias das lâminas obtidas com o uso de câmera digital da marca Canon, modelo DSC Powershot A620, 7.1 Mega pixels, acoplada ao microscópio óptico da marca Zeiss. Estas foram realizadas com auxílio do software analisador de imagem Axiovision 4.5, obtendo-se de forma direta seus comprimentos, larguras e

diâmetros de lume e indiretamente suas espessuras de parede celular pela seguinte fórmula:

$$E_p = \frac{L_f - D_L}{2} \quad (8)$$

Em que:

$E_p$  = Espessura da parede ( $\mu\text{m}$ )

$L_f$ : Largura da fibra ( $\mu\text{m}$ )

$D_L$ : Diâmetro do lume da fibra ( $\mu\text{m}$ )

Os elementos anatômicos mensurados e o número de repetições adotadas neste estudo são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Caracteres anatômicos mensurados no xilema secundário

<b>Elementos anatômicos</b>		<b>Número de observações</b>
<b>Elementos de Vaso</b>	Diâmetro Tangencial ( $\mu\text{m}$ )	40
	Frequência - vasos/ $\text{mm}^2$	40
<b>Fibras</b>	Comprimento (mm)	20
	Largura da Fibra ( $\mu\text{m}$ )	20
	Diâmetro do Lume ( $\mu\text{m}$ )	20
	Espessura da Parede ( $\mu\text{m}$ )	20
<b>Raios</b>	Altura ( $\mu\text{m}$ )	40
	Largura ( $\mu\text{m}$ )	40
	Altura (nº. de célula)	40
	Largura (nº. de célula)	40
	Frequência (raios/mm)	40

#### 3.4. CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DAS FIBRAS

Para a caracterização morfológica das fibras foram usados, a partir das médias das dimensões das fibras, os seguintes fatores e coeficientes:

- Fator de Runkel (FR):

- $$FR = \frac{2 \times EP}{DL}$$

Em que:

EP = Espessura de Parede

DL = Diâmetro do lume

- Coeficiente de rigidez (CR):

$$CR = \frac{DL}{L} \times 100 \quad (10)$$

Em que:

DL = Diâmetro do lume

L = Largura da fibra

- Coeficiente de flexibilidade de Peteri (P):

$$P = \frac{C}{L} \quad (11)$$

Em que:

C = Comprimento da fibra

L = Largura da fibra

### 3.5. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial, com 5 repetições. Os dados foram tabulados em planilhas do software Excel 2003 e analisados segundo cálculos estatísticos descritivos como média, desvio padrão e coeficiente de variação.

Para avaliar o grau de significância das variações nas dimensões dos elementos anatômicos e densidade básica do xilema secundário das amostras, foi realizada a análise de variância e uma vez significativa, aplicou-se o teste Tukey, a 5% de significância para comparação de médias.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. TEORES DE CERNE, ALBURNO E CASCA

As quantidades relativas de cerne, alburno e casca na madeira auxiliam na definição de seu uso nos produtos finais. Quanto maior o percentual de alburno na árvore, melhor será a sua capacidade de impregnação e mais fácil será o branqueamento da polpa celulósica, enquanto maiores teores de cerne poderiam causar efeito inverso. Com relação à casca, deseja-se o menor percentual possível, uma vez que a mesma não é adequada para produção de polpa celulósica.

Informações referentes à casca, cerne e alburno dos tratamentos utilizados neste estudo estão apresentadas na Tabela 4.

De acordo com a Tabela 4, para área de casca, não houve diferença significativa entre os clones. Entretanto, dentro do clone houve variação significativa para a área ocupada pela casca. Especificamente para o clone 1, o local alto/plano se destacou por produzir árvores com maior área de casca em relação aos demais. Para o clone 2, a variabilidade na área de casca das árvores foi maior, com os locais alto/inclinado e alto/plano destacando-se dos demais pela maior quantidade de casca produzida.

Os teores de casca encontrados para o clone 1 no local alto/inclinado são semelhantes àqueles encontrados por Oliveira et al. (1999), que apesar de estudarem madeiras de *Eucalyptus grandis* com aproximadamente 19 anos de idade, encontraram valores de percentagem de casca de 10,82%. Os mesmos autores ainda encontraram o valor de 12,75% de casca para a madeira de *Eucalyptus urophylla* com aproximadamente 21 anos de idade, e apesar da grande diferença de idade, esses valores estão semelhantes àqueles encontrados para o clone 1 no local alto/plano.

Com relação à área de cerne entre clones, esta somente não variou no local baixo/plano, para os demais locais, as maiores áreas foram encontradas para o clone 1. Variação dentro do clone ocorreu apenas no clone 2, sendo os

menores teores de cerne encontrados, independente da região, na topografia inclinada. Árvores com maiores áreas de cerne foram produzidas pelo clone 2 no local baixo/plano.



Tabela 4 - Valores médios de casca, cerne e alburno das árvores entre locais

Local	Área (cm <sup>2</sup> )						Teores (%)							
	Casca		Cerne		Alburno		Casca		Cerne		Alburno		Relação cerne/alburno	
	Clone 1	Clone 2	Clone 1	Clone 2	Clone 1	Clone 2	Clone 1	Clone 2	Clone 1	Clone 2	Clone 1	Clone 2	Clone 1	Clone 2
<b>Baixo/Inclinado</b>	24,96 A*b**	24,28 A c	94,66 A a	61,89 B BC	93,87 A a	89,94 A a	11,89	13,83	44,04	34,82	44,07	51,35	1,01 A c	0,68 B c
<b>Baixo/Plano</b>	26,59 A b	26,87 A bc	110,64 A a	123,54 A a	97,33 A a	75,80 A a	11,38	11,88	47,13	54,62	41,49	33,50	1,14 B b	1,64 A a
<b>Alto/Inclinado</b>	26,46 A b	30,85 A ab	116,34 A a	57,61 B c	97,31 A a	95,55 A a	11,02	16,77	48,41	31,22	40,57	52,01	1,20 A ab	0,60 B c
<b>Alto/Plano</b>	32,78 A a	34,65 A a	120,16 A a	78,87 B b	92,21 A a	83,36 A a	13,54	17,61	49,22	39,91	37,24	42,48	1,34 A a	0,94 B b

\*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

\*\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Não houve diferenças significativas entre e dentro do clone para as áreas ocupadas por alburno nas árvores plantadas nos diferentes locais.

Os teores de casca, cerne e alburno encontrados nas árvores do clone 2 plantadas no local alto/inclinado estão semelhantes àqueles encontrados por Arango Alzate (2004), que estudou valores médios de casca, cerne e alburno em troncos do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* com aproximadamente 10 anos de idade, encontrou valores de 11,91, 35,76 e 52,37%, respectivamente.

Relativo à razão cerne/alburno, variação entre clones ocorreu em todos os locais e, com exceção do local baixo/plano, os maiores valores foram encontrados para o clone 1. A variação dentro dos clones ocorreu em ambos, sendo, independente da região, com os menores valores encontrados para a topografia inclinada.

Eliminando-se o efeito da topografia, temos a comparação entre as regiões estudadas. As informações referentes à casca, cerne e alburno entre estas regiões são apresentadas na Tabela 5.

Conforme apresentado na Tabela 5, não houve diferença significativa entre clones para área de casca. Dentro do clone, nota-se que, para ambos, a região baixa apresentou menores áreas de casca.

Para o teor de cerne, somente houve diferença significativa entre clones na região alta, com o clone 1 apresentando os maiores teores de cerne. A variação dentro do clone ocorreu somente no clone 1, em que a maior área de cerne foi observada na região alta.

Estatisticamente, as áreas de alburno foram iguais para as árvores que cresceram nas duas regiões e para os dois clones. Os teores de alburno encontrados nas árvores do clone 2, plantados na região alta, estão semelhantes àqueles encontrados por Gonçalves (2006), que ao avaliar o híbrido *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* com 5 anos e 8 meses de idade, encontrou valores de percentagem médios de 49,45% para alburno.

Com relação à razão cerne/alburno, somente ocorreu diferença significativa entre clones na região alta, sendo os menores valores encontrados no clone 2. Para a variação dentro do clone 1, são observados menores valores da razão cerne/alburno na região baixa, enquanto para o clone 2, esse comportamento foi inverso.

Tabela 5 - Valores médios de casca, cerne e alburno das árvores entre regiões

Região	Área (cm <sup>2</sup> )						Teores (%)							
	Casca		Cerne		Alburno		Casca		Cerne		Alburno		Relação cerne/alburno	
	Clone 1	Clone 2	Clone 1	Clone 2	Clone 1	Clone 2	Clone 1	Clone 2	Clone 1	Clone 2	Clone 1	Clone 2	Clone 1	Clone 2
Baixa	25,77 A* b**	25,58 A b	102,64 A b	92,71 A a	95,60 A a	82,87 A a	11,64	12,86	45,58	44,72	42,78	42,43	1,08 A b	1,16 A a
Alta	29,62 A a	32,75 A a	118,25 A a	68,23 B a	94,76 A a	89,46 A a	12,28	17,19	48,82	35,57	38,91	47,24	1,27 A a	0,77 B b

\*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

\*\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Informações referentes à casca, cerne e albúrnio entre os clones estudados são apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6 - Valores médios de casca, cerne e albúrnio das árvores entre clones

Clone	Áreas (cm <sup>2</sup> )			Teores (%)			Relação cerne/albúrnio
	Casca	Cerne	Albúrnio	Casca	Cerne	Albúrnio	
1	27,69	109,7	94,93	11,96	47,20	40,84	1,17
	b*	a	A				
2	29,19	78,19	87,51	15,02	40,14	44,84	0,97
	A	b	A				

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

De acordo com a Tabela 6, variação significativa entre clones ocorreu para área de casca e cerne, em que maior área de casca foi observada para o clone 2 e maior área de cerne foi observada para o clone 1. Ao desprezar o efeito dos locais, não foram observadas diferenças significativas entre os clones no que diz respeito à área de albúrnio e relação cerne/albúrnio.

Os valores encontrados para a relação cerne/albúrnio estão consoantes com àqueles encontrados por Evangelista (2007), que ao estudar madeira de *Eucalyptus urophylla* de 6 anos, encontrou valor de 1,1 para a relação cerne/albúrnio.

#### 4.2 DENSIDADE BÁSICA E ANIDRA DA MADEIRA

A densidade da madeira é um parâmetro de aferição da qualidade que possui ampla aceitação, sendo definida pelas dimensões das fibras (principalmente espessura de parede), diâmetro e frequência dos vasos, conteúdo parenquimático e composição química. Teixeira e Mendes (1995) descreveram que a mesma é muito aceita como parâmetro de qualidade, pois apresenta alta herdabilidade genética e correlações com outras características da madeira.

Os valores de densidade básica da madeira, obtidos através de cunhas retiradas dos discos, e diferenças entre médias para cada tratamento são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Valores médios da densidade básica da madeira (cunha) para os diferentes locais

Local	Densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )	
	Clone 1	Clone 2
<b>Baixo/Inclinado</b>	<b>0,49 A* ab**</b> (0,014/2,83) <sup>1</sup>	<b>0,47 A ab</b> (0,012/2,61)
<b>Baixo/Plano</b>	<b>0,48 A b</b> (0,007/1,50)	<b>0,47 A b</b> (0,012/2,49)
<b>Alto/Inclinado</b>	<b>0,45 A c</b> (0,014/3,12)	<b>0,46 A b</b> (0,010/2,53)
<b>Alto/Plano</b>	<b>0,50 A a</b> (0,012/2,47)	<b>0,49 A a</b> (0,004/0,84)

\*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

\*\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

<sup>1</sup> Valores referentes a desvio padrão(g/cm<sup>3</sup>) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

Na Tabela 7, nota-se que não houve variação na densidade básica da madeira entre clones. Relativo à variação da densidade básica dentro do clone, observa-se que, em geral, independentemente do clone, a região baixa não apresentou diferença significativa entre as topografias plana e inclinada; no entanto, na região alta, a topografia plana apresentou maiores valores de densidade.

Para a comparação entre regiões, eliminou-se o efeito da topografia do terreno. Os valores de densidade básica da madeira obtidos pela cunha e as diferenças entre médias para cada tratamento são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 - Valores médios da densidade básica da madeira (cunha) para as duas regiões

Região	Densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )	
	Clone 1	Clone 2
<b>Baixa</b>	<b>0,48 A* a**</b> (0,012/2,58) <sup>1</sup>	<b>0,47 A a</b> (0,012/2,57)
<b>Alta</b>	<b>0,47 A a</b> (0,030/6,50)	<b>0,48 A a</b> (0,015/3,22)

\*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

\*\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

<sup>1</sup> Valores referentes a desvio padrão (g/cm<sup>3</sup>) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

Na Tabela 8, nota-se que os valores de densidade básica foram estatisticamente iguais em ambos os clones, quando plantados nas duas regiões. Os valores de densidade encontrados neste estudo estão de acordo com àqueles obtidos por Duarte (2007), que ao estudar o híbrido *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*, com idades variando de 5 a 6 anos e procedentes de três distintas regiões, encontrou valores de densidade básica variando de 0,46 a 0,48g/cm<sup>3</sup>.

Analisando-se apenas os dois clones, não foram notadas diferenças estatísticas entre os mesmos, a 5% de significância, como pode ser observado na Tabela 9.

Tabela 9 - Valores médios da densidade básica da madeira (cunha) para os dois clones

Clone	Densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )
<b>1</b>	(0,43/0,51) <sup>1</sup> <b>0,48 a*</b> (0,02/4,89) <sup>2</sup>
<b>2</b>	(0,45/0,50) <b>0,47 a</b> (0,01/2,94)

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

<sup>1</sup>Valores referentes a mínimo e máximo, respectivamente.

<sup>2</sup> Valores referentes a desvio padrão (g/cm<sup>3</sup>) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

Os valores de densidade básica observados neste estudo são consoantes com àqueles obtidos por Gonçalves (2006), que ao analisar clones

de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* com idades de 5 anos e 8 meses, encontrou valores de densidade básica de 0,48 g/cm<sup>3</sup>.

Utilizando a média da densidade básica anidra, determinada nas três posições equidistantes de cada disco (medula, centro e periferia), foi possível verificar a variação da densidade entre topografia, regiões e clones. Os valores de densidade básica e anidra da madeira e as diferenças entre médias para cada tratamento são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 - Valores médios da densidade básica e anidra da madeira determinados em três posições equidistantes (medula, centro e periferia) do disco para os diferentes locais

Local	Densidade Básica (g/cm <sup>3</sup> )		Densidade Anidra (g/cm <sup>3</sup> )	
	Clone 1	Clone 2	Clone 1	Clone 2
<b>Baixo/Inclinado</b>	<b>0,47 A* a**</b> (0,023/6,29) <sup>1</sup>	<b>0,44 B b</b> (0,016/3,67)	<b>0,56 A a</b> (0,044/7,72)	<b>0,53 A bc</b> (0,029/5,41)
<b>Baixo/Plano</b>	<b>0,48 A a</b> (0,026/5,37)	<b>0,46 A a</b> (0,004/0,86)	<b>0,57 A a</b> (0,031/5,38)	<b>0,52 A c</b> (0,007/1,26)
<b>Alto/Inclinado</b>	<b>0,43 B b</b> (0,010/2,33)	<b>0,47 A a</b> (0,013/2,84)	<b>0,53 A b</b> (0,009/1,78)	<b>0,56 A ab</b> (0,017/3,07)
<b>Alto/Plano</b>	<b>0,48 A a</b> (0,019/4,06)	<b>0,48 A a</b> (0,013/2,78)	<b>0,58 A a</b> (0,018/3,02)	<b>0,57 A a</b> (0,020/3,53)

\*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

\*\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

<sup>1</sup>Valores referentes a desvio padrão(g/cm<sup>3</sup>) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

Conforme a Tabela 10, a variação da densidade básica entre clones foi observada no local baixo/inclinado, onde obteve-se maiores valores de densidade para o clone 1; e ainda no local alto/inclinado, onde o clone 2 apresentou maiores valores de densidade. Na variação dentro do clone, nota-se que o clone 1, na região baixa, não houve diferença significativa entre as topografias plana e inclinada; no entanto, na região alta, a topografia plana apresentou maior valor de densidade; para o clone 2, o comportamento da variação da densidade foi inverso, com a região baixa e topografia inclinada produzindo árvores com madeiras de menores valores de densidade básica.

Relativo à densidade anidra, não foi observada variação entre clones. Na variação dentro do clone, nota-se que o clone 1 apresentou o mesmo comportamento da densidade básica; no entanto, para o clone 2 pode-se afirmar que, em geral, a densidade anidra não variou significativamente entre topografias. Para esse clone, a região alta, independentemente da inclinação do terreno, produziu madeira de maior densidade anidra.

As variações de densidade encontradas dentro dos clones podem ser explicadas pelo estudo realizado por Ribeiro e Zani Filho (1993) que, ao analisar variações edafoclimáticas, entre locais de amostragem, concluíram que estas, afetaram a densidade básica da madeira de *E. grandis*. Os mesmos autores afirmam ainda que há decréscimo na densidade básica, com a melhoria das condições edafoclimáticas, observada no sentido norte-sul do Estado de São Paulo.

Para a comparação entre regiões, eliminou-se o efeito da topografia do terreno. Os valores de densidade da madeira e as diferenças entre médias para cada tratamento são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 - Valores médios da densidade básica e anidra da madeira determinados em três posições equidistantes (medula, centro e periferia) do disco para as duas regiões

Região	Densidade básica		Densidade anidra	
	Clone 1	Clone 2	Clone 1	Clone 2
<b>Baixa</b>	<b>0,47 A* a**</b> (0,026/5,54) <sup>1</sup>	<b>0,45 B b</b> (0,014/3,13)	<b>0,57 A a</b> (0,036/6,31)	<b>0,53 B b</b> (0,020/3,84)
<b>Alta</b>	<b>0,45 A a</b> (0,029/6,68)	<b>0,47 A a</b> (0,015/3,29)	<b>0,56 A a</b> (0,032/5,84)	<b>0,57 A a</b> (0,019/3,26)

\*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

\*\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

<sup>1</sup>Valores referentes a desvio padrão (g/cm<sup>3</sup>) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

De acordo com a Tabela 11, apenas na região baixa, para ambas as densidades, houve diferença significativa entre clones, sendo o clone 1 com maiores valores de densidade básica e anidra.

Tanto para a densidade básica como para a anidra, apenas o clone 2 apresentou diferença significativa entre regiões, sendo os maiores valores de densidade encontrados na região alta.



As variações de densidade encontradas dentro dos clone 2 pode ser explicada pelo estudo realizado por Santos (2005) que, ao estudar clones de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* com aproximadamente seis anos de idade, crescidos em local com incremento médio anual distintos de 47 e 38 m<sup>3</sup>/ha/ano, encontrou valores de densidade de 0,44 e 0,51 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente.

Ao analisar apenas a diferença entre clones, observa-se que não foram encontradas diferenças significativas entre os mesmos, tal fato pode ser observado na Tabela 12.

Tabela 12 - Valores médios da densidade básica e anidra da madeira determinados em três posições equidistantes (medula, centro e periferia) do disco para os dois clones

Clone	Densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )	Densidade anidra (g/cm <sup>3</sup> )
1	<b>0,46 a*</b> (0,030/6,35) <sup>1</sup>	<b>0,55 a</b> (0,034/6,04)
2	<b>0,47 a</b> (0,02/4,28)	<b>0,56 a</b> (0,03/5,26)

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

<sup>1</sup>Valores referentes a desvio padrão(g/cm<sup>3</sup>) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

Os valores de densidade básica observados para ambos os clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* estão de acordo com aqueles obtidos por Gonçalves (2006), Arango Alzate (2004) e Almeida (2003), que estudando clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* com idades variando de 5 a 10 anos, encontraram valores de densidade básica de 0,48, 0,49 e 0,50 g/cm<sup>3</sup> respectivamente.

A baixa variabilidade entre os materiais genéticos está relacionada com a intensidade das atividades de melhoramento genético que esses materiais vêm sofrendo, visando ao aumento da produtividade florestal.

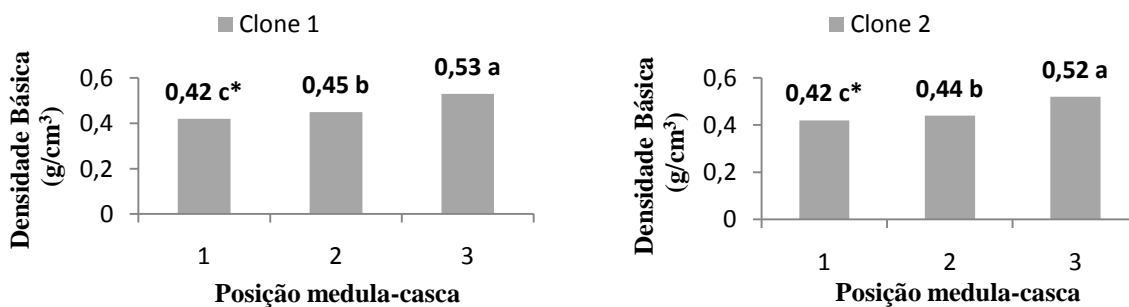
Desse modo, os resultados obtidos de densidade básica e apresentados nas Tabelas 9 e 12 podem ser considerados típicos para o material em questão.

### 4.3. VARIAÇÃO RADIAL DA DENSIDADE DA MADEIRA

A variação radial da densidade da madeira é devido à formação de três tipos de madeira, caracterizados por: (i) região medular, caracterizada pela baixa densidade e associada à madeira juvenil; (ii) região mais externa, próxima à casca, caracterizada por valores mais elevados de densidade, associada à madeira madura em árvores mais velhas; e (iii) região entre a medular e a parte mais externa, caracterizada por valores intermediários de densidade, associada à madeira de transição. O estudo dessa variação permite a indústria de base florestal selecionar espécies mais adequadas para cada tipo de produto final.

#### 4.3.1. Variação Radial da Densidade Básica Representada por Três Posições Equidistantes (Medula, Centro e Periferia)

A variação radial da densidade básica da madeira e as diferenças entre as médias podem ser observados nos gráficos da Figura 4.



\*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Figura 4 - Valores médios da densidade básica da madeira dos dois clones nas três posições radiais equidistantes (medula, centro e periferia).

A Figura 4 mostra que, em ambos os clones, a densidade básica aumenta significativamente no sentido medula - casca, sendo os maiores valores de densidade encontrados na posição 3 (próximos à casca).

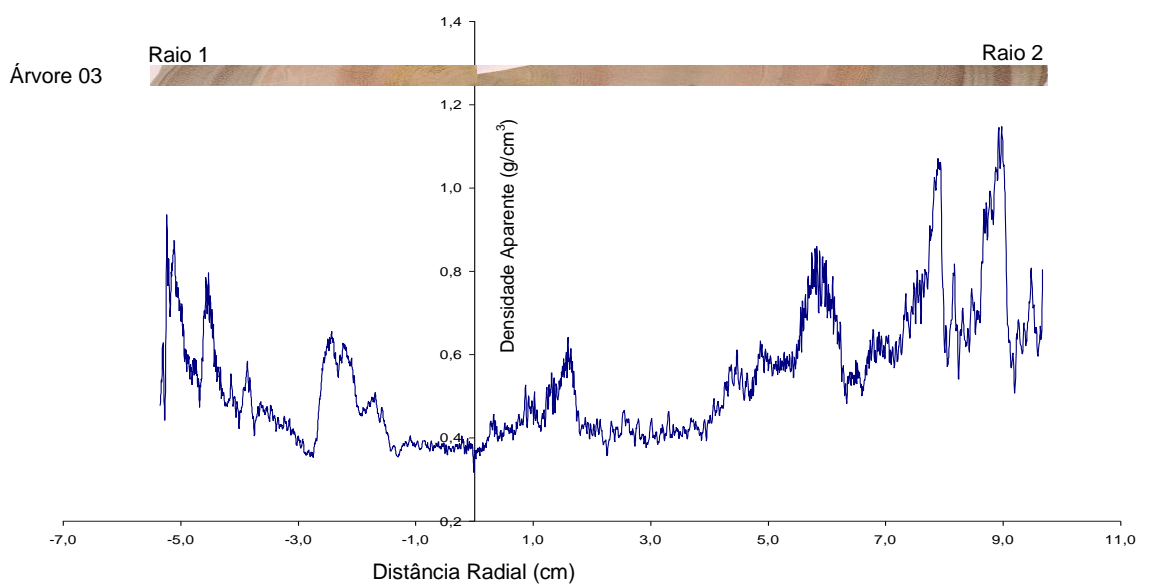
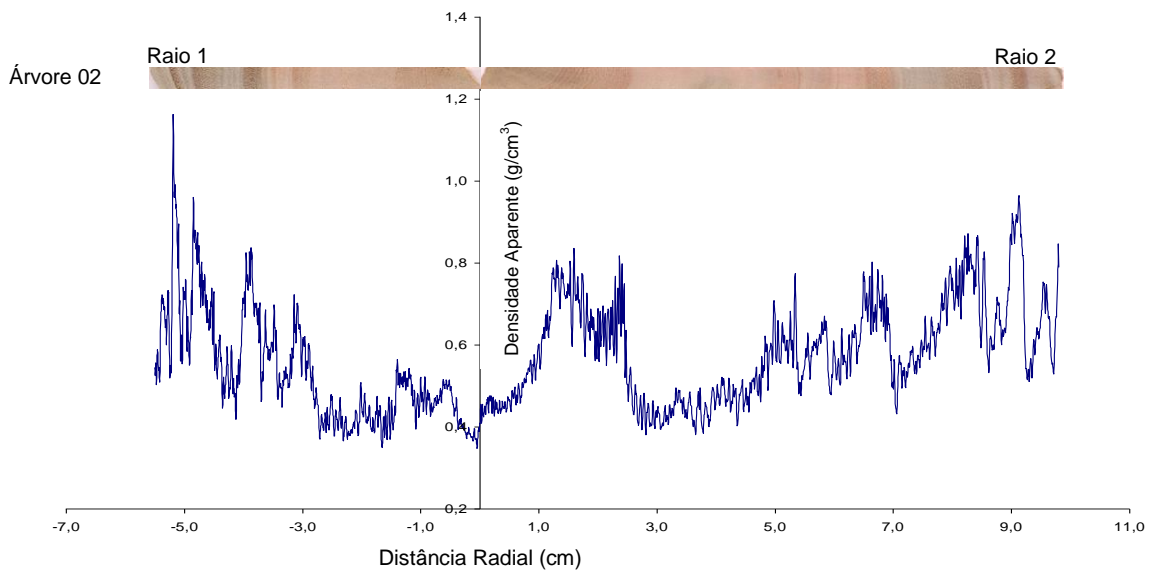
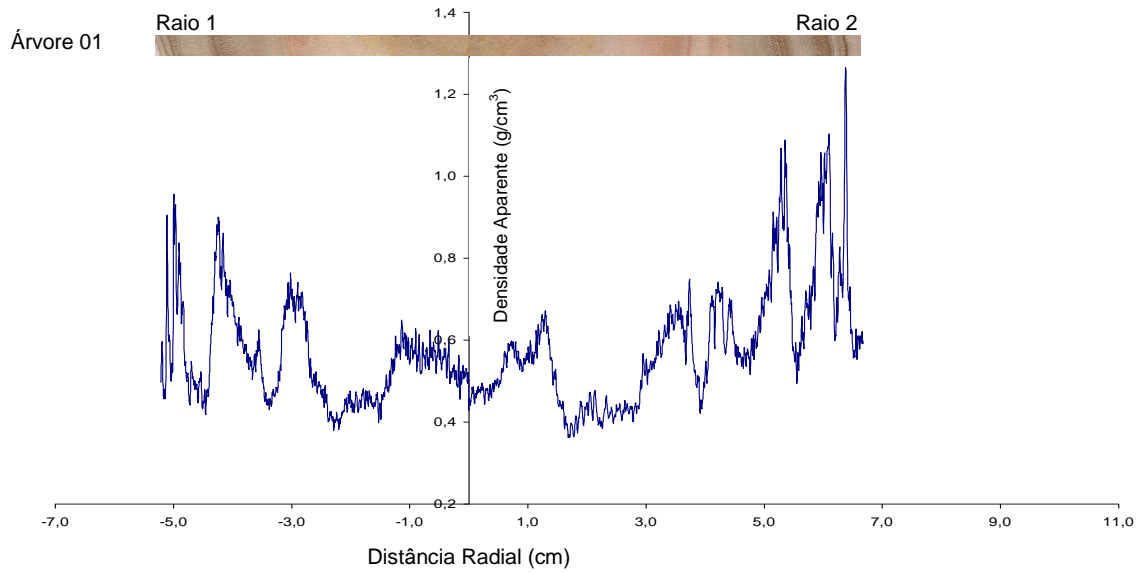
Esse resultado está de acordo com àquele encontrado por Gonçalves (2006) que, ao estudar o híbrido *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* com 5 anos e 8 meses de idade, observou uma tendência linear crescente da densidade básica da madeira na direção medula-casca. Trevisan et al. (2008) ao estudar a mesma espécie reforçam essa teoria, afirmando ter encontrado menores valores de densidade na região da medula, seguidos de acréscimo até a região mais periférica do tronco.

Diversos autores, estudando a densidade da madeira de *Eucalyptus*, observaram tendência de aumento bem definida para esta característica tecnológica no sentido radial Oliveira (1998), Lima et al. (2000), Oliveira e Silva (2003) e Silva et al. (2004). No entanto, Tomazello Filho (1985), ao investigar a madeira de *E. grandis* com 10 anos de idade, detectou um modelo de variação caracterizado pelo aumento da densidade básica da madeira no sentido medula-casca, com exceção do valor da densidade básica na posição 25% do raio.

Oliveira et al. (2005), ao pesquisarem a variação radial da densidade básica da madeira de sete espécies de eucalipto, observaram aumento dessa propriedade na direção medula-casca, em que cada espécie apresentou um perfil de variação distinto. Os mesmos autores ainda afirmam que, com relação à amplitude de variação da densidade básica, madeira mais homogênea foi verificada em *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus paniculata*, enquanto em *E. urophylla* e *E. grandis* observaram a formação de madeira mais heterogênea.

#### 4.3.2. Variação da Densidade Aparente pelo Uso da Técnica de Densitometria de Raios-X

Os perfis densitométricos das cinco árvores referentes ao tratamento 1 (clone 1 no local baixo/inclinado) são apresentados na Figura 5.



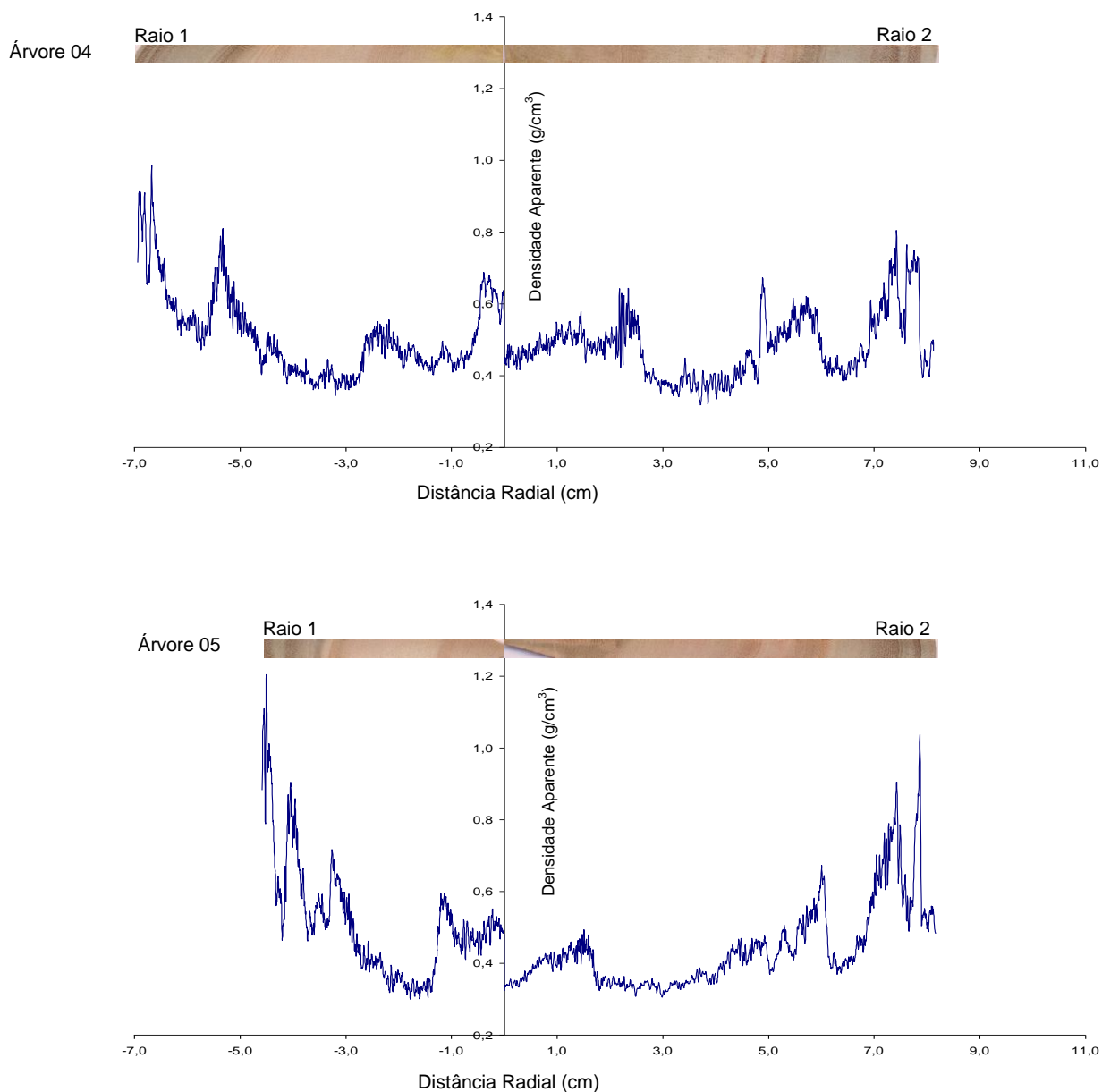
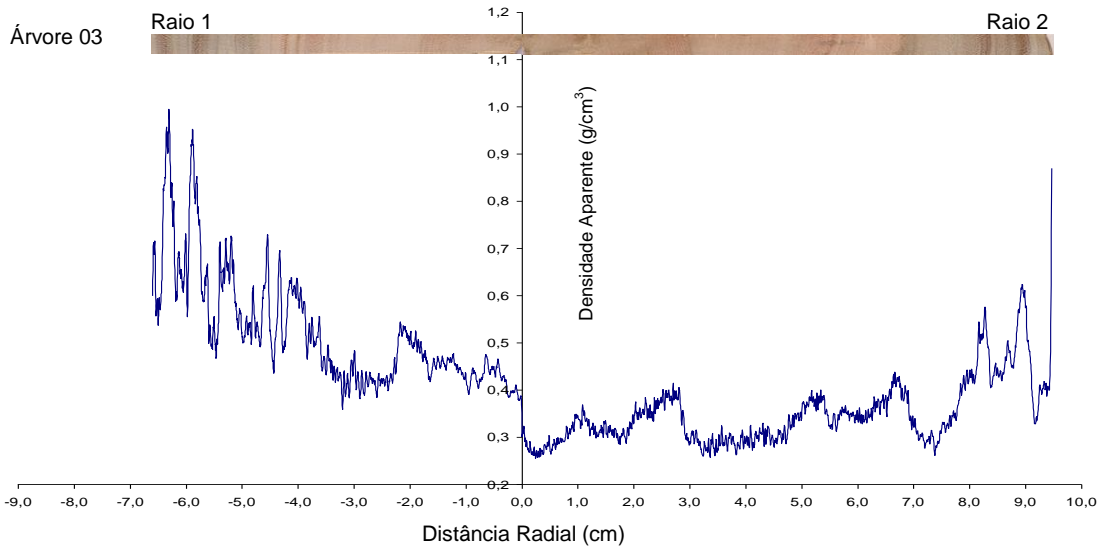
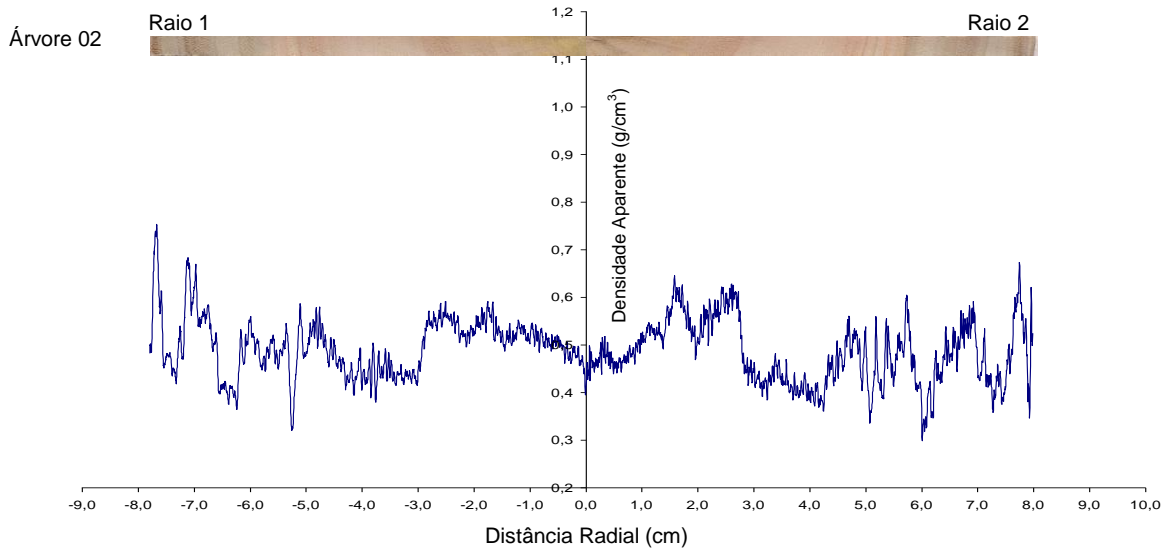
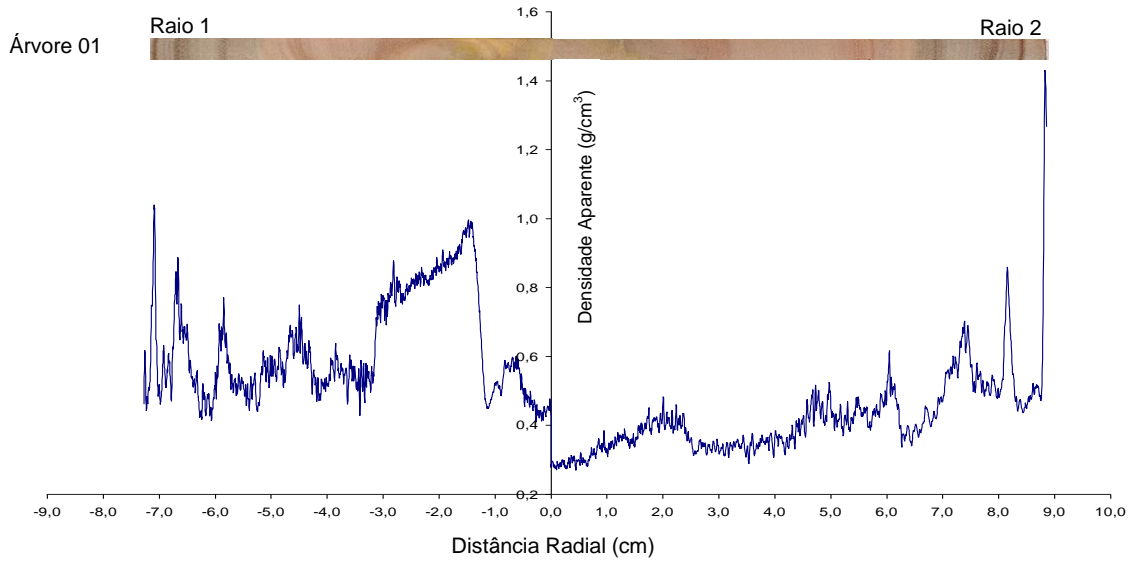


Figura 5 - Perfil densitométrico do clone 1, que cresceu no local baixo/inclinado.

Observando a Figura 5, nota-se que, com exceção do raio 2 da árvore 2, que apresentou um nó, o perfil densitométrico das árvores é bastante claro, apresentando nítida elevação da densidade no sentido medula-casca.

Os perfis densitométricos das cinco árvores referentes ao tratamento 2 (clone 1 no local baixo/plano) são apresentados na Figura 6.



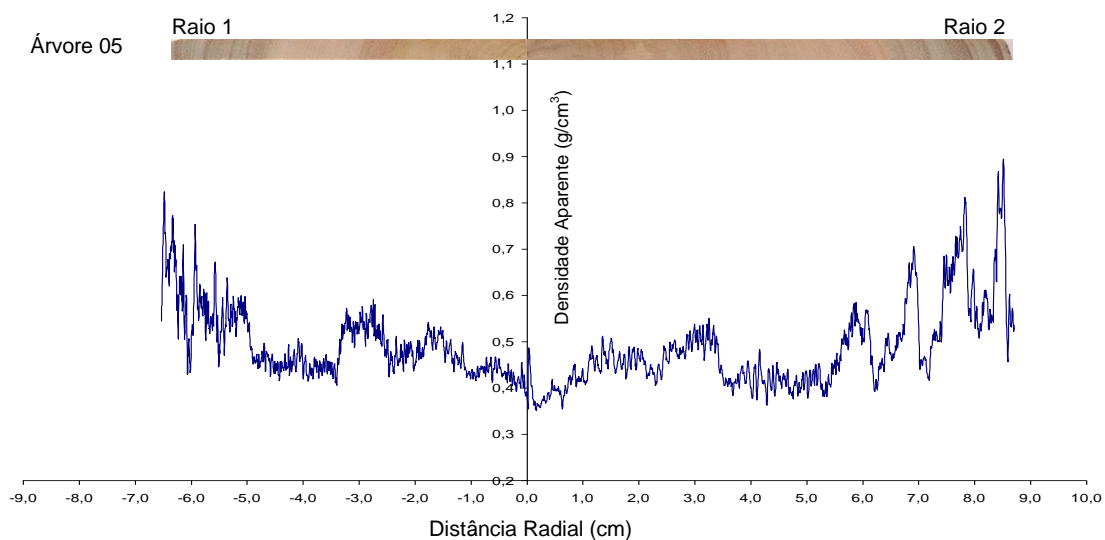
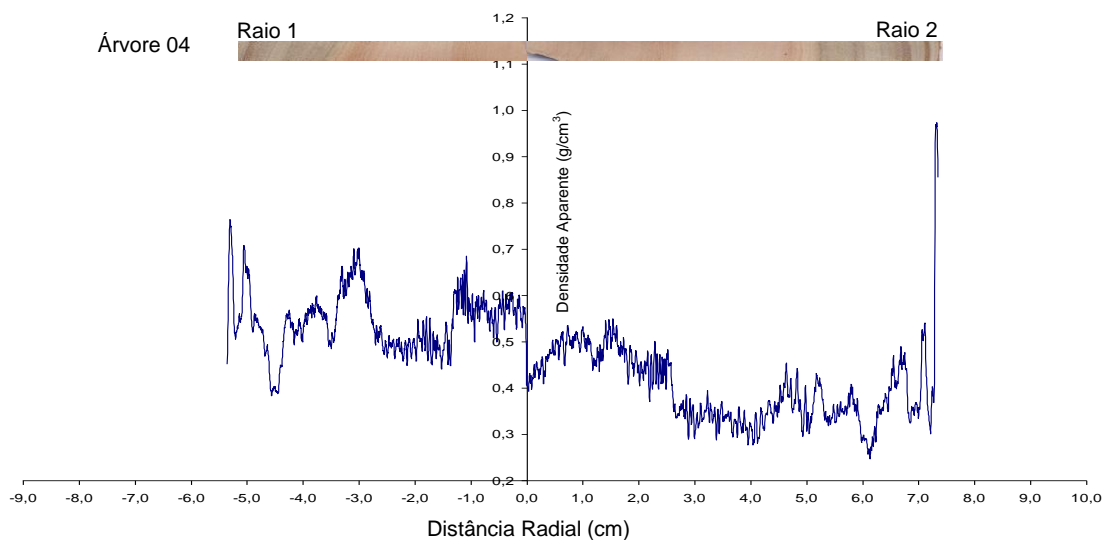
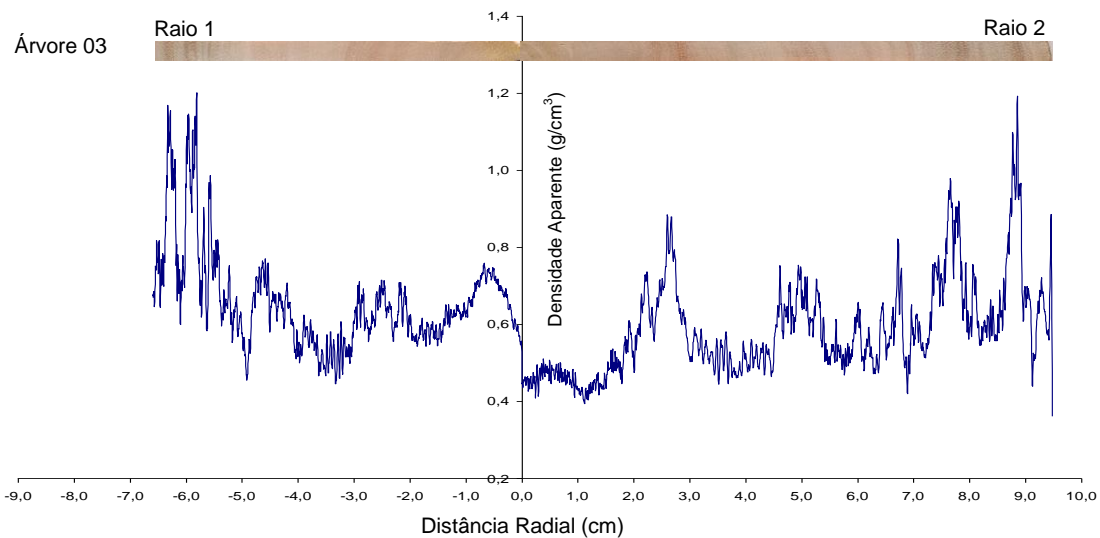
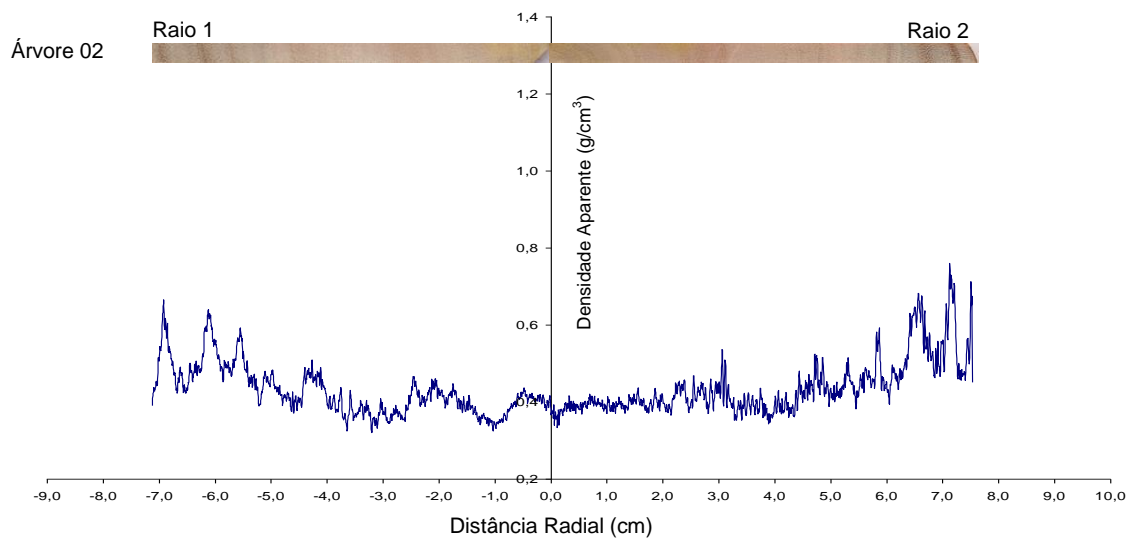
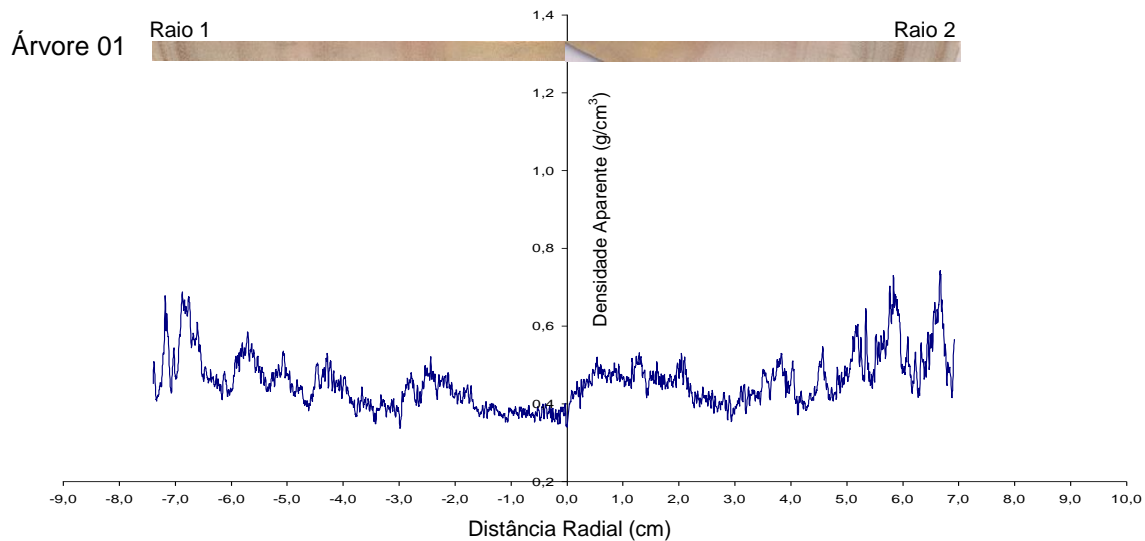


Figura 6 - Perfil densitométrico do clone 1 que cresceu no local baixo/plano.

Como pode ser notado na Figura 6, com exceção do raio 1 da árvore 1, que apresentou um nó e ao raio 1 da árvore 3, o perfil de variação da densidade mostrou-se mais uniforme que o tratamento 1 e com “picos” mais altos de densidade apenas nas proximidades da casca.

Os perfis densitométricos das cinco árvores referentes ao tratamento 3 (clone 1 no local alto/inclinado) são apresentados na Figura 7.





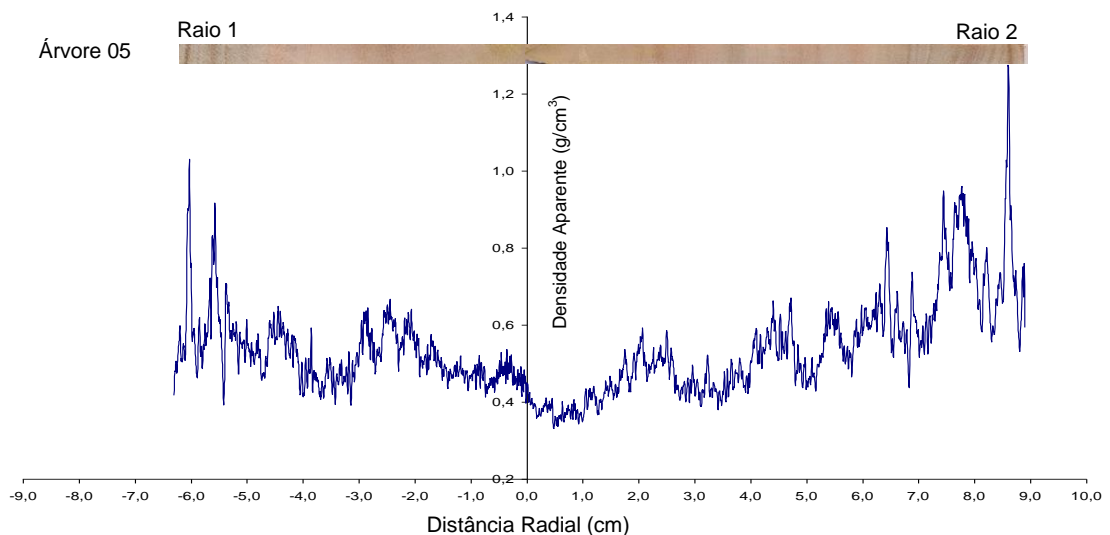
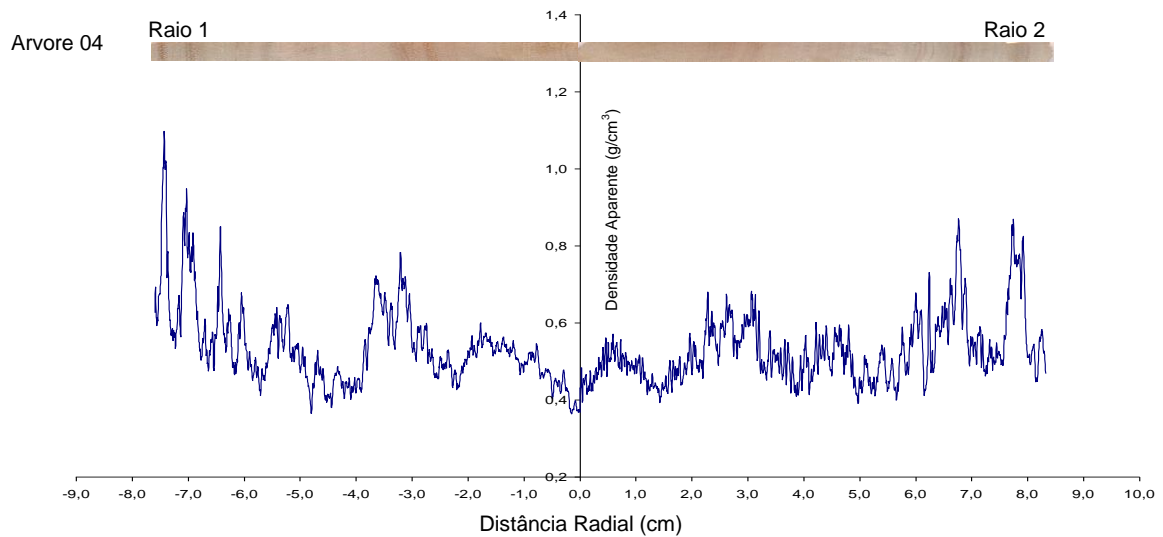
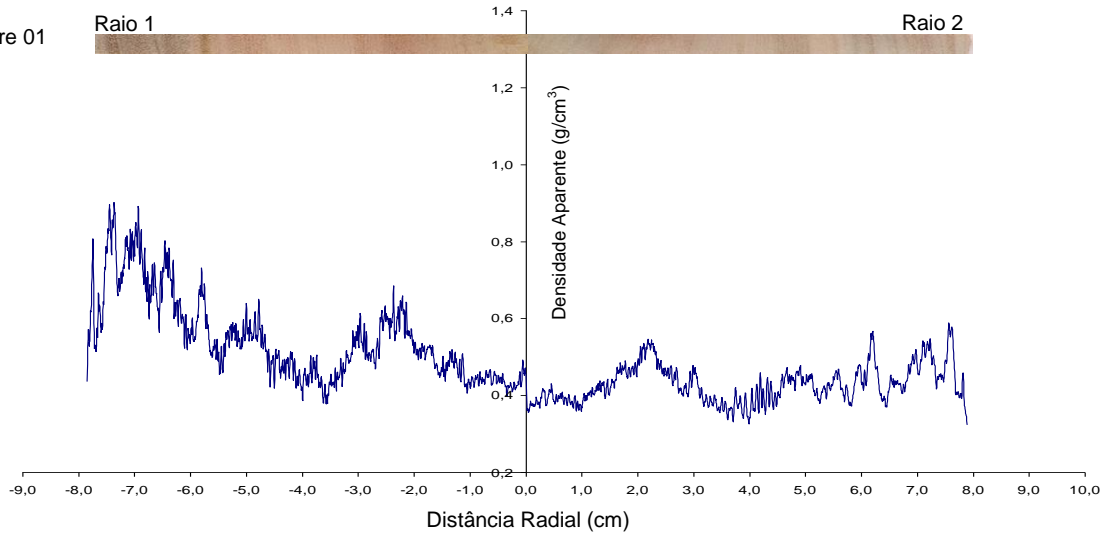


Figura 7 - Perfil densitométrico do clone 1, que cresceu no local alto/inclinado.

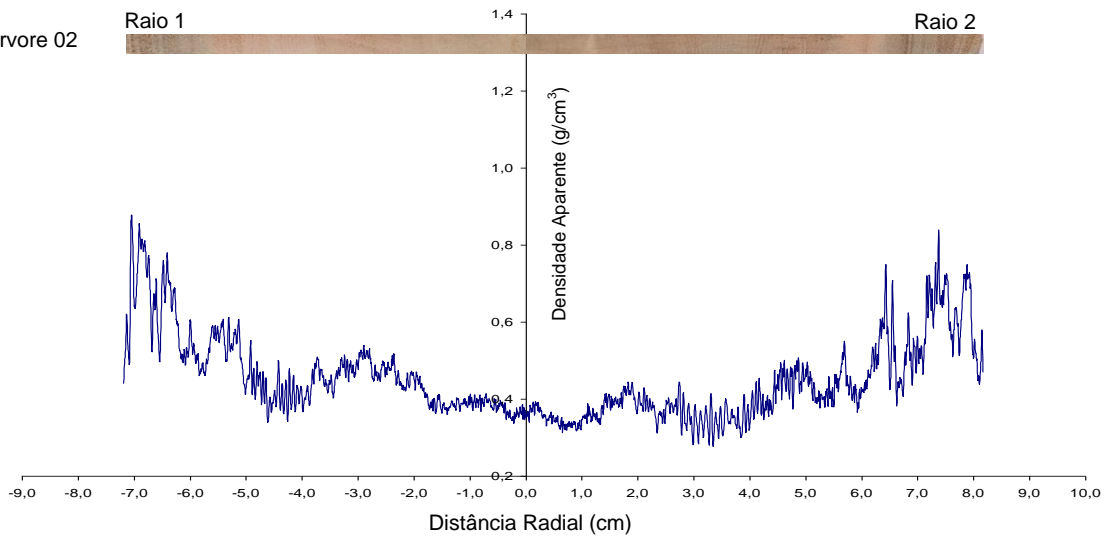
Na Figura 7, observa-se que as árvores 1 e 2 apresentam, em média, menores valores de densidade e possuem pouca variação no sentido medula-casca, e as árvores 3, 4 e 5 apresentam densidades médias mais elevadas e maior variação no sentido medula-casca.

Os perfis densitométricos das cinco árvores referentes ao tratamento 4 (clone 1 no local alto/plano) são apresentados na Figura 8.

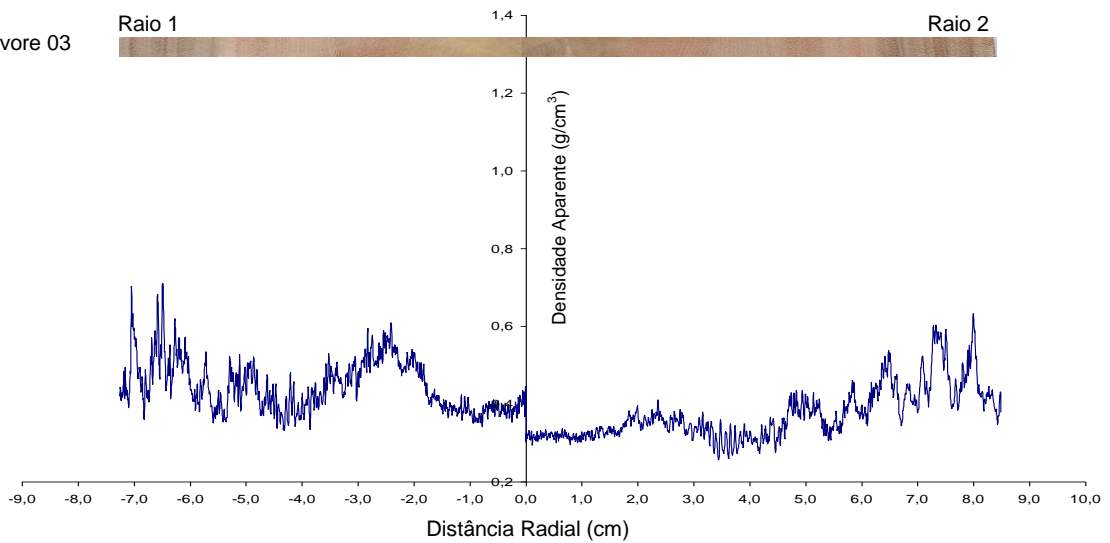
Árvore 01



Árvore 02



Árvore 03



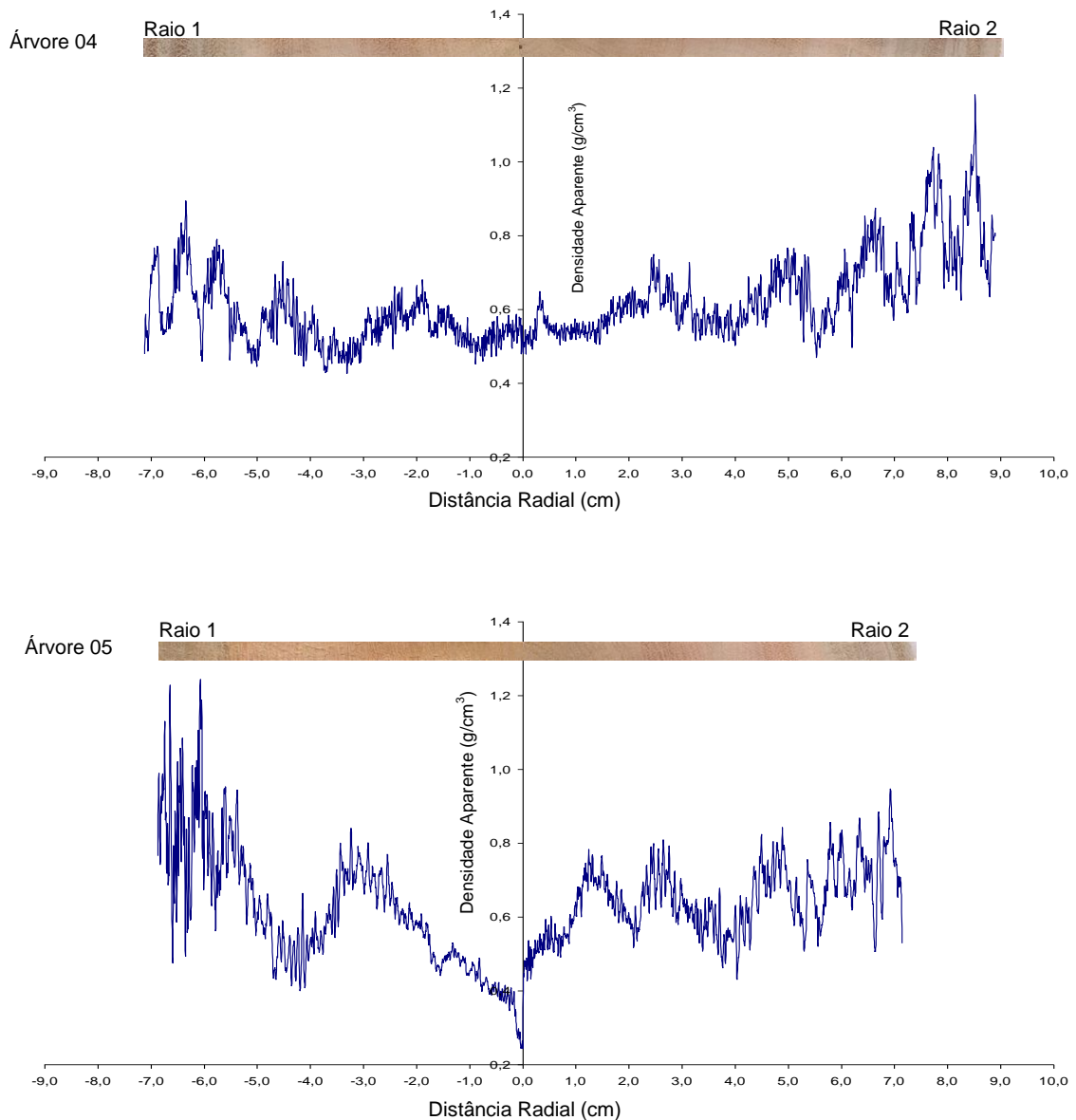
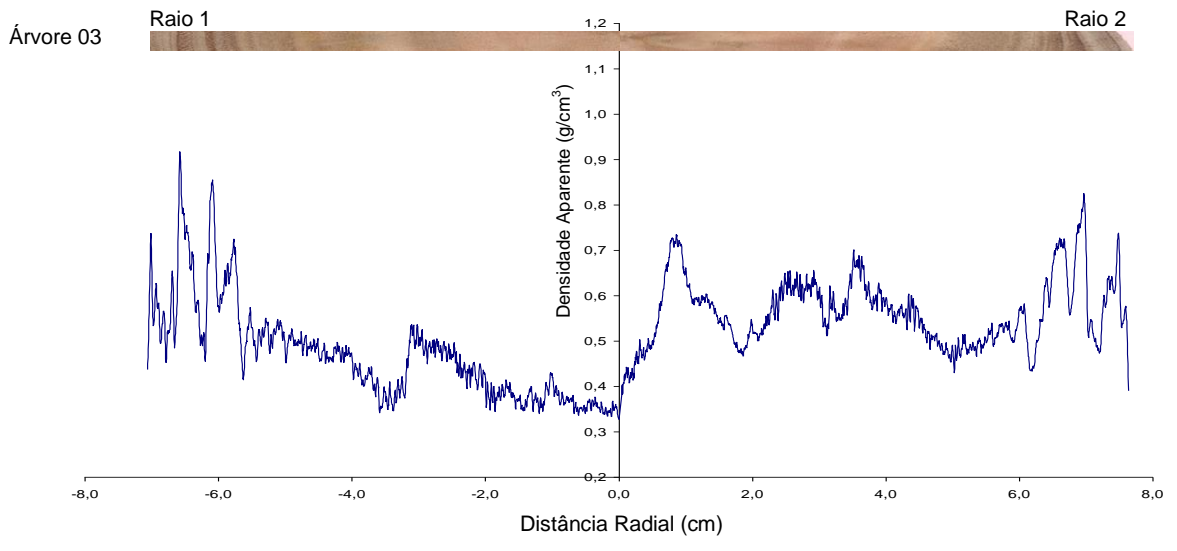
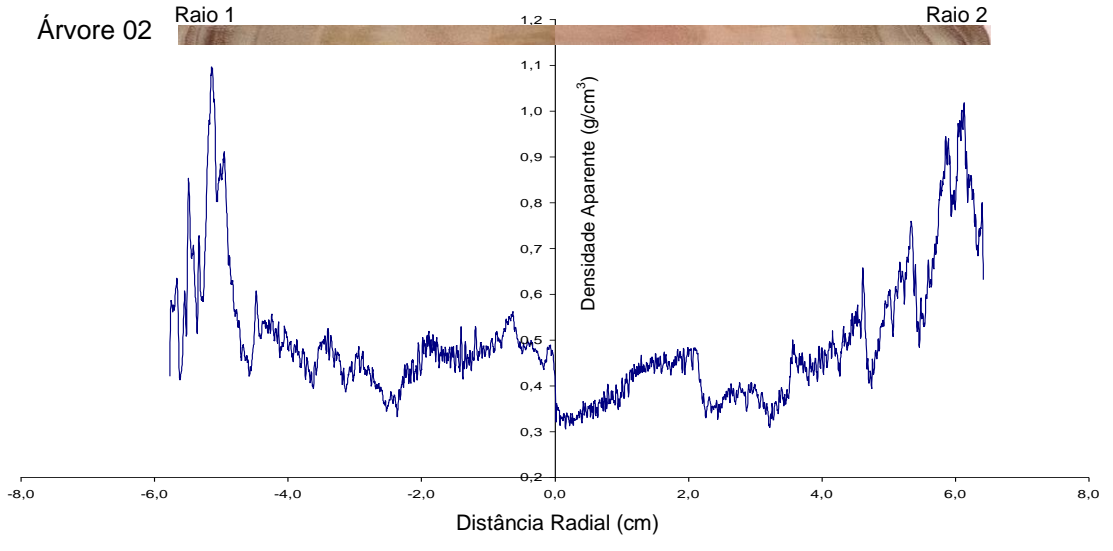
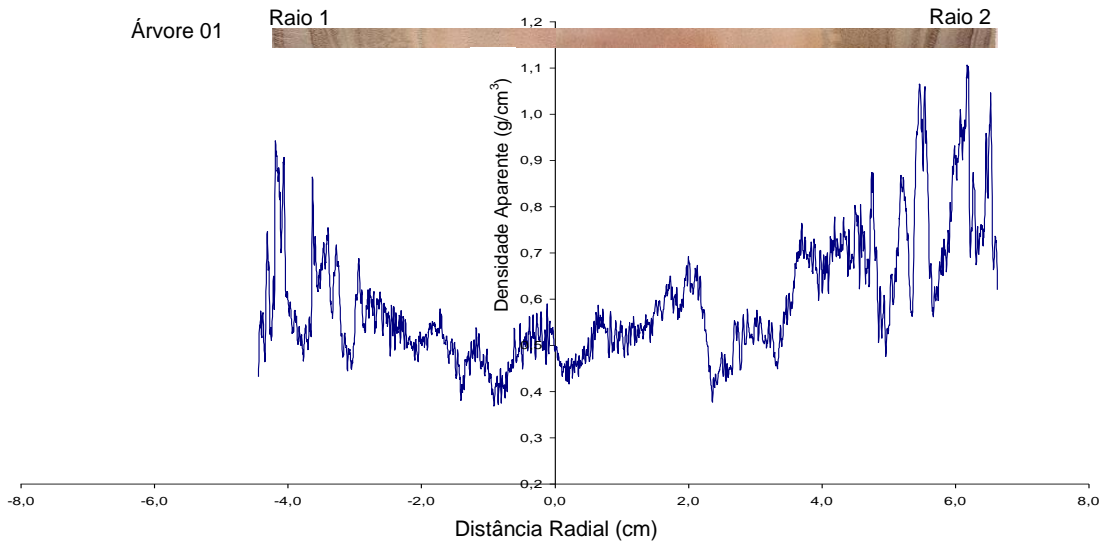


Figura 8 - Perfil densitométrico do clone 1, que cresceu no local alto/plano.

Na Figura 8, nota-se que as árvores 1, 2 e 3 apresentam menores densidades médias e perfil de variação no sentido medula-casca pequeno; as árvores 4 e 5 apresentam densidades médias mais elevadas que as demais, e seus perfis de variação no sentido medula-casca mostram-se diferentes entre si.

Os perfis densitométricos das cinco árvores referentes ao tratamento 5 (clone 2 no local baixo/inclinado) são apresentados na Figura 9.



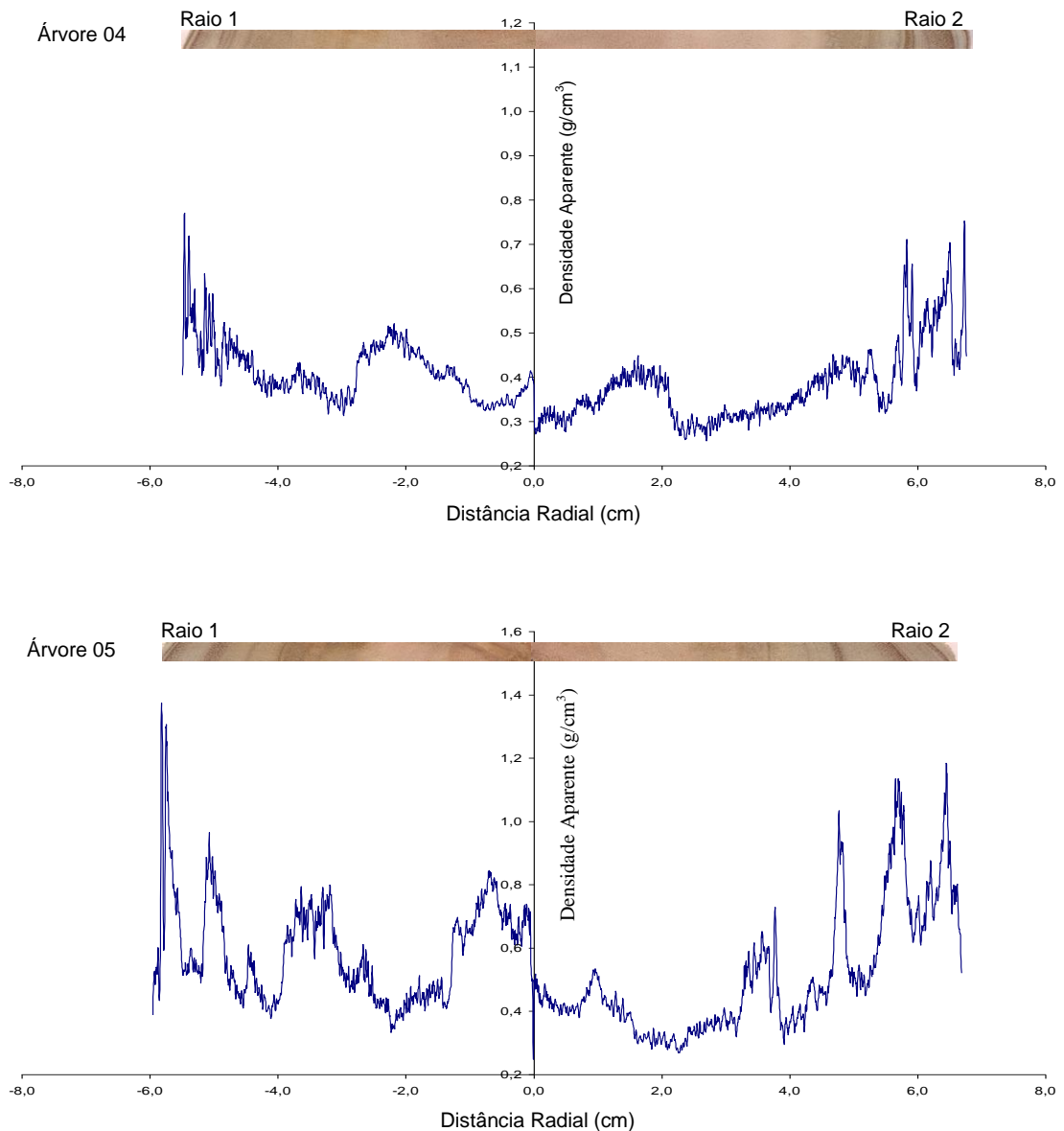
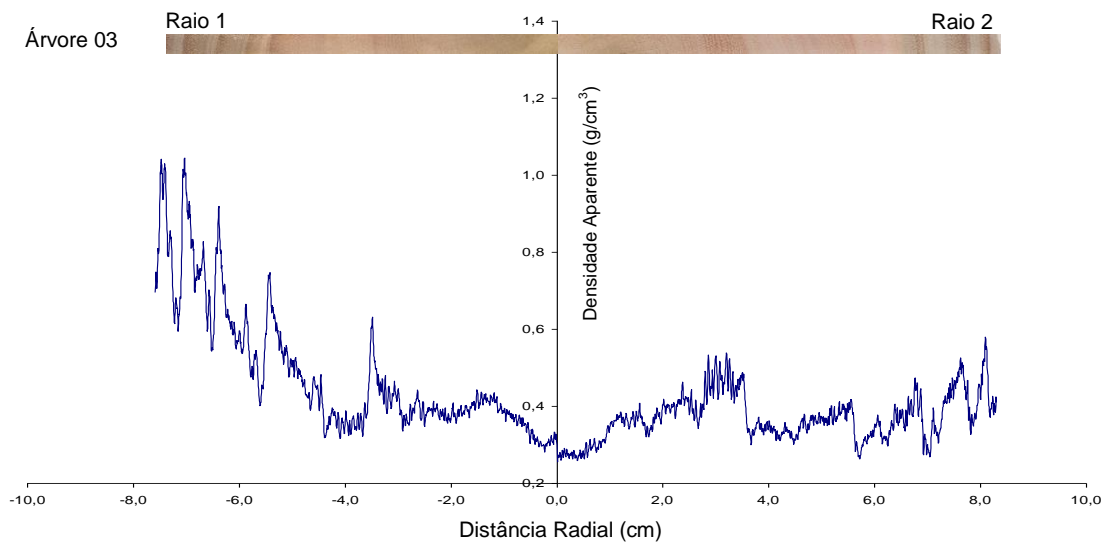
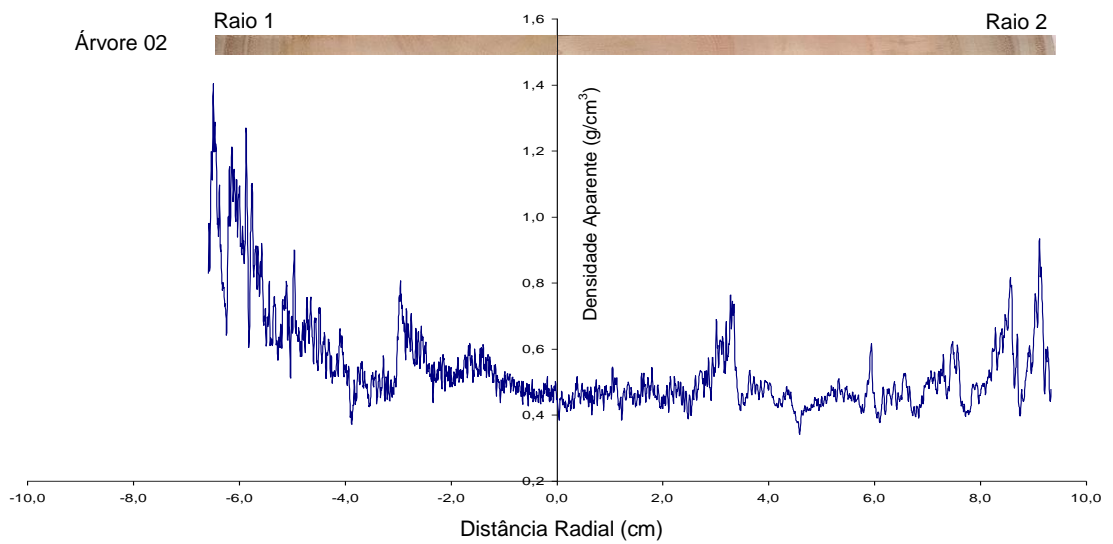
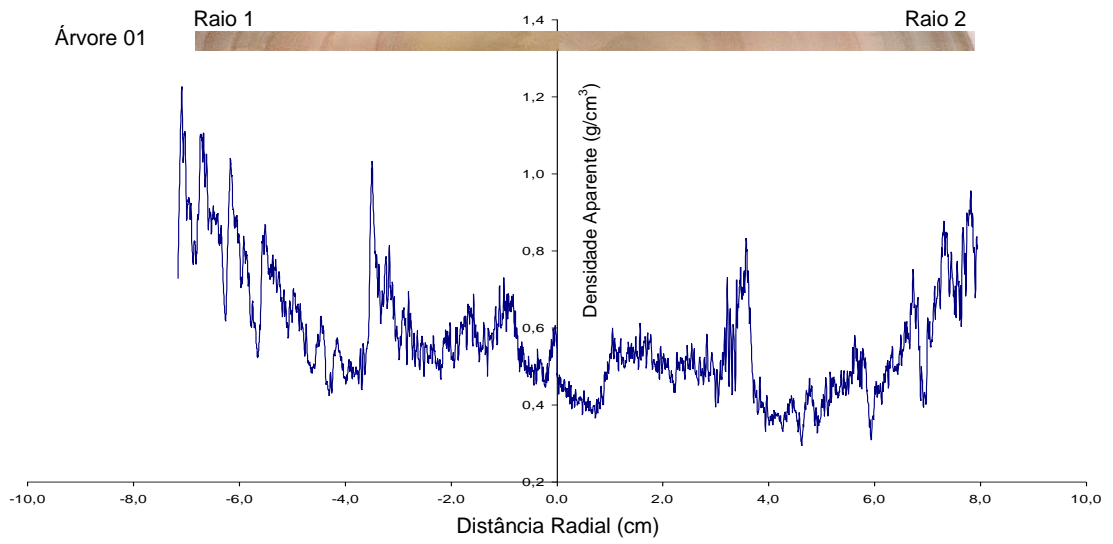


Figura 9 - Perfil densitométrico do clone 2, que cresceu no local baixo/inclinado.

Na Figura 9, observa-se que o perfil densitométrico das árvores são similares e com nítido aumento no sentido medula-casca. Vale ressaltar ainda que, em média, a árvore 4 apresentou menores valores de densidade.

Os perfis densitométricos das cinco árvores referentes ao tratamento 6 (clone 2 no local baixo/plano) são apresentados na Figura 10.



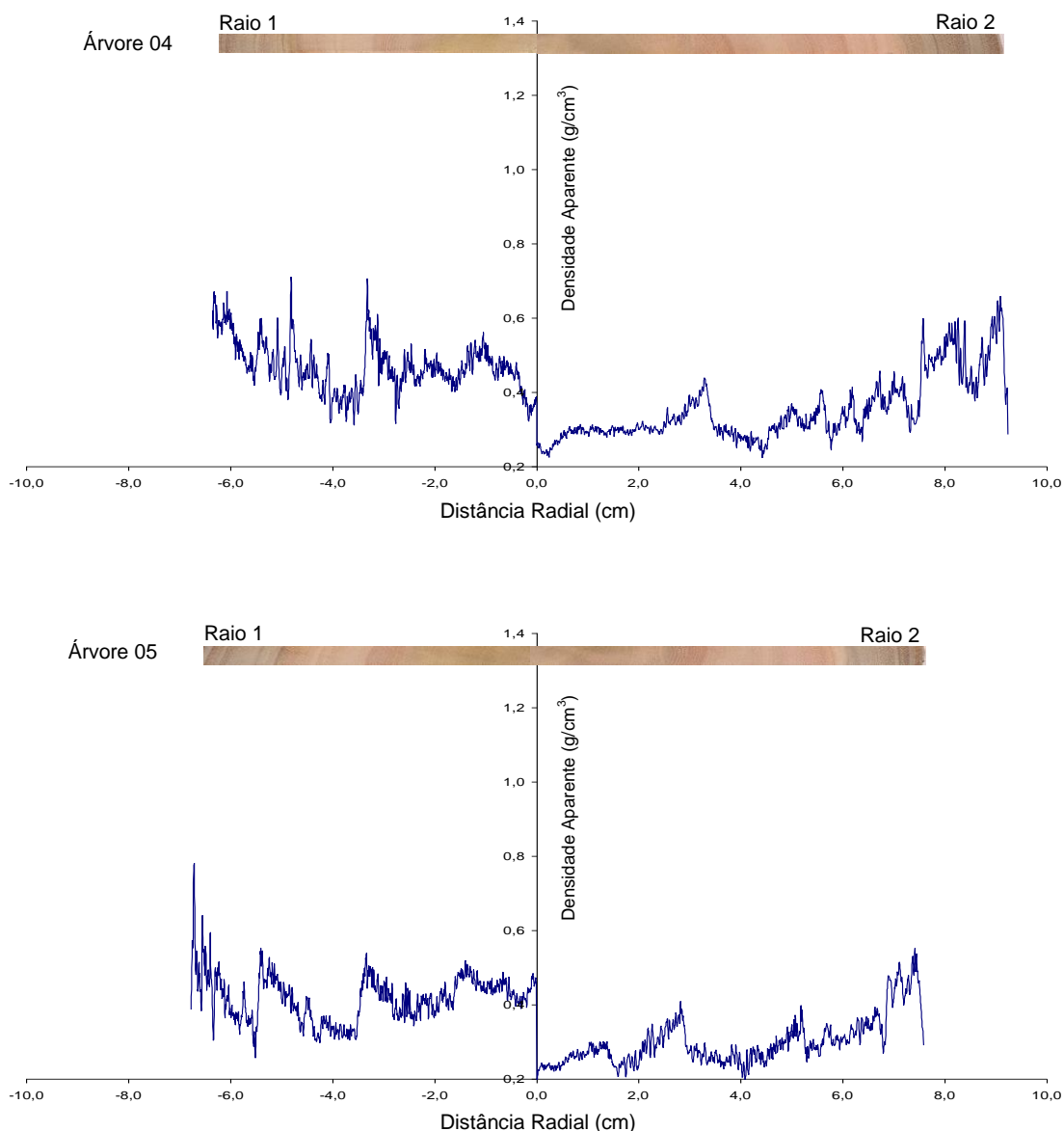
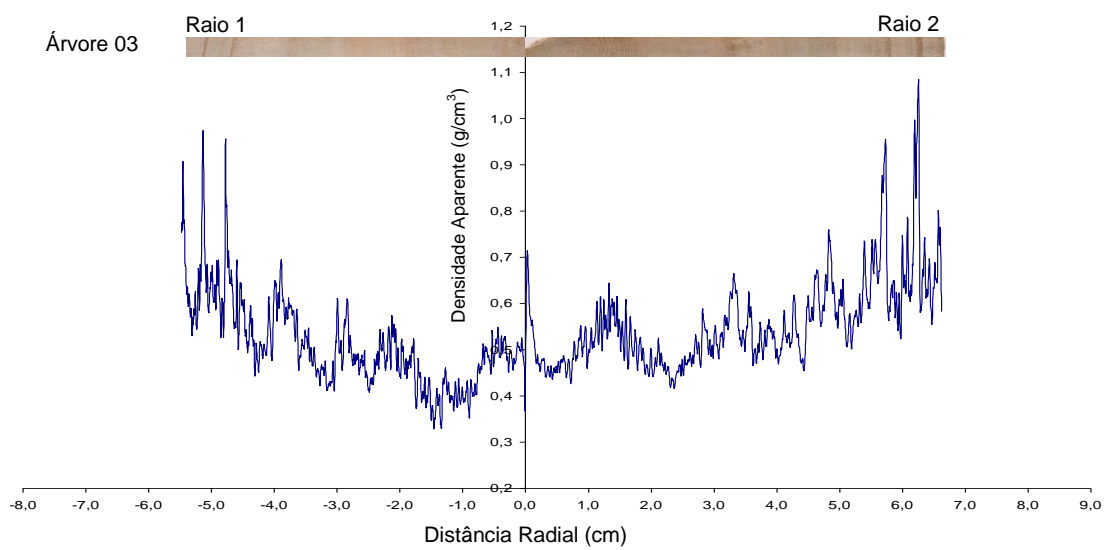
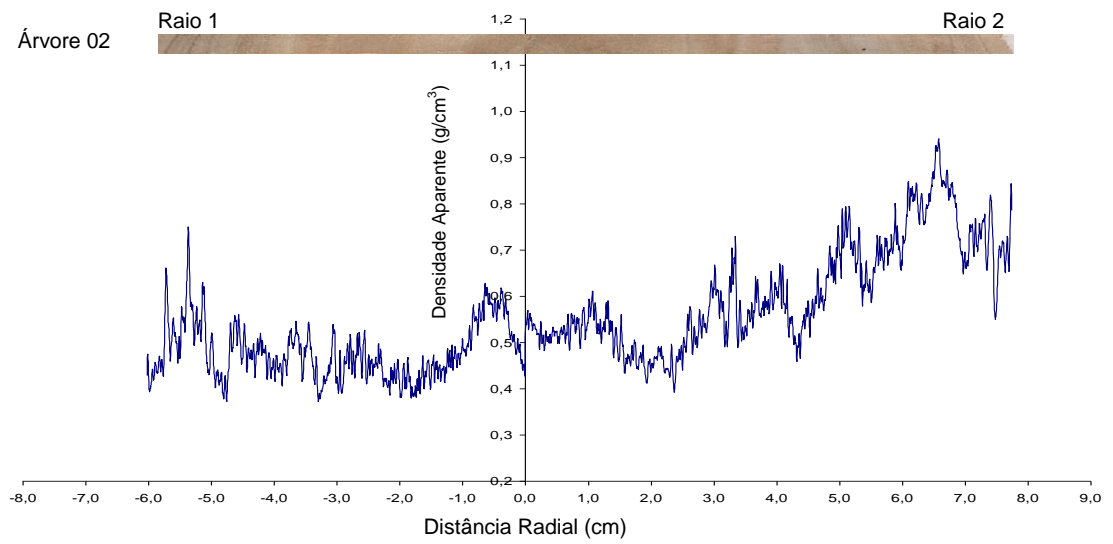
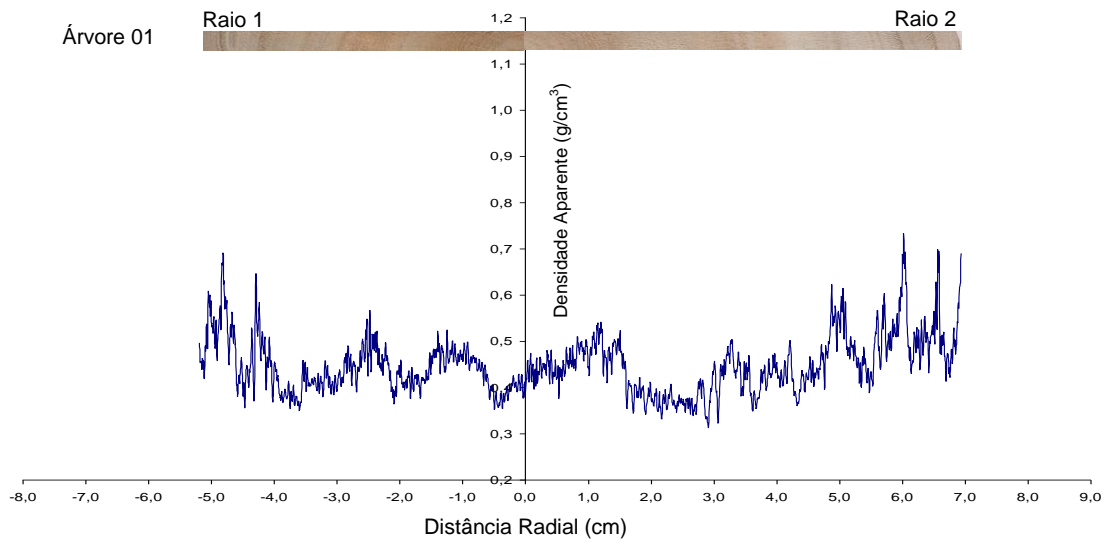


Figura 10 - Perfil densitométrico do clone 2, que cresceu no local baixo/plano.

Na Figura 10, observa-se que as árvores 1, 2 e 3 apresentam os mesmos perfis densitométricos, com nítido aumento no sentido medula-casca, ainda nota-se que o raio 1 apresenta densidade média superior ao raio 2. O comportamento das árvores 4 e 5 são similares entre si; porém, apresenta-se distinto às demais, sendo que as mesmas apresentam menor nitidez de aumento da densidade no sentido medula-casca; entretanto, o raio 1 continua a apresentar maior densidade quando comparado ao raio 2.

Os perfis densitométricos das cinco árvores referentes ao tratamento 7 (clone 2 no local alto/inclinado) são apresentados na Figura 11.





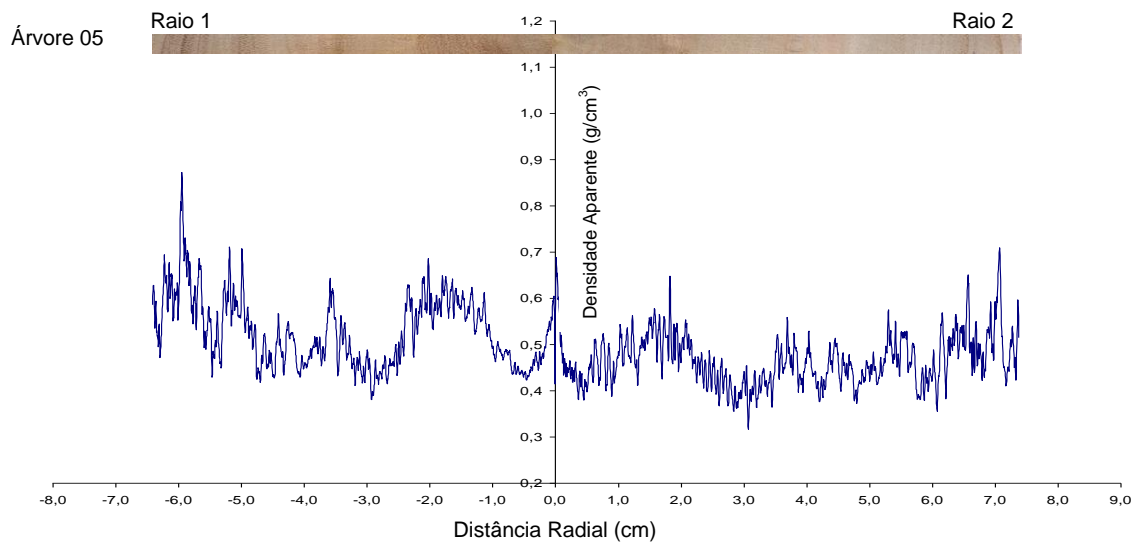
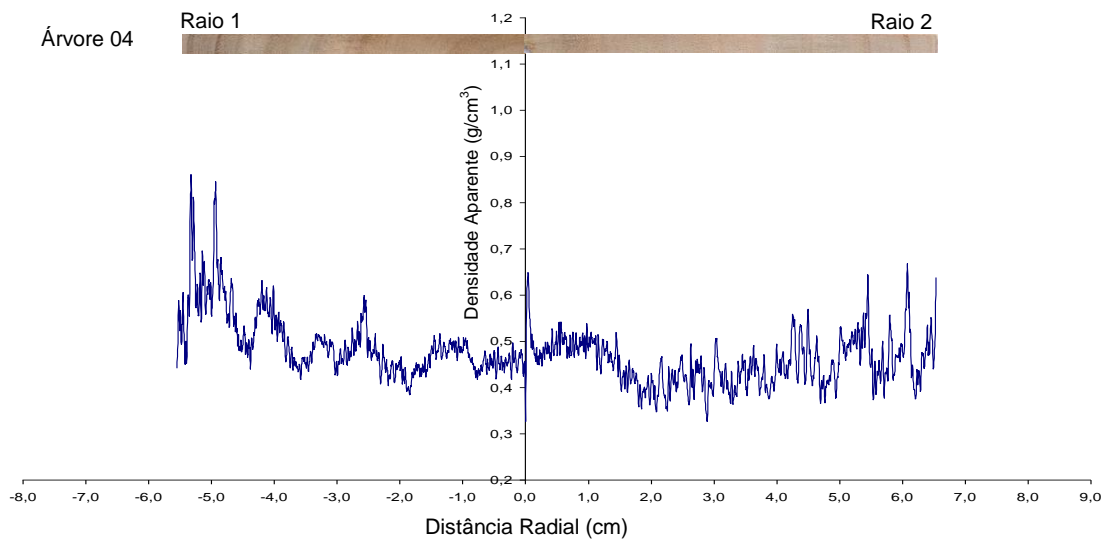
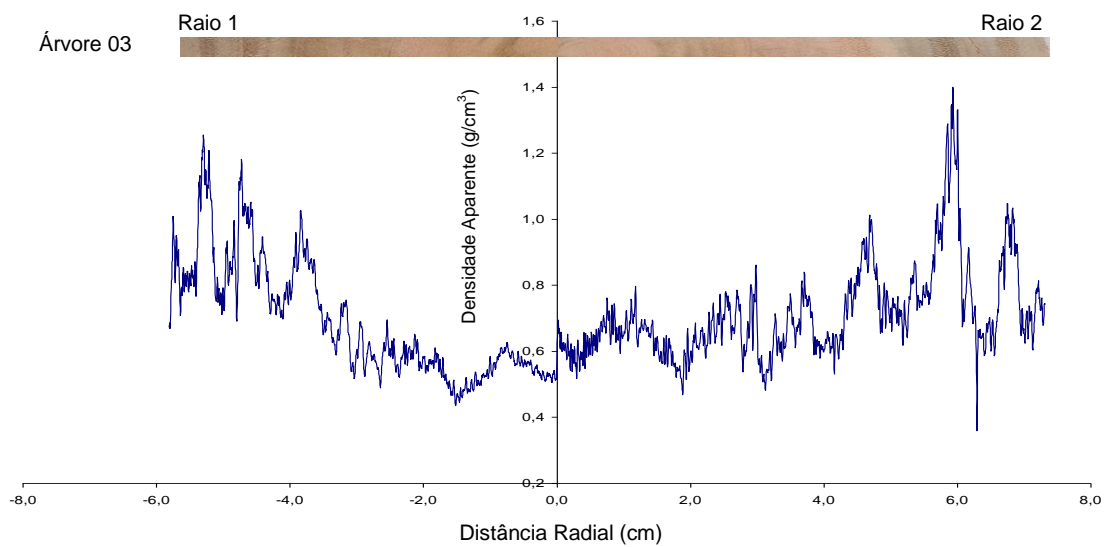
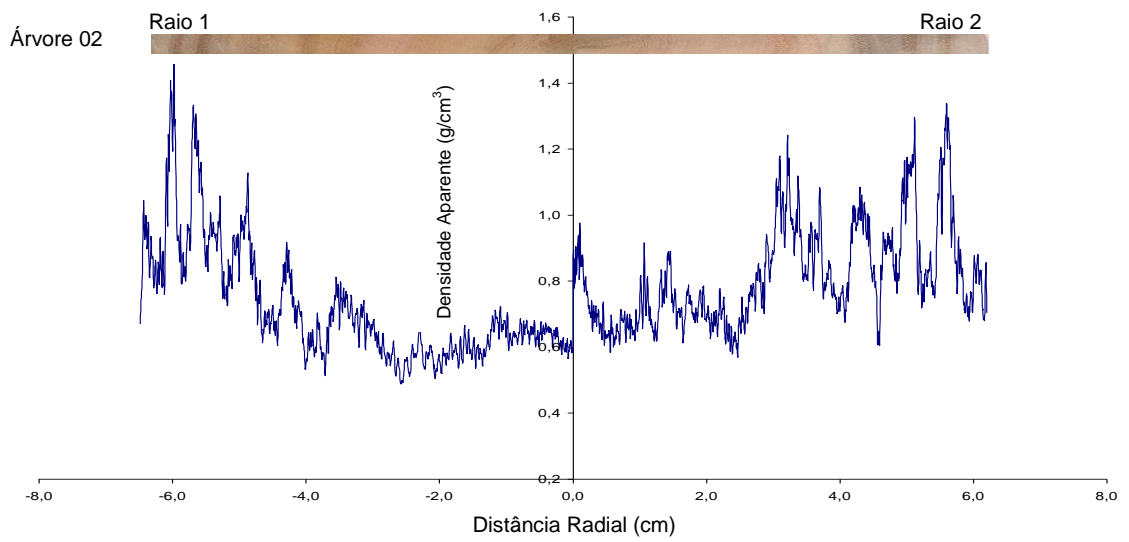
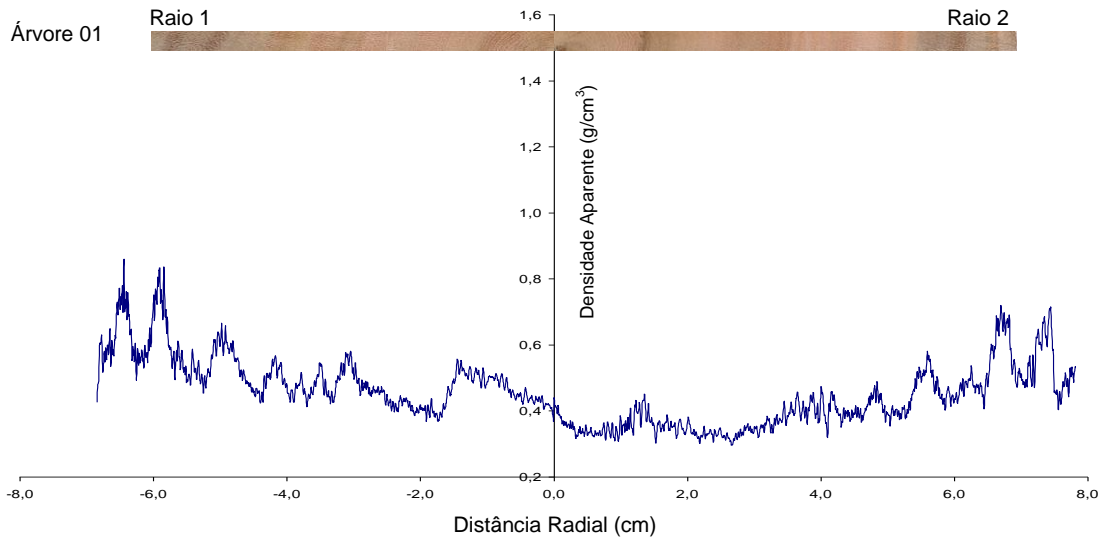


Figura 11 - Perfil densitométrico do clone 2, que cresceu no local alto/inclinado.

Analisando a Figura 11, nota-se que os perfis densitométricos são similares entre as árvores do tratamento.

Os perfis densitométricos das cinco árvores referentes ao tratamento 8 (clone 2 no local alto/plano) são apresentados na Figura 12.



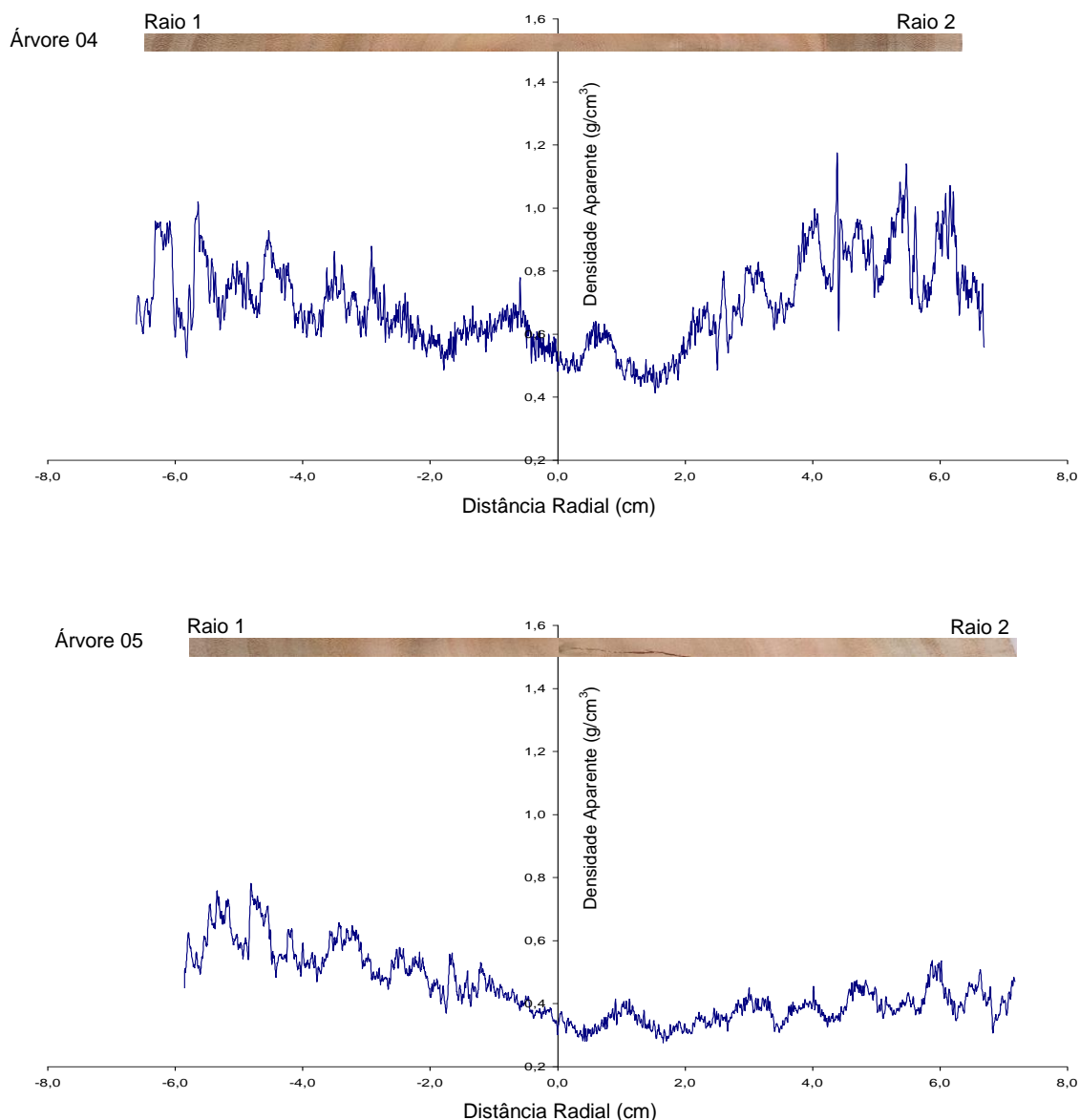


Figura 12 - Perfil densitométrico do clone 2, que cresceu no local alto/plano.

Na Figura 12, nota-se que os perfis densitométricos são similares entre as árvores do tratamento. Em termos de valores médios de densidades, as árvores 1 e 5 apresentam menores valores quando comparadas às demais.

Ao observar os gráficos das Figuras 5 a 12, nota-se que, mesmo tratando-se de clones, que cresceram no mesmo local, existe uma nítida diferença entre as árvores. Nota-se, também, um nítido aumento da densidade aparente no sentido medula-casca, tal fato já era esperado devido ao amadurecimento das células cambiais, que com o tempo passam a produzir células com maiores dimensões. Essa afirmação é confirmada no item 4.3.1, em que é expressa a variação da densidade básica e anidra por amostras

retiradas no sentido medula-casca e ainda no item 4.5, em que se observa o expressivo aumento da espessura da parede das fibras no sentido medula-casca, sendo essa característica a principal responsável pelo aumento da densidade.

Esses dados estão de acordo com os encontrados por Arango Alzate (2004) e Duarte (2007), que caracterizando a variação da densidade aparente por densitometria de raios X nas espécies *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*, observaram aumento no sentido medula-casca.

Os valores de densidade aparente da madeira e as diferenças entre médias para cada tratamento são apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 - Variação da densidade aparente entre locais obtida pela técnica de densitometria de raios X

Local	Densidade Aparente (g/cm <sup>3</sup> )					
	Raio 1		Raio 2		Média (raios 1 e 2)	
	Clone 1	Clone 2	Clone 1	Clone 2	Clone 1	Clone 2
<b>Baixo/Inclinado</b>	(0,30/1,20) <sup>1</sup> <b>0,52A*a**</b> (0,02/4,44) <sup>2</sup>	(0,13/1,37) <b>0,51 A a</b> (0,06/12,72)	(0,08/1,27) <b>0,53 A a</b> (0,06/12,05)	(0,26/1,18) <b>0,51 A a</b> (0,09/17,93)	(0,30/1,27) <b>0,53 A a</b> (0,04/7,44)	(0,25/1,37) <b>0,51 A a</b> (0,07/13,59)
<b>Baixo/Plano</b>	(0,16/1,04) <b>0,54 A a</b> (0,05/9,19)	(0,26/1,40) <b>0,53 A a</b> (0,10/18,50)	(0,25/1,43) <b>0,42 A a</b> (0,06/13,29)	(0,20/0,96) <b>0,40 A a</b> (0,09/22,80)	(0,19/1,43) <b>0,48 A a</b> (0,03/5,80)	(0,20/1,40) <b>0,47 A a</b> (0,09/20,35)
<b>Alto/Inclinado</b>	(0,32/1,20) <b>0,52 A a</b> (0,09/17,69)	(0,32/0,97) <b>0,49 A a</b> (0,03/6,77)	(0,33/1,27) <b>0,51 A a</b> (0,06/11,07)	(0,31/1,08) <b>0,51 A a</b> (0,07/14,05)	(0,32/1,27) <b>0,52 A a</b> (0,07/14,28)	(0,31/1,08) <b>0,50 A a</b> (0,04/7,94)
<b>Alto/Plano</b>	(0,24/1,24) <b>0,54 A a</b> (0,07/13,51)	(0,30/1,46) <b>0,63 A a</b> (0,10/16,18)	(0,24/1,18) <b>0,51 A a</b> (0,13/26,29)	(0,28/1,40) <b>0,60 A a</b> (0,20/32,35)	(0,24/1,24) <b>0,52 A a</b> (0,10/18,98)	(0,28/1,46) <b>0,62 A a</b> (0,15/24,17)

\*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

\*\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

<sup>1</sup>Valores referentes a mínimo e máximo, respectivamente.

<sup>2</sup>Valores referentes a desvio padrão(g/cm<sup>3</sup>) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

De acordo com a Tabela 13, não houve variação significativa entre clones e dentro do clone para os diversos locais amostrados. Tal fato se deve, principalmente, aos altos valores de coeficientes de variação apresentados em alguns locais.

Os valores médios de densidade aparente obtidos neste trabalho, por densitometria de raios X para o clone 2 no local alto/inclinado, estão

semelhantes aos encontrados por Duarte (2007), que utilizando densitometria de raios X em *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*, com idades variando de 5 a 6 anos, encontrou densidades médias variando de 0,58 a 0,64 g/cm<sup>3</sup>.

Para a comparação entre regiões, eliminou-se o efeito da topografia do terreno. Os valores de densidade da madeira e as diferenças entre médias para cada tratamento são apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 - Variação da densidade aparente entre regiões obtida pela técnica de densitometria de raios X

Região	Densidade Aparente (g/cm <sup>3</sup> )					
	Raio 1		Raio 2		Total	
	Clone 1	Clone 2	Clone 1	Clone 2	Clone 1	Clone 2
Baixa	(0,16/1,20) <sup>1</sup>	(0,13/1,40)	(0,08/1,43)	(0,20/1,18)	(0,19/1,43)	(0,20/1,40)
	<b>0,53A*a**</b>	<b>0,52 A a</b>	<b>0,48 A a</b>	<b>0,46 A a</b>	<b>0,50 A a</b>	<b>0,49 A a</b>
	(0,04/7,07) <sup>2</sup>	(0,08/15,32)	(0,08/16,86)	(0,10/22,78)	(0,04/7,98)	(0,08/16,69)
Alta	(0,24/1,24)	(0,30/1,46)	(0,24/1,27)	(0,28/1,40)	(0,24/1,27)	(0,28/1,46)
	<b>0,53 A a</b>	<b>0,56 A a</b>	<b>0,51 A a</b>	<b>0,56 A a</b>	<b>0,52 A a</b>	<b>0,56 A a</b>
	(0,08/14,86)	(0,10/17,83)	(0,10/18,95)	(0,15/26,55)	(0,08/15,87)	(0,12/21,39)

\*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

\*\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

<sup>1</sup>Valores referentes a mínimo e máximo, respectivamente.

<sup>2</sup>Valores referentes a desvio padrão(g/cm<sup>3</sup>) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

Como pode ser observado na Tabela 14, não houve variação significativa entre clones e dentro do clone para os diversos locais amostrados. Tal fato se deve, principalmente, aos altos valores de coeficientes de variação apresentados em alguns locais.

Em geral, os resultados encontrados estão consoantes com àqueles obtidos por Arango Alzate (2004), que ao estudar o híbrido *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* com faixa etária de 10 anos, encontrou valores médios de densidade aparente obtidos por densitometria de raios X de 0,54g/cm<sup>3</sup>.

Analisando-se apenas os dois clones, não foram notadas diferenças estatísticas entre os mesmos, a de 5% de significância, como pode ser observado na Tabela 15.

Tabela 15 - Variação da densidade aparente entre clones obtida pela técnica de densitometria de raios X

Clones	Densidade Aparente (g/cm <sup>3</sup> )		
	Raio 1	Raio 2	Total
1	(0,16/1,24) <sup>1</sup>	(0,08/1,43)	(0,19/1,43)
	<b>0,53 a</b> (0,06/11,32) <sup>2</sup>	<b>0,49 a</b> (0,09/17,81)	<b>0,51 a</b> (0,06/12,42)
2	(0,13/1,46)	(0,20/1,40)	(0,20/1,46)
	<b>0,54 a</b> (0,09/16,75)	<b>0,51 a</b> (0,13/26,61)	<b>0,52 a</b> (0,11/20,28)

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

<sup>1</sup>Valores referentes a mínimo e máximo, respectivamente.

<sup>2</sup>Valores referentes a desvio padrão (g/cm<sup>3</sup>) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

#### 4.4. ANATOMIA DA MADEIRA

O conhecimento do arranjo estrutural dos elementos anatômicos que compõem a madeira é de fundamental importância para sua compreensão e desenvolvimento nos processos de transformação. Nesse sentido, avaliou-se, qualitativamente e quantitativamente, a estrutura anatômica da madeira dos dois clones estudados.

##### 4.4.1. Descrição Anatômica Qualitativa da Madeira do Clone 1

###### Caracteres gerais

A madeira seca ao ar possui uma coloração rosado-clara, 7.5YR 7/4 de acordo com Munsell (1957). Possui cerne e alburno distintos, com alburno estreito de 2,16cm de largura. Possui textura média com grã direita a ligeiramente inclinada, superfície com brilho moderado. A madeira é macia ao corte manual no plano transversal, possui cheiro e odor imperceptível, apresentando baixa densidade (massa específica aparente básica igual a 0,48 g/cm<sup>3</sup>).

## Descrição macroscópica

A madeira apresenta poros/vasos pouco visíveis a olho nu, com raros contendo tilas. Possui parênquima axial paratraqueal vasicêntrico escasso, visível somente sob lente de 10 aumentos. O parênquima radial (raios) é visível sob lente de 10 aumentos no topo, e poucos visíveis mesmo sob lente na face tangencial. Camadas de crescimento são indistintas.

## Descrição microscópica

Os poros/vasos possuem distribuição difusa, solitários predominantes com raros múltiplos de 2-3, com arranjo diagonal e placa de perfuração simples. Quanto à frequência, são poucos numerosos, (8 – 15 por  $\text{mm}^2$ , média de 11,67 poros por  $\text{mm}^2$  e desvio padrão de 1,50 poros por  $\text{mm}^2$  e coeficiente de variação de 12,88%. São de tamanho médio com diâmetro tangencial médio de 111,27  $\mu\text{m}$  variando de 90,27 a 122,97  $\mu\text{m}$ , com desvio padrão de 7,50  $\mu\text{m}$  e coeficiente de variação de 6,74%.

Parênquima axial do tipo paratraqueal vasicêntrico escasso e apotraqueal difuso.

Os raios são homocelulares, formados por células procumbentes, possuindo estrutura não estratificada, predominantemente unisseriados, com largura variando de 10,40 a 12,47  $\mu\text{m}$ , com média de 11,11  $\mu\text{m}$ , desvio padrão de 0,63  $\mu\text{m}$  e coeficiente de variação de 5,66. A altura de raios varia de 197,62 a 220,878  $\mu\text{m}$ , com média de 263,76  $\mu\text{m}$ , desvio padrão de 18,18  $\mu\text{m}$  e coeficiente de variação de 6,89%. Quanto à frequência, são numerosos, variando de 11 a 14 poros/ $\text{mm}^2$ , com média de 12,16 poros/ $\text{mm}^2$ , desvio padrão de 0,71 poros/ $\text{mm}^2$  e coeficiente de variação de 5,86%.

As fibras são do tipo fibrotraqueídeos e libriformes, com paredes delgadas a espessas. O comprimento varia entre 0,94 a 1,15 mm (curtas), com média de 1,05 mm, desvio padrão de 0,55 mm e coeficiente de variação de 5,20%. A largura varia entre 15,75 a 19,16  $\mu\text{m}$ , com média de 17,25  $\mu\text{m}$ , desvio padrão de 0,88  $\mu\text{m}$  e coeficiente de variação de 5,11%, sendo o diâmetro médio do lume de 11,02  $\mu\text{m}$ , variando de 9,35 a 12,83  $\mu\text{m}$ , desvio padrão de 1,58  $\mu\text{m}$  e coeficiente de variação de 9,60%; e espessura média da

parede celular de  $3,11\mu\text{m}$ , variando de  $2,76$  a  $3,68\ \mu\text{m}$ , com desvio padrão de  $0,22\ \mu\text{m}$  e coeficiente de variação de  $7,09\%$ .

A estrutura anatômica nos três planos de observação do xilema secundário da madeira do clone 1 é apresentada nas fotomicrografias da Figura 13.

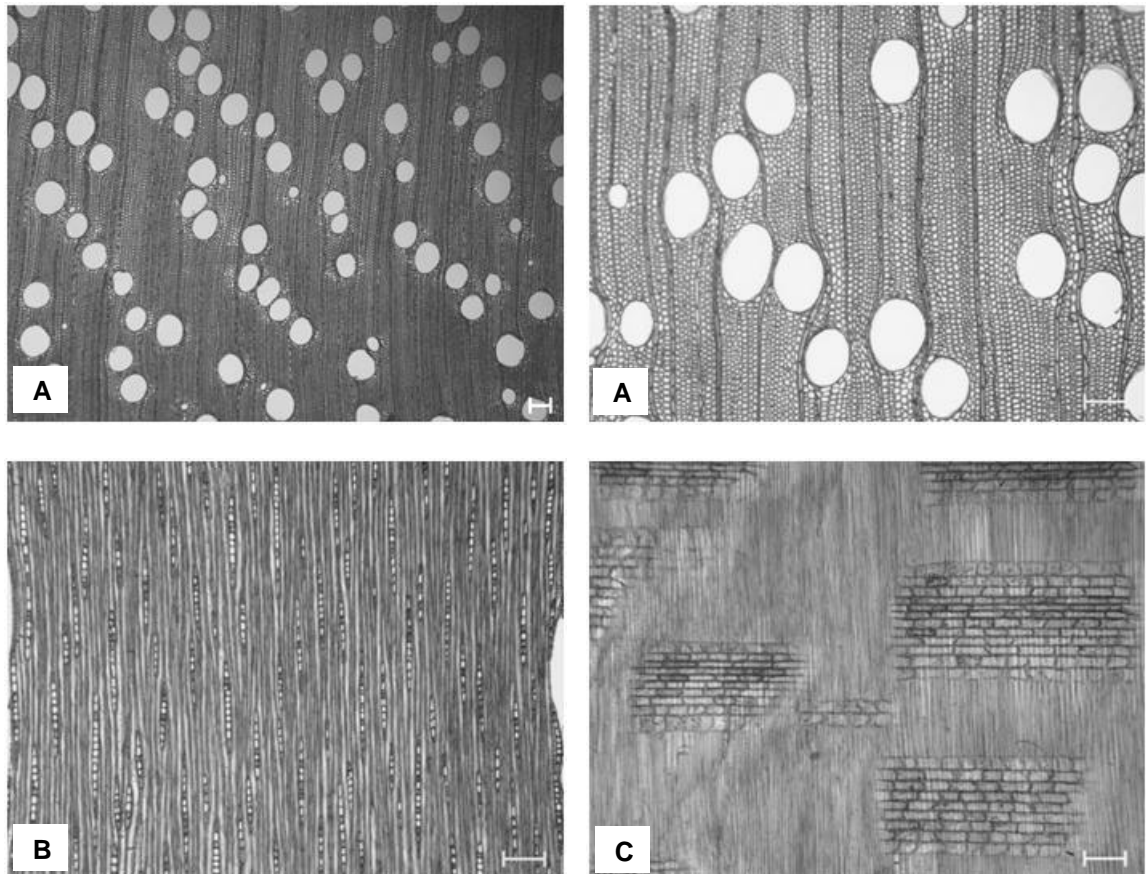


Figura 13 – Fotomicrografia ilustrando os três planos de observação da estrutura anatômica da madeira do clone 1. A e B plano transversal, C plano longitudinal tangencial e D plano longitudinal radial. Escala =  $100\ \mu\text{m}$ .



#### 4.4.2. Descrição Anatômica Qualitativa da Madeira do Clone 2

##### Caracteres gerais

A madeira seca ao ar possui uma coloração rosado-clara, 7.5YR 7/4 de acordo com Munsel (1957). Possui cerne e alborno distintos, com alborno estreito de 2,27 cm de largura. Possui textura média com grã direita a ligeiramente inclinada, superfície com brilho moderado. A madeira é macia ao corte manual no plano transversal, possui cheiro/odor imperceptível, apresentando baixa densidade (massa específica aparente básica igual a 0,47 g/cm<sup>3</sup>).

##### Descrição macroscópica

A madeira apresenta poros/vasos pouco visíveis a olho nu, com raros contendo tilas. Possui parênquima axial paratraqueal vasicêntrico escasso, visível somente sob lente de 10 aumentos. O parênquima radial (raios) é visível sob lente de 10 aumentos no topo, e pouco visível mesmo sob lente na face tangencial. Camadas de crescimento são indistintas.

##### Descrição microscópica

Os poros/vasos possuem distribuição difusa, solitários predominantes com raros múltiplos de 2-3, com arranjo diagonal e placa de perfuração simples. Quanto à frequência são poucos numerosos 11 – 15 por mm<sup>2</sup>, média de 13,27 poros por mm<sup>2</sup> e desvio padrão de 1,35 poros por mm<sup>2</sup> e coeficiente de variação de 10,18%. São de tamanho médio com diâmetro tangencial médio de 118,31 µm, variando de 101,00 a 139,03 µm, desvio padrão de 9,56 µm e coeficiente de variação de 8,08%.

Parênquima axial do tipo paratraqueal vasicêntrico escasso e apotraqueal difuso.

Os raios são homocelulares, formados por células procumbentes, possuindo estrutura não estratificada, predominantemente unisseriados, com largura variando de 10,45 a 12,37 µm, com média de 11,57 µm, desvio padrão

de 0,56  $\mu\text{m}$  e coeficiente de variação de 4,84%. A altura de raios varia de 246,62 a 300,70  $\mu\text{m}$ , com média de 272,01  $\mu\text{m}$ , desvio padrão de 17,12  $\mu\text{m}$  e coeficiente de variação de 6,29%. Quanto à frequência, são numerosos, variando de 11 a 13 poros/ $\text{mm}^2$  com média de 12,36 poros/ $\text{mm}^2$ , desvio padrão de 0,49 poros/ $\text{mm}^2$  e coeficiente de variação de 3,97%.

As fibras são do tipo fibrotraqueídeos e libriformes, com paredes delgadas a espessas. O comprimento varia entre 0,93 a 1,05 mm (curtas), com média de 0,99 mm, desvio padrão de 0,34 mm e coeficiente de variação de 3,45%. A largura varia entre 15,11 a 19,36  $\mu\text{m}$ , com média de 16,95  $\mu\text{m}$ , desvio padrão de 1,01  $\mu\text{m}$  e coeficiente de variação de 6,47%, sendo o diâmetro médio do lume de 11,04  $\mu\text{m}$ , variando de 9,05 a 12,93  $\mu\text{m}$ , desvio padrão de 0,82  $\mu\text{m}$  e coeficiente de variação de 7,44% e espessura média da parede celular de 2,95  $\mu\text{m}$ , variando de 2,43 a 3,68  $\mu\text{m}$ , com desvio padrão de 0,36  $\mu\text{m}$  e coeficiente de variação de 12,18%.

A estrutura anatômica nos três planos de observação do xilema secundário da madeira do clone 2 é apresentada nas fotomicrografias da Figura 14.

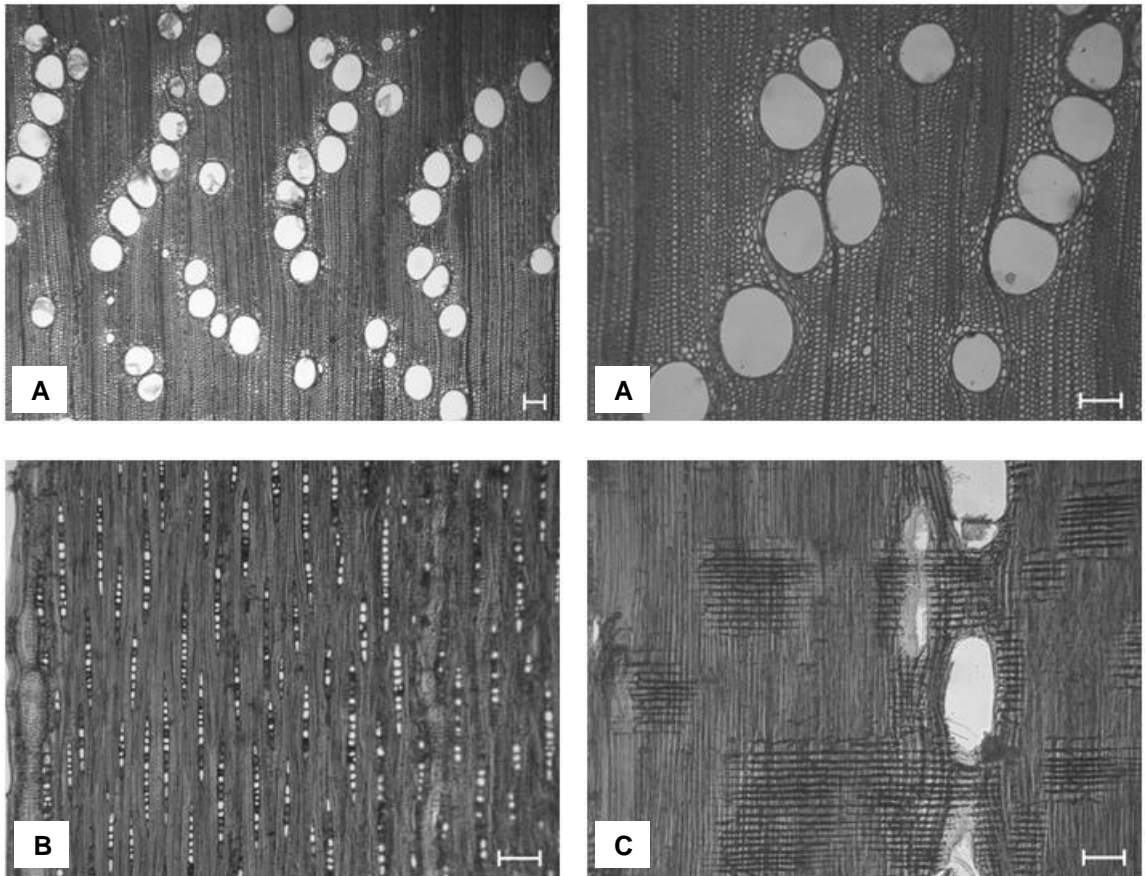


Figura 14 – Fotomicrografia ilustrando os três planos de observação da estrutura anatômica da madeira do clone 2. A e B plano transversal, C plano longitudinal tangencial e D plano longitudinal radial. Escala = 100  $\mu$ m.

#### 4.4.2. Descrição Anatômica Quantitativa

Os valores das mensurações relativos aos poros/vasos e diferenças entre médias para cada tratamento são apresentados na Tabela 16.

Tabela 16 - Valores médios de diâmetro e frequência vascular da madeira para os diferentes locais

Local	Poros/Vasos			
	Diâmetro ( $\mu\text{m}$ )		Frequência (Vasos/ $\text{mm}^2$ )	
	Clone 1	Clone 2	Clone 1	Clone 2
Baixo/Inclinado	(107,12/117,51) <sup>1</sup>	(112,24/117,48)	(10/15)	(13/15)
	<b>111,70 A*a**</b> (4,09/ 3,66) <sup>2</sup>	<b>114,58 Ab</b> (2,09/ 1,823)	<b>13,09 Aa</b> (1,61/ 12,29)	<b>14,08 Aa</b> (1,17/8,32)
Baixo/Plano	(102,82; 114,42)	(101,00; 110,91)	(10/12)	(13/14)
	<b>107,10 Aa</b> (4,73; 4,41)	<b>107,72 Ac</b> (3,93/3,65)	<b>11,27 Bb</b> (0,84/7,50)	<b>13,45 Aa</b> (0,64/4,75)
Alto/Inclinado	(90,27/122,97)	(126,33/139,03)	(8/12)	(11/13)
	<b>113,41 Ba</b> (13,14/11,58)	<b>131,73 Aa</b> (4,67/3,54)	<b>10,22 Ab</b> (0,92/0,96)	<b>11,52 Ab</b> (0,68/5,91)
Alto/Plano	(107,11/119,34)	(115,85/123,04)	(11/13)	(13/15)
	<b>112,86 Aa</b> (4,99/4,42)	<b>119,18 Ab</b> (2,97/2,49)	<b>12,10 Aab</b> (1,00/8,26)	<b>14,01 Aa</b> (1,04/7,39)

\*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

\*\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

<sup>1</sup>Valores referentes a mínimo e máximo, respectivamente.

<sup>2</sup>Valores referentes a desvio padrão( $\mu\text{m}$  e vasos/ $\text{mm}^2$ ) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

De acordo com a Tabela 16, para diâmetro de vasos, somente houve diferença significativa entre clones no local alto/inclinado, onde maiores diâmetros foram encontrados no clone 2. Com relação à variação dentro do clone, esta ocorreu apenas para o clone 2, independente da região, a topografia inclinada apresentou maiores diâmetros de vaso. Vale ressaltar ainda que, apesar de não significativa, a variação dentro do clone 1 apresentou o mesmo comportamento do clone 2.

Com relação à frequência de vasos, diferença significativa entre clones somente ocorreu no local baixo/plano, sendo as menores frequências verificadas no clone 1. Analisando a variação dentro do clone, pode-se afirmar que, de modo geral, na região baixa, maiores frequências foram verificadas na topografia inclinada, com inversão desses resultados na região alta.

A amplitude de variação da frequência de vasos encontrada para o clone 1, que cresceu no local alto/inclinado é semelhante àquela encontrada por Arango Alzate (2004), que ao analisar o clone de *Eucalyptus urophylla* x *E.*

*grandis*, com aproximadamente 10 anos de idade, encontrou uma amplitude de variação para esta característica de 8-13 vasos/mm<sup>2</sup>.

Para a comparação entre regiões, eliminou-se o efeito da topografia do terreno. Os valores relativos aos poros/vasos e diferenças entre médias para cada região são apresentados na Tabela 17.

Tabela 17 - Valores médios de diâmetro e frequência vascular da madeira para as duas regiões

Região	Poros/Vasos			
	Diâmetro (µm)		Frequência (Vasos/mm <sup>2</sup> )	
	Clone 1	Clone 2	Clone 1	Clone 2
Baixa	(102,82/117,51) <sup>1</sup>	(101,00;/17,48)	(10/15)	(13/15)
	<b>109,40 A*a**</b>	<b>111,16 Ab</b>	<b>12,18 Ba</b>	<b>13,77 Aa</b>
	(4,82/4,40) <sup>2</sup>	(4,68/4,21)	(1,55/12,70)	(0,95/6,91)
Alta	(90,27/122,97)	(15,85/139,03)	(8/13)	(11/15)
	<b>113,14 Ba</b>	<b>125,46 Aa</b>	<b>11,16 Aa</b>	<b>12,77 Aa</b>
	(9,37/8,28)	(7,57/6,04)	(1,34/12,02)	(1,55/12,12)

\*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

\*\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

<sup>1</sup>Valores referentes a mínimo e máximo, respectivamente.

<sup>2</sup>Valores referentes a desvio padrão(µm e vasos/mm<sup>2</sup>) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

De acordo com a Tabela 17, somente a região alta apresentou diferença significativa entre clones para diâmetro de vaso, sendo maiores valores de diâmetros encontrados para o clone 2, o mesmo comportamento também foi observado para a região baixa; porém, não houve diferença significativa entre as médias nessa região. Para a variação dentro do clone, ambos apresentaram a mesma tendência de variação, entretanto, apenas no clone 2 foi encontrada diferença significativa entre as regiões, tendo a região baixa apresentado menores diâmetros de vaso.

Relativo à frequência de vasos, somente a região baixa apresentou diferença significativa entre clones, sendo as maiores frequências encontradas para o clone 2, apesar de não significativo, o mesmo comportamento foi observado para a região alta. Para a variação dentro do clone, não foi observado diferenças significativas entre as regiões estudadas; porém, vale ressaltar que, maiores frequências parecem estar relacionadas com maiores

diâmetros de vaso, comportamento este que está de encontro com àqueles citados na literatura.

O comportamento observado para as dimensões de vasos estão de acordo com àqueles encontrados por Oliveira (2009), que ao estudar diâmetro e frequência de vasos de dois híbridos naturais de *Eucalyptus grandis* que cresceram em seis regiões com aproximadamente 6 anos de idade, encontrou variação entre clones e ainda, para ambos os clones, variação entre as regiões de implantação do povoamento.

A variação das dimensões de poros/vasos entre clones são apresentados na Tabela 18.

Tabela 18 - Valores médios de diâmetro e frequência vascular da madeira para os dois clones

Clone	Poros/Vasos	
	Diâmetro ( $\mu\text{m}$ )	Frequência (Vasos/ $\text{mm}^2$ )
1	(90,27/122,97) <sup>1</sup>	(8/15)
	<b>111,27 b*</b> (7,50/6,74) <sup>2</sup>	<b>11,67 b</b> (1,50/12,88)
2	(101,00/139,03)	(11/15)
	<b>118,31 a</b> (9,56/8,08)	<b>13,27 a</b> (1,35/10,18)

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

<sup>1</sup>Valores referentes a mínimo e máximo, respectivamente.

<sup>2</sup>Valores referentes a desvio padrão( $\mu\text{m}$  e vasos/ $\text{mm}^2$ ) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

Na Tabela 18, nota-se que tanto para diâmetro quanto para a frequência de vasos, o clone 1 apresentou-se com menores valores de média para essas características.

As dimensões e o número de vasos na madeira são indicadores da qualidade da madeira para polpação e característica do papel, considerando sua influência na penetração do licor, densidade e qualidade superficial dos papéis de impressão (STOCKAN,1970; HILLIS e BROWN, 1978). Assim, um determinado local e/ou clone, pode ser mais ou menos apto para a produção de madeira para celulose e papel.

Os valores das dimensões relativos às fibras e diferenças entre médias para cada tratamento são apresentados na Tabela 19.

Tabela 19 - Valores médios de dimensões das fibras da madeira para os diferentes locais

Local	Fibras							
	Comprimento (mm)		Largura ( $\mu\text{m}$ )		Diâmetro de lume ( $\mu\text{m}$ )		Espessura da parede ( $\mu\text{m}$ )	
	Clone 1	Clone 2	Clone 1	Clone 2	Clone 1	Clone 2	Clone 1	Clone 2
<b>Baixo/Inclinado</b>	(0,94/1,06) <sup>1</sup>	(0,93/0,98)	(16,10/17,50)	(15,20/17,70)	(9,35/11,44)	(9,96/11,15)	(3,02/3,68)	(2,43/3,28)
	<b>1,01A*b**</b>	<b>0,96 Bc</b>	<b>16,71 Aa</b>	<b>16,64 Aa</b>	<b>10,09 Ab</b>	<b>10,62 Aa</b>	<b>3,31 Aa</b>	<b>3,01Aa</b>
	(45,77/4,55) <sup>2</sup>	(18,29/1,91)	(0,51/3,00)	(1,00/6,03)	(0,810/8,03)	(0,50/4,74)	(0,24/7,23)	(0,37/12,24)
<b>Baixo/Plano</b>	(1,00/1,06)	(0,97/1,03)	(16,50/17,60)	(16,30/17,89)	(9,97/11,60)	(11,01/11,42)	(2,47/2,94)	(2,46/3,24)
	<b>1,03 Ab</b>	<b>1,01 Aab</b>	<b>17,07 Aa</b>	<b>16,80 Aa</b>	<b>10,81 Ab</b>	<b>11,26 Aa</b>	<b>3,13 Aa</b>	<b>2,77 Ba</b>
	(24,26/2,34)	(25,34/2,51)	(0,46/2,67)	(0,63/3,75)	(0,75/6,94)	(0,18/1,63)	(0,21/6,57)	(2,85/10,29)
<b>Alto/Inclinado</b>	(1,08/1,15)	(1,01/1,05)	(15,70/19,20)	(16,60/19,40)	(10,14/12,83)	(10,80/12,93)	(2,80/3,16)	(2,78/3,68)
	<b>1,12 Aa</b>	<b>1,03 Ba</b>	<b>18,04 Aa</b>	<b>17,92 Aa</b>	<b>12,11 Aa</b>	<b>11,36 Ba</b>	<b>2,96 Ba</b>	<b>3,28 Aa</b>
	(25,97/2,32)	(15,43/1,51)	(1,33/7,88)	(1,05/5,87)	(1,11/9,20)	(0,89/7,78)	(0,15/5,20)	(0,34/10,40)
<b>Alto/Plano</b>	(1,00/1,11)	(0,93/1,06)	(16,60/17,70)	(15,10/18,40)	(10,26/11,49)	(9,05/12,71)	(2,76/3,18)	(2,54/3,03)
	<b>1,04 Ab</b>	<b>0,98 Bbc</b>	<b>17,17 Aa</b>	<b>16,40 Aa</b>	<b>11,06 Aab</b>	<b>10,92 Aa</b>	<b>3,06 Aa</b>	<b>2,74 Aa</b>
	(48,23/4,63)	(28,21/2,89)	(0,52/3,01)	(1,22/7,43)	(0,48/4,33)	(1,31/11,98)	(0,17/5,52)	(0,20/7,43)

\*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

\*\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

<sup>1</sup>Valores referentes a mínimo e máximo, respectivamente.

<sup>2</sup>Valores referentes a desvio padrão(mm e  $\mu\text{m}$ ) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

De acordo com a Tabela 19, o comprimento de fibras em todos os locais, exceto no local baixo/plano, apresentou diferença significativa entre clones, sendo os maiores valores de comprimento encontrados para o clone 1. Independente do clone, maiores valores de comprimento de fibra foram observados no local alto/inclinado. Com relação a variação do comprimento das fibras dentro do clone, notamos que para ambos, na região alta houve diferença significativa entre as topografias, em que a topografia inclinada apresentou maiores valores de comprimento; enquanto na região baixa, apenas o clone 2 apresentou diferença significativa entre as topografias, sendo que os maiores valores de comprimento foram observados na topografia plana, apesar de não significativo, o mesmo comportamento foi notado no clone 1.

Os valores médios do comprimento das fibras encontrados para o clone 1, que cresceu nos locais baixo/plano e alto/plano, estão consoantes com aquele encontrado por Arango Alzate (2004), que ao estudar clones de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*, com aproximadamente 10 anos de idade, encontrou um comprimento médio de fibras igual a 1,03 mm.

Para a largura de fibras, não houve diferença significativa entre e nem dentro dos clones. O valor médio da largura de fibras encontrado para o clone 1, que cresceu no local alto/inclinado está consoante com àquele encontrado por Queiroz (2002), que ao estudar a espécie *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*, com aproximadamente 6 anos de idade, encontrou uma largura média de fibras igual a 18,13  $\mu\text{m}$ .

Com relação ao diâmetro de lume, somente o local alto/inclinado apresentou diferença significativa entre os clones, sendo os maiores valores de diâmetro de lume encontrados para o clone 1. A variação dentro do clone ocorreu apenas no clone 1, e esta parece não ser influenciada pela topografia do terreno e sim pela altitude do mesmo.

Quanto à espessura da parede das fibras, esta variou entre clones nos locais baixo/plano e alto/inclinado, sendo que, em ambos os locais, o clone 1 apresentou as maiores espessuras de parede. Variações significativas dentro dos clones não foram observadas.



Para a comparação entre regiões, eliminou-se o efeito da topografia do terreno. Os valores das dimensões relativos às fibras e diferenças entre médias para cada região são apresentados na Tabela 20.

Conforme apresentado na Tabela 20, variação no comprimento de fibras entre clones ocorreu apenas na região alta, onde o clone 1 apresentou maiores valores de comprimento. Variação dentro do clone ocorreu somente no clone 1, em que maiores valores de comprimento foram observados na região alta.

Com relação à largura de fibras e à espessura de parede, não houve variação entre e nem dentro dos clones.

Relativo ao diâmetro do lume, apenas na região alta houve diferença significativa entre clones, sendo os maiores diâmetros encontrados para o clone 1. Variação dentro do clone ocorre apenas no clone 1, sendo os maiores valores de diâmetro de lume encontrados na região alta.

Segundo Barrichello e Brito (1976) e Turgilho et al. (1996), o aumento da idade da madeira, bem como os fatores genéticos e ambientais estão diretamente relacionados ao comprimento da fibra e espessura de parede.

Em geral, o comportamento observado para as dimensões de fibras estão de acordo com Oliveira (2009), que ao estudar comprimento, largura, diâmetro de lume e espessura de parede das fibras de dois híbridos naturais de *Eucalyptus grandis*, crescidos em seis regiões e com aproximadamente 6 anos de idade, encontrou variação entre clones e ainda, para ambos os clones, variação entre os locais de implantação do povoamento.

Tabela 20 - Valores médios de dimensões das fibras da madeira para as duas regiões

Região	Fibras							
	Comprimento (mm)		Largura (µm)		Diâmetro de lume (µm)		Espessura da parede (µm)	
	Clone 1	Clone 2	Clone 1	Clone 2	Clone 1	Clone 2	Clone 1	Clone 2
Baixa	(0,94/1,06) <sup>1</sup>	(0,93/1,03)	(16,06/17,58)	(15,20/17,89)	(9,35/11,60)	(9,96/11,42)	(2,94/3,88)	(2,43/3,29)
	<b>1,02A*b**</b>	<b>0,98 Aa</b>	<b>16,89 Aa</b>	<b>16,72 Aa</b>	<b>10,45 Ab</b>	<b>10,94 Aa</b>	<b>3,21 Aa</b>	<b>2,89 Aa</b>
	(0,38/3,68) <sup>2</sup>	(0,35/3,55)	(0,49/2,91)	(0,79/4,75)	(0,83/7,92)	(0,49/4,48)	(0,23/7,14)	(0,34/11,60)
Alta	(1,00/1,15)	(0,93/1,05)	(15,75/19,16)	(15,11/19,36)	(10,14/12,83)	(9,05/12,93)	(2,76/3,18)	(2,54/3,68)
	<b>1,08 Aa</b>	<b>1,00 Ba</b>	<b>17,61 Aa</b>	<b>17,16 Aa</b>	<b>11,59 Aa</b>	<b>11,14 Ba</b>	<b>3,01 Ab</b>	<b>3,01 Aa</b>
	(0,54/5,03)	(0,33/3,31)	(1,06/6,00)	(1,34/7,81)	(0,98/8,45)	(1,08/9,68)	(0,16/3,32)	(0,39/12,95)

\*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

\*\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

<sup>1</sup>Valores referentes a mínimo e máximo, respectivamente.

<sup>2</sup>Valores referentes a desvio padrão(mm e µm) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

A variação das dimensões das fibras entre clones é apresentada na Tabela 21.

Tabela 21 - Valores médios de dimensões das fibras da madeira para os dois clones

Clone	Fibras			
	Comprimento (mm)	Largura ( $\mu\text{m}$ )	Diâmetro de lume ( $\mu\text{m}$ )	Espessura de parede ( $\mu\text{m}$ )
1	(0,94/1,15) <sup>1</sup>	(15,75/19,16)	(9,35/12,83)	(2,76/3,68)
	<b>1,05 a*</b>	<b>17,25 a</b>	<b>11,02 a</b>	<b>3,11 a</b>
2	(0,55/5,20) <sup>2</sup>	(0,88/5,11)	(1,58/9,60)	(0,22/7,09)
	(0,93/1,05)	(15,11/19,36)	(9,05/12,93)	(2,43/3,68)
	<b>0,99 b</b>	<b>16,95 a</b>	<b>11,04 a</b>	<b>2,95 a</b>
	(0,34/3,45)	(1,01/6,47)	(0,82/7,44)	(0,36/12,18)

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

<sup>1</sup>Valores referentes a mínimo e máximo, respectivamente.

<sup>2</sup>Valores referentes a desvio padrão(mm e  $\mu\text{m}$ ) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

De acordo com a Tabela 21, somente a variável comprimento de fibras diferiu significativamente entre os clones, sendo os maiores comprimentos observados no clone 1.

Os valores de dimensão das fibras estão, com exceção da espessura de parede, consoantes com àqueles encontrados por Gomide et al. (2005a), que ao estudar sete clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, encontrou comprimento médio de fibras de 1,00 mm, variando de 0,95 a 1,07 mm, com largura média de 18,16  $\mu\text{m}$ , variando de 17,3 a 19,2  $\mu\text{m}$  e espessura média da parede de 4,9  $\mu\text{m}$ , variando de 4,6 a 5,2  $\mu\text{m}$  e com Gomide et al. (2005b) que, ao avaliarem clones comerciais de *Eucalyptus*, pertencentes às empresas produtoras de celulose do Brasil, obtiveram uma média de 0,99 mm e 18,2  $\mu\text{m}$  para comprimento e largura de fibras, respectivamente.

Carvalho (2000) relatou valores médios de 1,1 mm, 17,5, 8,5 e 4,5 $\mu\text{m}$  para o comprimento, largura, diâmetro do lume e espessura da parede das fibras, respectivamente, da madeira de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, aos 7 anos de idade. Oliveira (2009) estudando híbridos naturais de *Eucalyptus grandis* que cresceram em seis regiões e com aproximadamente 6 anos de idade, encontrou uma média geral de 3,58  $\mu\text{m}$  para a espessura de parede.

As dimensões das fibras são os principais indicadores da qualidade da madeira para polpação e característica do papel. Fibras mais longas conferem ao papel maiores índices de resistência, e segundo Barrichelo et al. (1983), essas fibras possuem maior capacidade de desfibramento durante o processo de refinação, aumentando assim a eficiência das ligações interfibras. Quanto à espessura de parede, esta também se relaciona com a resistência do papel e segundo Burger e Richter (1991), fibras de paredes delgadas são mais facilmente amoldadas umas sobre as outras, que as fibras de parede espessa, proporcionando um aumento nas ligações interfibras. Com relação às demais dimensões das fibras, estas mostram-se em diferentes intensidades, relações com a qualidade da celulose e papel (WARDROP,1969; BARRICHELO et al., 1983).

Os valores das dimensões relativos aos raios e diferenças entre médias para cada tratamento são apresentados na Tabela 22.

Como pode ser observado na Tabela 22, a altura de raios em número de células somente diferiu estatisticamente entre clones nos locais baixo/inclinado e baixo /plano, sendo as menores alturas observadas para o clone 1. Variação dentro do clone ocorreu apenas para o clone 2, e esta não é influenciada pela topografia do terreno e sim pela altitude do mesmo.

Com relação à variação entre clones para a altura de raios em micrômetros, somente o local baixo/inclinado apresentou diferença significativa, sendo as maiores alturas encontradas no clone 1. Relativo à variação dentro do clone para a altura de raios em micrômetros, esta se mostrou muito semelhante àquela observada para altura de raios em número de células.

Quanto à largura e frequência de raios, não foi observada variação entre e nem dentro dos clones.

Tabela 22 - Valores médios dos parâmetros radiais da madeira para os diferentes locais

Local	Raios							
	Altura (N° de células)		Altura ( $\mu\text{m}$ )		Largura ( $\mu\text{m}$ )		Frequência (Raios/mm)	
	Clone 1	Clone 2	Clone 1	Clone 2	Clone 1	Clone 2	Clone 1	Clone 2
Baixo/Inclinado	(12,55/16,05) <sup>1</sup>	(14,85/17,08)	(237,42/238,26)	(270,63/300,70)	(10,57/11,99)	(10,45/11,59)	(11/13)	(12/13)
	<b>14,07B*a**</b>	<b>15,80 Aa</b>	<b>262,23 Ba</b>	<b>290,70 Aa</b>	<b>11,12 Aa</b>	<b>11,18 Aa</b>	<b>11,92 Aa</b>	<b>12,52 Aa</b>
	(1,49/10,58) <sup>2</sup>	(0,86/5,45)	(22,67/8,64)	(12,15/4,18)	(0,59/5,33)	(0,43/3,88)	(0,66/5,49)	(0,41/3,28)
Baixo/Plano	(11,13/13,88)	(14,61/15,64)	(220,87/273,75)	(252,35/292,01)	(10,72/12,47)	(10,90/12,33)	(12/13)	(12/13)
	<b>12,85 Ba</b>	<b>15,05 Aa</b>	<b>252,04 Aa</b>	<b>271,06 Aab</b>	<b>11,43 Aa</b>	<b>11,65 Aa</b>	<b>12,35 Aa</b>	<b>12,30 Aa</b>
	(1,08/8,36)	(0,43/2,86)	(19,40/7,70)	(15,10/5,57)	(0,70/6,11)	(0,59/5,10)	(0,23/1,85)	(0,13/1,02)
Alto/Inclinado	(12,73/15,38)	(12,97/14,07)	(247,32/297,62)	(246,62/269,23)	(10,43/10,83)	(10,62/12,37)	(11/12)	(11/12)
	<b>14,07 Aa</b>	<b>13,39 Ab</b>	<b>271,49 Aa</b>	<b>258,16 Ab</b>	<b>10,62 Aa</b>	<b>11,59 Aa</b>	<b>11,70 Aa</b>	<b>11,93 Aa</b>
	(0,993/7,06)	(0,470/3,51)	(18,337/6,75)	(9,394/3,64)	(0,185/1,74)	(0,671/5,79)	(0,391/3,35)	(0,454/3,81)
Alto/Plano	(13,42/14,56)	(12,62/14,56)	(258,89/279,90)	(247,34/384,86)	(10,40/12,04)	(11,19/12,34)	(12/14)	(12/13)
	<b>13,82 Aa</b>	<b>13,84 Ab</b>	<b>269,32 Aa</b>	<b>268,10 Ab</b>	<b>11,24 Aa</b>	<b>11,84 Aa</b>	<b>12,66 Aa</b>	<b>12,67 Aa</b>
	(0,46/3,33)	(0,74/5,33)	(7,46/2,77)	(15,20/5,67)	(0,75/6,65)	(0,462/3,91)	(1,04/8,19)	(0,60/4,74)

\*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

\*\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

<sup>1</sup>Valores referentes a mínimo e máximo, respectivamente.

<sup>2</sup>Valores referentes a desvio padrão(número de células,  $\mu\text{m}$  e raios/mm) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

Para a comparação entre regiões, eliminou-se o efeito da topografia do terreno. Os valores das dimensões relativos aos raios e diferenças entre médias para cada tratamento são apresentados na Tabela 23.

Como apresentado na Tabela 23, a variação entre clones para altura de raios em número de células, somente foi verificada na região baixa, sendo os maiores valores observados no clone 2. Com relação à variação dentro do clone, esta ocorreu apenas no clone 2, em que o mesmo apresentou maiores alturas na região baixa.

Variação entre clones para altura de raios em micrômetros, ocorreu em ambas as regiões, sendo que na região baixa o clone 2 apresentou maiores valores de altura de raio em micrômetros, enquanto que na região alta esse comportamento foi inverso. Variação dentro do clone, para a altura de raio em micrômetro, somente ocorreu no clone 2, em que maiores alturas foram encontradas na região baixa.

Quanto à largura de raios, somente houve diferença significativa entre clones na região alta, sendo as maiores larguras observadas no clone 2. Para ambos os clones, a variação da largura de raios em micrômetros dentro do clone, não se mostrou estatisticamente significativa.

Relativo à frequência de raios, não foi observada variação entre e nem dentro dos clones.

Em geral, o comportamento observado para as dimensões de raios estão de acordo com Oliveira (2009), que ao estudar altura em número de células, altura em micrômetros e frequência de raios de dois híbridos naturais de *Eucalyptus grandis*, que cresceram em seis regiões e com aproximadamente seis anos de idade, encontrou variação entre clones e ainda, para ambos os clones, variação entre os locais de implantação do povoamento.

Tabela 23 - Valores médios dos parâmetros radiais da madeira para as duas regiões

Região	Raios							
	Altura (N° de células)		Altura ( $\mu\text{m}$ )		Largura ( $\mu\text{m}$ )		Frequência (Raios/mm)	
	Clone 1	Clone 2	Clone 1	Clone 2	Clone 1	Clone 2	Clone 1	Clone 2
Baixa	(11/16) <sup>1</sup>	(15/17)	(220,87/288,26)	(252,65/300,70)	(10,57/12,47)	(10,45/12,33)	(11/13)	(12/13)
	<b>13,46B*a**</b> (1,38/10,26) <sup>2</sup>	<b>15,42 Aa</b> (0,75/4,88)	<b>257,14 Ba</b> (20,60/8,01)	<b>280,89 Aa</b> (16,56/5,90)	<b>11,27 Aa</b> (0,63/5,60)	<b>11,42 Aa</b> (0,55/4,81)	<b>12,13 Aa</b> (0,51/4,23)	<b>12,41 Aa</b> (0,31/12,50)
Alta	(13/15)	(13/15)	(247,32/297,62)	(246,62/284,86)	(10,40/12,04)	(10,62/12,87)	(11/14)	(11/13)
	<b>13,94 Aa</b> (0,74/5,31)	<b>13,61 Ab</b> (0,63/4,62)	<b>270,40 Aa</b> (13,25/4,90)	<b>263,13 Bb</b> (13,01/4,95)	<b>10,93 Ba</b> (0,61/5,57)	<b>11,71 Aa</b> (0,56/4,77)	<b>12,18 Aa</b> (0,90/7,37)	<b>12,30 Aa</b> (0,64/5,18)

\*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

\*\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

<sup>1</sup>Valores referentes a mínimo e máximo, respectivamente.

<sup>2</sup>Valores referentes a desvio padrão(número de células,  $\mu\text{m}$  e raios/mm) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

A variação das dimensões dos raios entre clones é apresentada na Tabela 24.

Tabela 24 - Valores médios dos parâmetros radiais da madeira para os dois clones

Clone	Raios			
	Altura (N° de células)	Altura ( $\mu\text{m}$ )	Largura ( $\mu\text{m}$ )	Frequência (Raios/mm)
1	(11/16) <sup>1</sup>	(197,62/220,87)	(10,40/12,47)	(11/14)
	<b>13,71 b*</b> (1,11/8,08) <sup>2</sup>	<b>263,76 a</b> (18,18/6,89)	<b>11,11 b</b> (0,63/5,66)	<b>12,16 a</b> (0,71/5,86)
2	(13/17)	(246,62/300,70)	(10,45/12,37)	(11/13)
	<b>14,52 a</b> (1,15/7,91)	<b>272,01 a</b> (17,12/6,29)	<b>11,57 a</b> (0,56/4,84)	<b>12,36 a</b> (0,49/3,97)

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

<sup>1</sup>Valores referentes a mínimo e máximo, respectivamente.

<sup>2</sup>Valores referentes a desvio padrão (número de células,  $\mu\text{m}$  e raios/mm) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

Como podem ser observadas na Tabela 24, as variações entre clones ocorreram somente para altura em número de células e largura de raios, sendo, para ambas as variáveis, os menores valores encontrados no clone 1.

Oliveira (2009), ao estudar o híbrido natural de *Eucalyptus grandis*, com aproximadamente 6 anos de idade, encontrou uma média geral 259,44, 8,32, 14,66 e 12,70 para altura ( $\mu\text{m}$ ), largura ( $\mu\text{m}$ ), altura (número de células) e frequência de raios (raios/mm), respectivamente.

#### 4.4.3. Morfologia das Fibras

Os valores relativos à morfologia das fibras e diferenças entre médias para cada local estudado são apresentados na Tabela 25.



Tabela 25 - Valores médios dos coeficientes de rigidez, flexibilidade e fator Runkel da madeira para os diferentes locais

Local	Coeficiente de Rigidez (%)		Coeficiente de Flexibilidade (Adimensional)		Fator Runkel (Adimensional)	
	Clone 1	Clone 2	Clone 1	Clone 2	Clone 1	Clone 2
<b>Baixo/Inclinado</b>	<b>58B*b**</b> (0,02/3,37) <sup>1</sup>	<b>0,61 A a</b> (0,01/1,24)	<b>55,37 A a</b> (2,36/4,25)	<b>53,53 A a</b> (1,19/2,21)	<b>0,78 A a</b> (0,06/7,77)	<b>0,69 B b</b> (0,02/2,99)
<b>Baixo/Plano</b>	<b>60 A b</b> (0,02/3,13)	<b>0,60 A ab</b> (0,02/2,63)	<b>56,08 A a</b> (2,16/3,85)	<b>55,76 A a</b> (1,80/3,22)	<b>0,69 A a</b> (0,06/8,57)	<b>0,70 A b</b> (0,05/7,79)
<b>Alto/Inclinado</b>	<b>65 A a</b> (0,02/2,48)	<b>0,61 B a</b> (0,02/3,99)	<b>57,53 A a</b> (2,41/4,18)	<b>53,01 B a</b> (2,05/3,86)	<b>0,57 B b</b> (0,04/7,81)	<b>0,68 A b</b> (0,07/9,64)
<b>Alto/Plano</b>	<b>60 A b</b> (0,01/2,11)	<b>0,58 B b</b> (0,01/1,99)	<b>57,14 A a</b> (2,53/4,43)	<b>55,55 A a</b> (1,24/2,23)	<b>0,70 B a</b> (0,05/7,00)	<b>0,79 A a</b> (0,04/4,44)

\*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

\*\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

<sup>1</sup>Valores referentes a desvio padrão(adimensional) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

De acordo com a Tabela 25, a variação entre clones para o coeficiente de rigidez somente não ocorreu no local baixo/plano, tendo na região alta, o clone 1 apresentado maiores valores desse coeficiente, enquanto na região baixa, o clone 2 apresentou maiores valores para o mesmo. Com exceção do comportamento do clone 1 na região baixa, menores valores de coeficiente de rigidez foram notados na topografia plana, assim para a produção de papéis absorventes, essa topografia seria a mais indicada, pois quanto maior o valor desse coeficiente menor será o achatamento e amoldamento das fibras, conferindo ao papel uma estrutura mais aberta "fofa".

Quanto ao coeficiente de flexibilidade, o clone 2 apresentou menores valores desse coeficiente em todos os locais, apesar de somente o local alto/inclinado apresentar diferença significativa. Para ambos os clones, não houve variação significativa dentro do clone. Para produção de papéis em que a resistência à tração e ao arrebentamento é desejável, deve-se optar por aqueles materiais que apresentarem maior valor de coeficiente de flexibilidade.

O fator Runkel na região baixa, somente apresentou variação entre clones na topografia inclinada, em que o clone 1 apresentou maiores valores do fator, enquanto na região alta, para ambas as topografias, o clone 2 diferiu

estatisticamente, apresentando maiores valores do fator, assim para a produção de papéis absorventes, esse clone seria o mais indicado, pois quanto maior o valor desse fator, maior será a quantidade de parede celular. Em ambos os clones, a variação dentro do clone para o fator Runkel, somente foi significativa na região alta, onde a topografia plana apresentou maiores valores do fator, assim para a produção de papéis absorventes, essa topografia seria a mais indicada, uma vez que a quantidade de parede celular seria maior.

Duarte (2007), ao estudar morfologia das fibras de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* com idades variando de 5 a 6 anos provenientes de regiões edafoclimáticas distintas, observou variação estatisticamente significativa para coeficiente de flexibilidade; no entanto, essa variação não foi significativa para o fator Runkel.

Para a comparação entre regiões, eliminou-se o efeito da topografia do terreno. Os valores relativos à morfologia das fibras e diferenças entre médias para cada região são apresentados na Tabela 26.

Tabela 26 - Valores médios dos coeficientes de rigidez, flexibilidade e fator Runkel da madeira para as duas regiões

Região	Coeficiente de Rigidez (%)		Coeficiente de Flexibilidade (Adimensional)		Fator Runkel (Adimensional)	
	Clone 1	Clone 2	Clone 1	Clone 2	Clone 1	Clone 2
<b>Baixa</b>	<b>59 A* b**</b> (0,02/3,80) <sup>1</sup>	<b>0,60 A a</b> (0,01/1,95)	<b>55,72 A a</b> (2,16/3,88)	<b>54,65 A a</b> (1,85/3,39)	<b>0,74 A a</b> (0,07/10,14)	<b>0,69 A a</b> (0,04/5,64)
<b>Alta</b>	<b>62 A a</b> (0,03/4,46)	<b>0,59 B a</b> (0,02/3,99)	<b>57,33 A a</b> (2,34/4,07)	<b>54,28 B a</b> (2,08/3,84)	<b>0,63 B b</b> (0,08/13,30)	<b>0,73 A a</b> (0,08/10,62)

\*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

\*\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

<sup>1</sup>Valores referentes a desvio padrão(adimensional) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

Conforme apresentado na Tabela 26, a variação entre clones para o coeficiente de rigidez, coeficiente de flexibilidade e fator Runkel, ocorreu somente na região alta, com o clone 2 apresentando menores valores de coeficiente de rigidez e flexibilidade e maiores valores do fator Runkel, sendo assim, o mais indicado para a fabricação de papéis absorventes.

Com relação à variação dentro do clone, esta somente foi observada para os parâmetros coeficiente de rigidez e fator Runkel no clone 1, em que menores valores do coeficiente de rigidez foram observados na região baixa e maiores valores do fator Runkel observados na região baixa, sendo assim, a madeira da região é a mais indicada para a fabricação de papéis absorventes.

As variações relativas à morfologia das fibras entre clones são apresentadas na Tabela 27.

Tabela 27 - Valores médios dos coeficientes de rigidez, flexibilidade e fator Runkel da madeira para os dois clones

Clone	Morfologia das fibras		
	Coeficiente de Rigidez (%)	Coeficiente de Flexibilidade (Adimensional)	Fator Runkel (Adimensional)
<b>1</b>	<b>61 a*</b> (0,03/5,03) <sup>1</sup>	<b>56,53 a</b> (2,34/4,14)	<b>0,69 a</b> (0,09/13,72)
<b>2</b>	<b>60 a</b> (0,02/3,16)	<b>54,46 b</b> (1,93/3,54)	<b>0,71 a</b> (0,06/8,84)

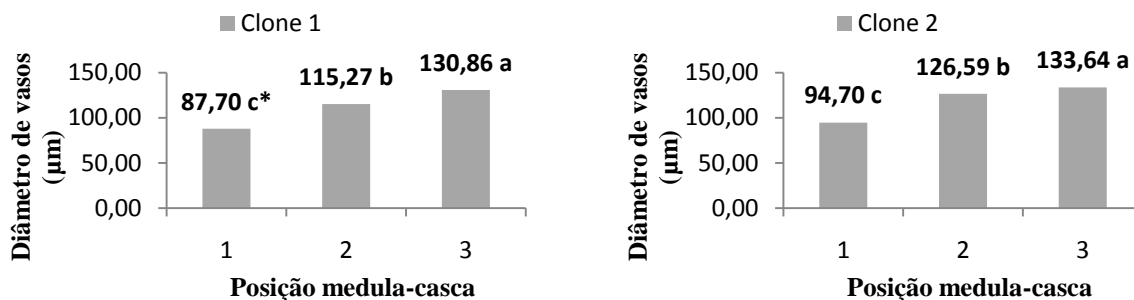
\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

<sup>1</sup>Valores referentes a desvio padrão(adimensional) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

De acordo com a Tabela 27, somente houve variação entre clones para o coeficiente de flexibilidade, em que o clone 1 apresentou maiores valores do parâmetro. Para a produção de papéis absorventes, essa propriedade não tem muita influência, uma vez que a mesma se correlaciona diretamente com a resistência à tração, ao arrebatamento e ao maior contato interfibras.

#### 4.5. VARIAÇÃO RADIAL DA ANATOMIA

A variação radial no diâmetro dos vasos e as diferenças entre as médias de cada posição estudada são apresentadas na Figura 15.

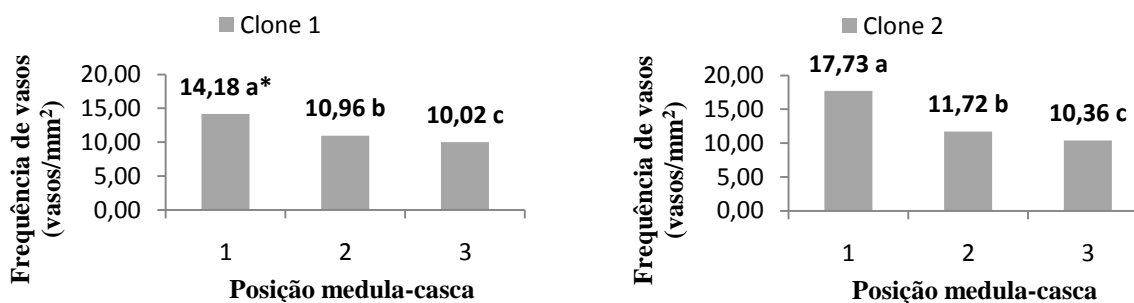


\*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Figura 15 - Variação radial no diâmetro dos vasos e diferenças entre médias.

Como se observa nos gráficos da Figura 15, independente do clone, região e local, ocorre aumento no diâmetro de vasos no sentido medula-casca. Esse comportamento já era o esperado, uma vez que com o avançar da idade, o câmbio vascular passa a produzir elementos com maiores dimensões até atingir a estabilização, a qual não foi atingida em função da idade das árvores.

A variação radial na frequência de vasos e as diferenças entre as médias de cada posição estudada são apresentadas na Figura 16.



\*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

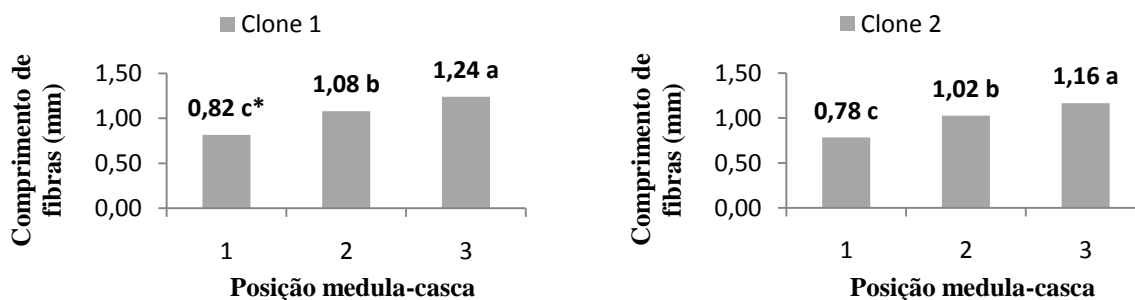
Figura 16 - Variação radial da frequência de vasos e diferenças entre médias.

Como se observa nos gráficos da Figura 16, independente do clone, região e local, ocorre diminuição na frequência de vasos no sentido medula-casca.

A tendência de aumento do diâmetro e diminuição da frequência de vasos, para o gênero *Eucalyptus*, no sentido medula-casca é amplamente

registrada na literatura (TOMAZELLO FILHO 1985; OLIVEIRA, 1997; BAPTISTA et al.,2003; SOUZA JÚNIOR, 2004, e ENVANGELISTA,2007).

A variação radial no comprimento das fibras e as diferenças entre as médias de cada posição estudada são apresentadas na Figura 17.



\*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

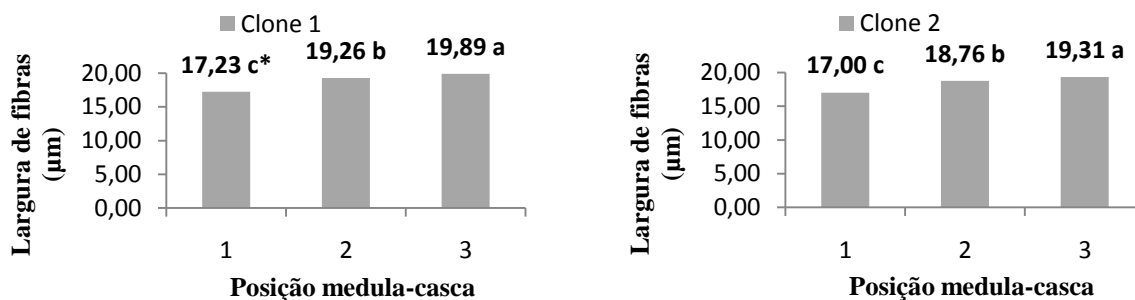
Figura 17 - Variação radial do comprimento de fibras e diferenças entre médias.

Conforme apresentado nos gráficos da Figura 17 o comprimento das fibras apresentou nítido aumento no sentido medula-casca, com todas as posições diferenciando-se estatisticamente entre si.

O comprimento das fibras e seu comportamento no sentido medula-casca, encontrados neste trabalho, estão semelhantes aos encontrados por Arango Alzate (2004), exceto pela tendência de estabilização após 75% do raio, o que é justificado pelo fato da maior idade das árvores estudadas. Esse autor, estudando clones de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* com 10 anos de idade, afirma que o comprimento das fibras mostra um expressivo aumento da medula até 75% do raio das amostras, quando os valores apresentaram tendência à estabilização. O mesmo autor afirma ainda que, apesar do modelo de variação ser praticamente o mesmo entre os clones, há diferenças nas dimensões das fibras.

Silva et al. (2007), Baptista et al. (2003), Malan e Gericher (1987); Vital e Della Lucia (1987); Bhat et al. (1990); Shimoyama (1990) e Rocha et al.(2004), estudando espécies do gênero *Eucalyptus*, notaram tendência de aumento do comprimento das fibras no sentido medula-casca.

A variação radial na largura das fibras e as diferenças entre as médias de cada posição estudada são apresentadas na Figura 18.



\*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Figura 18- Variação radial da largura das fibras e diferenças entre médias.

Como apresentado nos gráficos da Figura 18, a largura das fibras apresentou nítido aumento no sentido medula-casca, com todas as posições diferenciando estatisticamente entre si.

Esses dados estão de acordo com Tomazello Filho (1985), que ao estudar a madeira de *E. grandis* com 10 anos de idades, detectou um modelo de variação caracterizado pelo aumento da largura das fibras no sentido medula-casca e com Rocha et al. (2004), que ao estudar madeira de *E. grandis* com sete anos de idade, encontraram tendência crescente de aumento na largura das fibras.

Porém, discordam parcialmente com Arango Alzate (2004), pela tendência de estabilização após 75% do raio, o que é justificado pelo fato da maior idade das árvores estudadas. A autora, ao pesquisar o comportamento de clones de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* com 10 anos de idade, afirma que a largura das fibras mostra um expressivo aumento da medula até 75% do raio das amostras, quando os valores apresentaram tendência à estabilização. A mesma autora afirma ainda, que apesar do modelo de variação ser praticamente o mesmo entre os clones, há diferenças nas dimensões das fibras.

A variação radial no diâmetro do lume e as diferenças entre as médias de cada posição estudada são apresentadas na Figura 19.

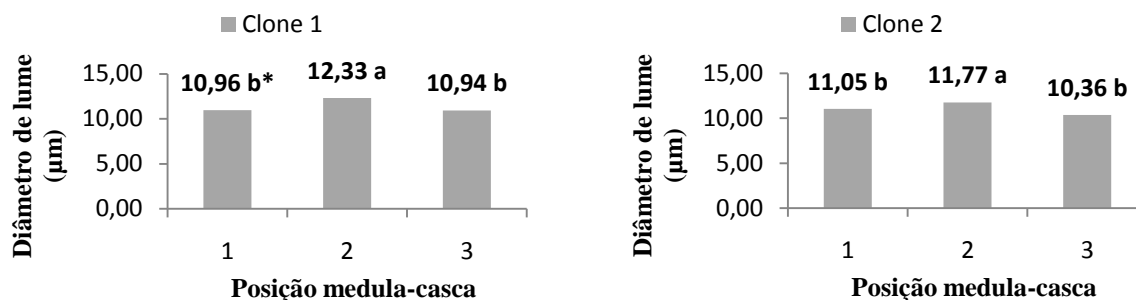
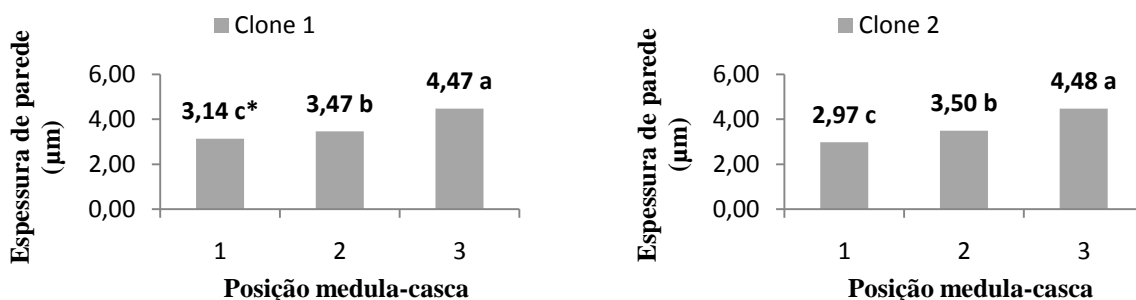


Figura 19 - Variação radial do diâmetro do lume e diferenças entre médias.

Conforme apresentado nos gráficos da Figura 19, para o diâmetro de lume, apenas a posição 2, diferiu estatisticamente das demais, apresentando maiores valores de diâmetro. Esses dados diferem daqueles encontrados por Tomazello Filho (1985), que ao pesquisar madeira de *E. grandis* com 10 anos de idade, detectou um modelo de variação caracterizado pelo aumento do diâmetro de lume no sentido medula-casca. Esse fato pode ser justificado pela menor idade da espécie estudada.

A variação radial na espessura de parede e as diferenças entre as médias de cada posição estudada são apresentadas na Figura 20.



\*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

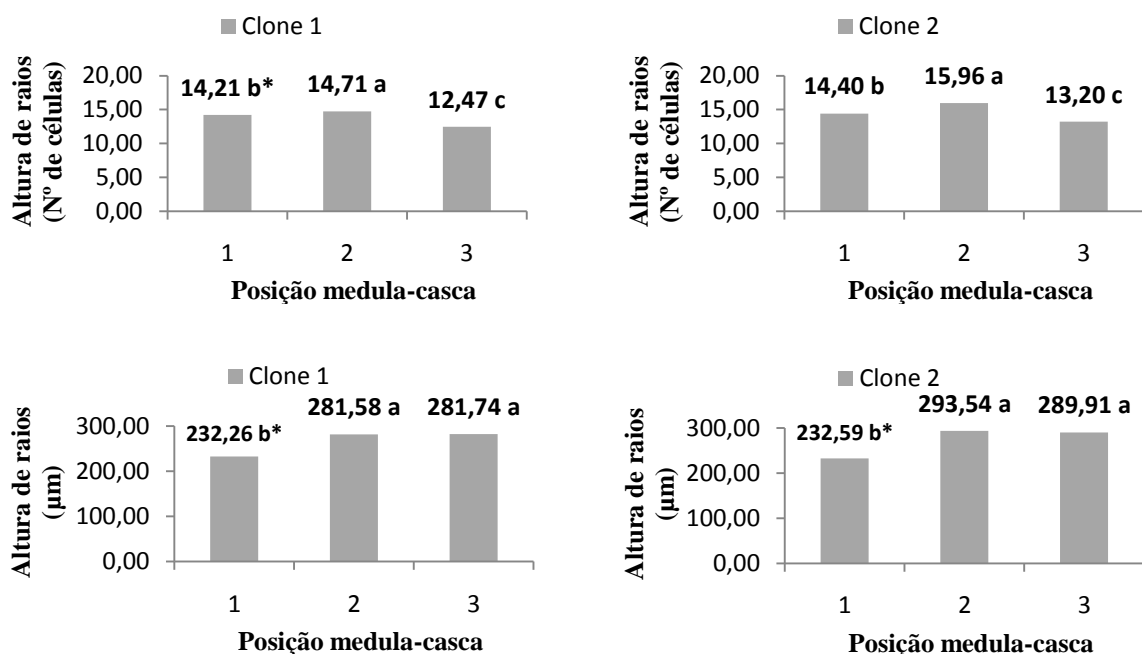
Figura 20 - Gráficos da variação radial da espessura de parede e diferenças entre médias.

Como apresentado nos gráficos da Figura 20, a espessura de parede apresentou nítido aumento no sentido medula-casca, com todas as posições diferenciando-se estatisticamente entre si. Esse aumento no sentido medula-casca também foi observado por Arango Alzate (2004), que ao estudar clones de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* com 10 anos de idade, afirma existir um

nítido modelo de crescimento no sentido radial e homogeneidade dos valores entre os clones estudados.

Esses dados também estão de acordo com Tomazello Filho (1985), que ao estudar a madeira de *E. grandis* com 10 anos de idade, detectou um modelo de variação caracterizado pelo aumento da espessura de parede no sentido medula-casca.

A variação radial na altura de raios e as diferenças entre as médias de cada posição estudada são apresentadas na Figura 21.



\*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

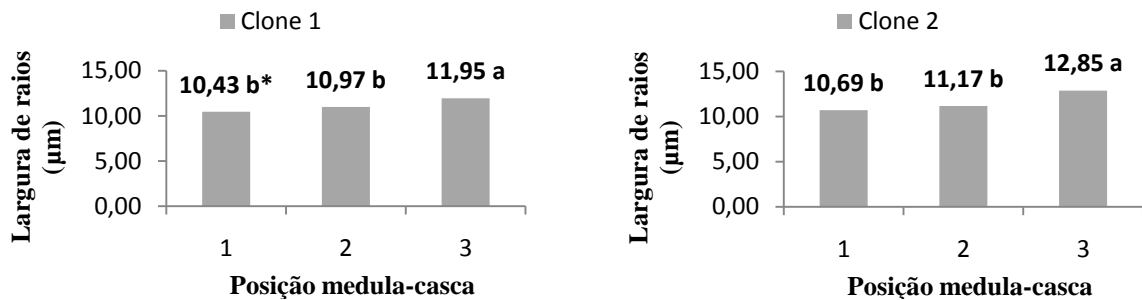
Figura 21 - Variação radial da altura de raios (número de células e micrometros) e diferenças entre médias.

De acordo com os gráficos da Figura 21, a altura de raios em número de células foi maior na posição 2, seguida pela posição 1 e finalmente da posição 3. A altura em micrômetros tendeu a aumentar no sentido medula-casca; porém, apenas a posição 1 diferiu das demais por apresentar menor altura de raio. Observa-se que maiores alturas de raios em número de células foram encontradas nas posições mais próximas à medula e em contrapartida, maiores alturas em micrômetros foram encontradas nas posições mais



próximas à casca, esse comportamento é explicado pelo fato de que o câmbio passa, com o tempo, a produzir células com maiores dimensões.

A variação radial na largura de raios e as diferenças entre as médias de cada posição estudada são apresentadas na Figura 22.

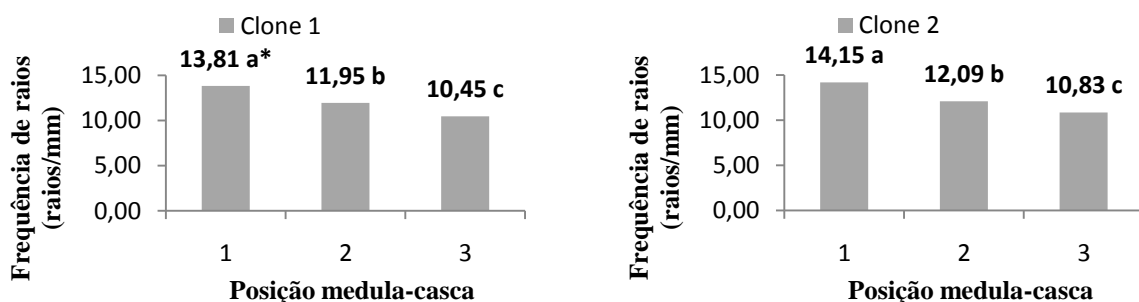


\*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Figura 22 - Variação radial da largura de raios e diferenças entre médias.

De acordo com os gráficos da Figura 22, a largura de raios tendeu a aumentar no sentido medula-casca; porém, apenas a posição 3 diferiu-se estatisticamente das demais, apresentando maiores larguras.

A variação radial na frequência de raios e as diferenças entre as médias de cada posição estudada são apresentadas na Figura 23.



\*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Figura 23 - Variação radial da frequência de raios e diferenças entre médias.

De acordo com os gráficos da Figura 23, houve nítida diminuição da frequência de raios no sentido medula-casca, com todas as posições diferenciando-se estatisticamente entre si. Esses resultados estão consoantes com àqueles

encontrados por Rocha et al. (2004), que ao estudar madeira de *E. grandis* com sete anos de idade, encontraram tendência decrescente na frequência de raios.

## 5. CONCLUSÕES

Recomendação de clones para fabricação de papéis tissue:

5.1. Para o local baixo/inclinado e baixo/plano o clone mais indicado foi o 1, enquanto que para os locais alto/inclinado e alto/plano o mais indicado foi o 2.

5.2. Eliminando-se o efeito da topografia, na região baixa o clone 1 apresenta melhores características para a produção de papel enquanto que na região alta o clone 2 foi o mais indicado.

5.3. Na comparação geral entre clones, ou seja, eliminando-se o efeito de topografia e região o clone 1 apresentou-se superior, para a produção de papéis tissue.

Variação radial da densidade básica representada por três posições equidistantes no sentido medula-casca:

5.4. Para ambos os clones, houve nítido aumento da densidade básica no sentido medula-casca, com todas as posições diferindo entre si estatisticamente.

Variação radial da densidade aparente pelo uso da técnica de densitometria de raios-X:

5.5. Para ambos os clones, ocorreram variações radiais intra e inter anéis na densidade aparente, com aumento desta no mesmo sentido.

Variação radial da anatomia:

5.6. Para ambos os clones, os elementos de vasos localizados próximos à medula apresentaram menores diâmetros e maiores frequências de vasos, com nítido aumento no sentido medula-casca.

5.7. Para ambos os clones, fibras localizadas próximas à medula apresentaram menor comprimento, largura e espessura da parede, com nítido

aumento no sentido medula-casca; para o diâmetro do lume, não foi observado uma tendência nítida no mesmo sentido.

5.8. Para ambos os clones, raios localizados próximas à medula apresentaram menor altura ( $\mu\text{m}$ ) e largura de raios; a frequência de raios apresentou nítida redução no sentido medula-casca, enquanto que a altura de raios (número de células) não apresentou nenhuma tendência clara no mesmo sentido.

## 6. REFERÊNCIAS

ABRAF- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Florestas plantadas no Brasil.**

Disponível em: <http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF09-BR.pdf>

Acesso em: 16 de nov. de 2009.

ABNT -ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Ensaio físicos e mecânicos da madeira – MB-26/40.** Rio de Janeiro: 1940. 16p.

ALBINO, J.C. **Características de crescimento e variação da densidade básica em doze espécies de *Eucalyptus* em três regiões do Estado de Minas Gerais.** Piracicaba, 1983. 90p. (Tese-Mestrado-ESALQ).

ALMEIDA, F. S. **Influência da carga alcalina no processo de polpação L-*solids*<sup>®</sup> para madeiras de eucalipto.** 115 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

ANDRADE, E. N.; **O eucalipto.** 2 ed. Jundiaí: Companhia Paulista de Estrada de Ferro, 1961. 667 p.

ANDRADE, M. C. D. **Variação das características das fibras em função da densidade básica de cavacos de madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden.** Botucatu (SP), 1987, 43f. Dissertação (Mestrado – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita).

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

ASSIS, T. F. Melhoramento genético do eucalipto. **Informe agropecuário** , Belo Horizonte, v.8, n. 185, p.40-51, 1996.

BAMBER, R. K. **Comparative Studies of Sapwood and Heartwood.** Ph. D. Thesis, Macquarie Univ., North Ryde (1976).

BAMBER, R. K. **Wood Science and Technology** 10:1. 1976 (a).

BAMBER, R. K. The wood anatomy of eucalyptus and papermaking. **Appita Journal**, v.38, n.3, p.210-216, 1985.

BARRICHELO, L.G. A madeira das espécies de eucalipto como matéria-prima para a indústria de celulose e papel. **Série Divulgação PRODEPEF**, Brasília, n.13,1979.

BARRICHELO, L.E.G. et al. Celulose sulfato de madeiras diferentes espécies de eucalipto. **Silvicultura**, São Paulo, 8(28): 734-8, 1983.

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

BAPTISTA, V. R.; CARNEIRO TOMAZELLO, M. G.; TOMAZELLO FILHO, M. **Caracterização da madeira de eucaliptos: anatomia, densidade básica e densitometria de raios-X.** Disponível em: <<http://143.107.70.222/informa/floresta.html>>. Acesso em: 19 ago. 2003.

BASSA, A.; JUNIOR; F. G. S.; SACON. V. M. Misturas de madeira de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e *Pinus taeda* para produção de celulose kraft através do Processo Lo-Solids®. **Scientia Florestalis**, v.51, n. 75, p. 19-29, set. 2007.

BASS, P. **The wood anatomical range in *Ilex* (Aquifoliaceae) and its ecological and phylogenetic significance.** Blumea, v. 21, p. 193-258. 1973.

BERTOLA; A. **Eucalipto - 100 Anos de Brasil “Falem mal, mas continuem falando de mim!”** Disponível em: [www.celuloseonline.com.br/imagembank/Docs/.../dc/dc022.pdf](http://www.celuloseonline.com.br/imagembank/Docs/.../dc/dc022.pdf). Acesso em :17nov. 2009.

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

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.

BRASIL, M.A.M. **Variação da densidade básica da madeira entre e dentro de procedências de *Eucalyptus urophylla* ST BLAKE.** 1983. 89 p. Tese (Livre docência) Faculdade de Ciências Agrônômicas de Campus de Botucatu, Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu, 1983.

BROWN, C. L. Growth and form. P 125-168. In: ZIMMERMANN, M.H. & BROWN, C.L. **Trees structure and function.** New York: Spring-Verlag, 1974. 336p.

BOUVET, J. M.; BOUILLET, J.P.; VIGNERON, P.; OGNOUABI, N. Genetic and environmental effects no growth and Wood basic density with two *Eucalyptus* híbridos. In: CONECTERING BETWEEN SILVICULTURE AND WOOD QUALITY THROUGH MODELLING APPROACHES AND SIMULATION SOFTWARE, Johanesburgo, 1999. Proceedings. Johanesburgo: s. Ed., 1999. P. 5-12.

BURGER, L.M.; RICHTER, H.G. **Anatomia da madeira.** São Paulo. Editora Nobel, 1991. 154p.

BURLEY J., Genetic variation in wood properties P151-169 In: Bass, P. **New Perspectives in Wood Anatomy**. Martinus Nijhoff/Dr. Junk Publishers, Boston, 1982. 252p.

CARVALHO, A. M. **Valorização da madeira do híbrido *Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla* através da produção conjunta de madeira serrada em pequenas dimensões, celulose e lenha**. Piracicaba, 2000. 129p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo.

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 eucalpto. In Congresso Anual de Celulose e Papel da ABTCP, 31. São Paulo, 1998. **Anais...**São Paulo: ABTCP, 1998. p.367-381.

CARLQUIST, S. **Ecological strategies of xylem evolution**. Berkeley, 1975. University of California Press.

COLODETTE, J.L.; GOMIDE, J.L. **ENF 551- Estrutura anatômica e química da madeira**. Curso de pós-graduação lato sensu em tecnologia de celulose e papel, Módulo I. Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Florestal, Laboratório de Celulose e Papel. Viçosa, 2001.

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

DADSWELL, H. E. **The anatomy of eucalipto woods**. Melbourne: CSIRO: Forest Products Laboratory, Division of Applied Chemistry Technological, 1972.

DECOUX, V.; VARCIN, E.; LEBAN, J. M. Relationships between the intra-ring wood density assessed by X-ray densitometry and optical anatomical measurements in conifers. Consequences for the cell wall apparent density determination. **Annals of Forest Science**. - INRA, Nancy, v. 3, n. 61, p. 251 - 262, abr - maio 2004.

DEMUNER, B. J.; VIANNA DORIA, E. L.; CLAUDIO-DE-SILVA JÚNIOR, E.; MANFREDI, V. As propriedades do papel e as características das fibras de eucalipto. In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL DA ABTCP. São Paulo, 1991. **Anais...** São Paulo: ABTCP, 1991. p. 621-641.

DINWOODIE, J.M. The relationship between fiber morphology and paper properties. A review of literature. **Tappi Journal**, v. 48, n. 8, Aug. 1965.

DUARTE, F. A. S. Avaliação da madeira de *Betula pendula*, *Eucalyptus globus* e de híbrido de ***E. grandis x urophyll* destinadas à produção de polpa celulósica Kraft**. 107p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

ENVANGELISTA, W. V. **Caracterização da madeira de clones de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. e *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, oriunda do consórcio agrossilvipastoril.** 120 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

ESAU, K. 1974. **Anatomia das Plantas com sementes.** Edgard Blucher, São Paulo.

ECHOLS, R. M. **Product suitability of wood: determined by density gradients across growth rings.** Madison: USDA, Forest Service, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, 1972. 6 p. (Research Note, PSW – 273).

FAO. **Global forest resources assessment 2000 – Main report.** FAO Forestry Paeper. ISSN 0258-6150, 2000. 479p. Disponível: [www.fao.org/forestry/fo/fra/main/index.jsp.2000](http://www.fao.org/forestry/fo/fra/main/index.jsp.2000). Acesso em : 15 de nov. de 2009

FOELKEL, C. E.B. **Fibras e polpas.** 2007. Disponível em: <http://www.celsofoelkel.com.br/artigos/.../Fibras%20e%20polpas.pdf>. Acesso em : 15 de nov. de 2009

FOELKEL, C.E.B. A busca da qualidade da madeira do eucalipto para produção de celulose através de árvores projetadas pelo homem. In: SIMPÓSIO SOBRE TENDÊNCIAS DO DESENVOLVIMENTO FLORESTAL BRASILEIRO. **Anais...** Piracicaba, IPEF, 1985. p.1-13.

FOELKEL, C. **Elementos de vaso e celulosas de eucalipto.** 2007. Disponível em: <http://www.eucalyptus.com.br/disponiveis.html>. Acesso:15 nov. 2009.

FOELKEL, C.E.B.; BARRICHELO, L.E.G. **Tecnologia de celulose e papel.** Piracicaba: CALQ, 1975. 207p.

FOELKEL, C. E. B.; MORA, E.; MENOCELLI, S. densidade básica: Sua verdade utilizada como índice de qualidade da madeira de eucalipto para a produção de celulose. **O papel**, São Paulo, v. 35, n.5, p.35-40. Mai. 1992.

GARCIA, C. B. **Anatomia, composição e propriedade de cinco madeiras paraguaias.** Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) Departamento de Engenharia Florestal. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 1995.

GAVA, José Luiz. **Relações entre atributos do solo e a qualidade da madeira de clone de *Eucalyptus grandis* para a produção de celulose.** 54 p. Dissertação. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

GOMIDE, José Lívio; COLODETTE, Jorge Luiz; OLIVEIRA, Rubens Chaves de SILVA, Cláudio Mudado. **Caracterização tecnológica, para produção de celulose, da nova geração de clones de *Eucalyptus* do Brasil.** *Rev. Árvore* [online]. 2005, vol.29, n.1, pp. 129-137. ISSN 0100-6762.



GONÇALVES, F. G.. **Efeito da taxa de crescimento na qualidade da madeira de híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *grandis* para produtos sólidos.** 167 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Universidade Federal do Espírito Santo. Alegre, 2006.

GONÇALVEZ, J. C.; GOMIDE, J. L.; VITAL, B. R. estudos tecnológicos da madeira de brotações de *Eucalyptus grandis* para a produção de celulose Kraft. **Revista Árvore**, v. 10, n.1, p.1-15, 1986.

GOPICHARD, K.; MAHESHWARI, S. (1990): **Vessel picking of printing papers – a problem in need of greater attention.** *Ippta* 2 (1) 19-24.

HARRIS, J. M. **Heartwood formation in *Pinus radiata*** (D. Don). *New hytol.* 53:517-524. 1954.

HIGGINS, H. G. et al..The density and estrutura of hardwood in relation to paper surface characteristics and othes properties. **TAPPI.** Atlanta, v.56, p. 127-131, 1979.

HILLIS, W.E. & BROWN, A.G. - **Eucalyptus for wood plantation.** Canberra, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, 1978. 434p.

HILLIS, W. E.; BROWN, A. G. **Eucalyptus for wood production.** Melbourne: **CSIRO**, 1978, 434p. IAWA COMMITTEE. 1989. International Association of Wood Anatomists. **List of microscopic features for hardwood identification.** IAWA Bulletin 10:220-332.

KOZLOWSKI, T. T. & PALLARDY S. G. **Growth Control in Wood Plants.** Academic Press, San Diego, 1997. 640 p.

KOZLOWSKI, T. T., KRAMER, P.J. & PALLARDY, S. G.**The physiological acology os wood plants.** Academic Press, San Diego, 1991.

KRAMER J.P.& KOSLOWSKI T. **Fisiologia das árvores.** Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1960, 745p.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Legenda de Identificação do Mapa de Solos.** Disponível em: [http://siscom.ibama.gov.br/licenciamento\\_ambiental/Belo%20Monte/Volume%2012%20%20Ap%C3%AAndice%20%20Diagn%C3%B3stico%20da%20ADA%20e%20AID%20\(F%C3%ADsico\)/7.7.7-Pedologia-Ap%C3%AAndice/7.7.7%20Anexo%20Pedologia.pdf](http://siscom.ibama.gov.br/licenciamento_ambiental/Belo%20Monte/Volume%2012%20%20Ap%C3%AAndice%20%20Diagn%C3%B3stico%20da%20ADA%20e%20AID%20(F%C3%ADsico)/7.7.7-Pedologia-Ap%C3%AAndice/7.7.7%20Anexo%20Pedologia.pdf) Acesso em: 08 de fev. de 2010.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal.** São Carlos: Rima Artes e Textos, 2000. 531 p.

LIMA, J. T.; BREESE, M. C.; CAHALAN, C. M. **Variation in wood density and mechanical properties in *Eucalyptus* clones.** In: THE FUTURE OF EUCALYPTUS FOR WOOD PRODUCTS. 2000, Launceston, Tasmania. Proceedings... Launceston: IUFRO. 2000, p. 282-291.

MALLAN, F.A. **Eucalytus improvement for lumber production**. In SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALITO PARA SERRARIA, 1995, São Paulo. Anais... São Paulo: IPEF/IPT, 1995. p. 1-19.

MORA, A.L. et alii. Bases para o melhoramento genético da densidade básica da madeira de *Eucalyptus grandis*. Boletim informativo IPEF, Piracicaba 6(19): 53-61, 1978.

MALAN, F. S; GERISCHER, G. E. R. **Wood property differences in South African grown *Eucalyptus grandis* trees of different growth stress intensity**. Holzforrschung, Berlin, v. 41, p. 331-335, 1987.

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

MOTHE, F.; SCIAMA, D.; LEBAN, J. M.; NEPVEU, G. **Localisation de la transition bois initial - bois final dans un cerne de chêne par analyse microdensitométrique**. *Annales des Sciences Forestières*, Champenoux, Institut national de la recherche agronomique, équipe de recherches sur la qualité des bois, v. 4, n. 55, p. 437 - 449, 1998.

MUNSEL, A.H. **Munsel book of color - defining, explaining and illustrating the fundamental characteristics of color**. Baltimore, Munsel Color Company, 1957. 70 p.

OEVER, L. V. D.; BAAS, P. & ZANDEE, M. Comparative wood anatomy os *Symplocos* and latitude and altitude of provenance. *Iawa Bulletin* 2 (1): 3-24.

OHSAWA, J. **Vessel picking in printing papers**. In: TROPICAL WOOD PULP SYMPOSIUM, 1988, Singapore. Proceedings. Singapore, 1988. p. 220-239.

OLIVEIRA, E. **Correlações entre parâmetros de qualidade da madeira e do carvão de *Eucalyptus grandis* ( w. Hill ex- Maiden)**. Boletim técnico, Viçosa n.2, p.1-9, 1990.

OLIVEIRA, J. T. S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil**. 429 p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

OLIVEIRA; J.G L.**Propriedades anatômicas da madeira de dois clones de eucalipto implantados em diferentes localidades**. 84 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Universidade Federal do Espírito Santo. Alegre, 2009.

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. *Scientia Forestalis*. n.56, p. 113 – 124, Piracicaba: IPEF, 1999.

OLIVEIRA, J.T. S.; HELLMEISTER, J. C. e TOMAZELLO FILHO, M. Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de eucalipto. **Revista Árvore**. 2005, vol.29, n.1, pp. 115-127. ISSN 0100-6762.

OLIVEIRA, J. T. S.; SILVA, J. C. Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 3, p. 381-385, 2003.

PAULA, F.; LEITE, H.G.; NUNES, J. R. S.; CAMPOS, J. C. C. Variação da porcentagem de casca ao longo do tronco e entre árvores de eucalipto. **Revista árvore**, v.16, n. 13, p. 309-318, 1992.

PARKER, M.L.; KENNEDY, W.W. **The status of radiation densitometry for mensurement of wood specific gravity**. In. IUFRO MEETING DIVISION, 5. Pretoria, 1973. Proceedings. Pretoria, 1973, v.4, p. 1765-1787.

POLGE, H. Établissement des courbes de variation de la densité du bois par exploration densitométrique de radiographies d'échantillons prélevés à la tarière sur des arbres vivants: applications dans les domaines technologique et physiologique. **Annales des sciences forestières**, Paris, v.23, n.1, p.1 - 206, 1966.

QUEIROZ, Simone Cristina Setúbal; GOMIDE, José Lívio; COLODETTE, Jorge Luiz e OLIVEIRA, Rubens Chaves de. **Influência da densidade básica da madeira na qualidade da polpa kraft de clones híbridos de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake**. **Revista Árvore** [online]. 2004, vol.28, n.6

RIBEIRO, F.A.; ZANI FILHO, J. Variação da densidade básica da madeira em espécies/ procedências de *Eucalyptus* spp. **IPEF**, v.46, p.76-85, 1993.

ROCHA; F.T.; FLORSHEIM; 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** **Revista Inst. Florestal.**, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 43-55, jun. 2004.

SANTOS, S. R. **Influência da qualidade da madeira de híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e do processo Kraft de polpação na qualidade da polpa branqueada**. 2005. 160p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

SILVA, J. C.; TOMAZELLO FILHO, M.; OLIVEIRA, J.T.S. e 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**. **Revista Árvore**. 2007, vol.31, n.6, pp. 1081-1090. ISSN 0100-6762.

SILVA, J. C.; OLIVEIRA, J. T. S.; TOMAZELLO FILHO, M.; KEINERT JÚNIOR, S.; MATOS, J. L. M de. Influência da idade e da posição radial na massa

específica básica da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **Floresta**, Curitiba, v. 34, n. 1, p. 13-22, 2004.

SILVA, J. C.; XAVIER, B. A. **Eucalipto: manual prático do fazendeiro florestal, produzindo madeira com qualidade**. Viçosa, MG. 2006. 65 p.

SHIMOYAMA, V. R. S. **Variações da densidade básica e características anatômicas e químicas da madeira em *Eucalyptus* sp.** Piracicaba, 1991. 93f. Dissertação (mestrado em Engenharia Florestal – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo).

STOCKAN, L.G. - **General properties of short fibred materials and their influence on pulping**. In: UNESCO/FAO regional symposium on pulp research and technology in the middle east and North Africa, 1970. Proceedings.

TEIXEIRA, M. L.; MENDES, L. M. Correlação entre densidade básica e componente químico da madeira de *Pinus oocarpa*. **O papel**. São Paulo, v. 56, n.11, 3 p. 1995.

TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira de *E. saligna* e *E. grandis*. **IPEF**, Piracicaba, n. 29, p.37-45,1985 (a).

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

TOMAZELLO FILHO, M. Formação e caracterização da estrutura anatômica da madeira de *Eucalyptus*. Curso processamento mecânico e secagem da madeira de *Eucalyptus* **IPEF**, Piracicaba, 1994.

TRENDELENBURG, R. DAS HOLZ ALS ROHSTOFF. Revised by H. Mayer-Wegelin. 2ª ed. **München**, Carl Hauser. 1995.

TREVISAN, R.; HASELEIN, C. R.; MELO, R. R.; STANGERLIN, D. M.; BELTRAME, R.; GATTO, D. A.; CALEGARI, L. Variação radial da massa específica básica da madeira *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Floresta** (UFPR), v. 38, p. 553-559, 2008.

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.

VALENTE, C. A.; MENDES DE SOUSA, A. P.; FURTADO, F. P.; CARVALHO, A. P. Improvement program for *Eucalyptus globulus* at Portucel: Technological compoment. **Appita Journal**, v.45, n.6, p.403-407, 1992.

VALERI, S. V.; FERREIRA, M.E.; MARTINS, M.I.E.G; BANZATTO, D.A.; ALVARENGA, S.F.; CORRADINI, L.; VALLE, C.F. Recuperação de

povoamentos de *Eucalyptus urophylla* com aplicação de nitrogênio, potássio e cálcio dolomítico. **Scientia forestalis**, n. 60, . 53-71, 2001.

VASCONCELOS DIAS, R. L.; CLAUDIO-DA-SILVA JÚNIOR, E. A influência da densidade básica da madeira de híbridos de *Eucalyptus grandis* em suas características químicas e propriedades de polpação do papel. In. CONGRESSO ANUAL DA ABTCP – semana do papel, São Paulo, 1985. **Anais...** São Paulo: ABTCP, p.35-55, 1985.

VITAL, B. R. Métodos de determinação de densidade da madeira. **Boletim técnico**, Viçosa-MG, SIF, 1984. 21p.

VITAL, B. R.; DELLA LUCIA, R. M. Effect of tree spacing on wood production and wood quality of *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus urophylla* at 52 months. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 11, p. 132-145, 1987.

WAKER, N. K. DOBB, R.S. Calculation of wood density variation from x-ray densitometer data. **Wood and Fiber Science**, v. 20, n.1, p.35-43, 1988.

WARDROP, A.B. - Fiber morphology and papermaking. **Tappi**, Atlanta, **52**(3), 1969.

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

WILKES, J. Variations in wood anatomy within of *Eucalyptus*. Australia. **IAWA Bulletin**, v. 9, n. 1, p. 13-23. 1988.

ZIMMERMAN, M. H. AND BROWN, C. L. **Trees, Structure and function**. Springer-Verlag, Berlin, 1971.