



OLÍVIA PEREIRA LOPES

**ANATOMIA E IDENTIFICAÇÃO DA MADEIRA
DE GENÓTIPOS DE *Eucalyptus* spp. PLANTADOS
NO ESTADO DE MINAS GERAIS**

LAVRAS - MG

2013

OLÍVIA PEREIRA LOPES

**ANATOMIA E IDENTIFICAÇÃO DA MADEIRA DE
GENÓTIPOS DE *Eucalyptus* sp. PLANTADOS NO ESTADO DE
MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, área de concentração Processamento e Utilização da Madeira, para obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Fábio Akira Mori

Coorientador

Dr. Fabrício José Pereira

LAVRAS – MG

2013

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Lopes, Olívia Pereira.

Anatomia e identificação da madeira de genótipos de *Eucalyptus* spp. plantados no Estado de Minas Gerais / Olívia Pereira Lopes. – Lavras : UFLA, 2013.

93 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2013.

Orientador: Fábio Akira Mori.

Bibliografia.

1. *Eucalyptus*. 2. Identificação. 3. Anatomia. 4. Genótipos. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 674.12

OLÍVIA PEREIRA LOPES

**ANATOMIA E IDENTIFICAÇÃO DA MADEIRA DE
GENÓTIPOS DE *Eucalyptus* sp. PLANTADOS NO ESTADO DE
MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, área de concentração Processamento e Utilização da Madeira, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 28 de agosto de 2013.

| | |
|-------------------------------------|----------|
| Dr. Fábio Akira Mori | DCF/UFLA |
| Dr. Paulo Fernando Trugilho | DCF/UFLA |
| Dr. Alcir Tadeu de Oliveira Brandão | DF/UFRA |

Orientador

Dr. Fábio Akira Mori

Coorientador

Dr. Fabrício José Pereira

LAVRAS - MG

2013

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela força, fé e foco, durante esses dois anos.

Aos meus pais e heróis, Francineide Lopes e Mozart Lopes que me apoiam incondicionalmente, fazem dos meus sonhos os seus e estão presentes em cada página deste trabalho.

As minhas amigas Paula Titan, Thaís Guimarães, Fabíola Oliveira, Cyane Figueiredo que mesmo distante se fizeram presente e compartilharam dessa trajetória.

Ao meu grande amigo Vinnicius Pizzol que tanto cuidou de mim durante esses anos.

As minhas novas e tão especiais amigas: Helena Botelho e Tatiana Fantazinni, dois presentes que ganhei aqui em Lavras.

As minhas companheiras e amigas de morada Amanda Souza, Gabriela Silva, Taísa Malantruco, Victória Maciel e Juliana Meles.

Aos amigos do programa de Ciência e Tecnologia da Madeira, por todos os momentos compartilhados que ficarão eternamente guardados e serão motivo de alegria ao serem recordados, em especial para: Anna Carolina, por ter sido tão companheira e ajudado na confecção das lâminas; Alessandra Fonseca, pelos cafés e auxílio; ao Fernando Andrade, pela paciência com as figuras; ao Jonnys Castro, pela ajuda com os dados e pelas risadas; a Livia Dias, por ter me aturado durante esses dois anos e além de irmã acadêmica ter sido uma grande amiga; Tatiana Arruda pelas palavras de sabedoria e apoio; Samuel por toda dedicação e paciência.

Ao meu orientador Prof. Fábio Akira Mori, pela paciência e ensinamentos durante o desenvolvimento do trabalho, ao Prof. José Fabrício Pereira que foi de imprescindível ajuda na reta final.

Aos atendentes da padaria e restaurante que frequentei assiduamente durante esses dois anos, obrigada pelos sorrisos e pelas palavras de carinho, fizeram com que a estadia longe da família fosse mais doce.

Às empresas colaboradoras: Cenibra, Plantar e V&M, especialmente: Sra. Elizabeth, Sr. Everton, Sr. João e Sra. Juliana.

À Universidade Federal de Lavras e ao programa de pós-graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira.

À CAPES pela concessão da bolsa.

Muito obrigada, minha eterna gratidão a todos acima citados.

RESUMO

Dentre as espécies de madeira com vasta utilização na indústria de produtos florestais, as do gênero *Eucalyptus* possuem grande relevância no mercado atual. O estado de Minas Gerais possui a maior área plantada de *Eucalyptus* do País, comercializados por empresas para as mais diversas finalidades. Atualmente há a necessidade de estudar anatomicamente os genótipos mais utilizados pelas empresas, verificando as diferenças existentes dentro desse gênero que possui características semelhantes entre as espécies. O presente trabalho objetivou caracterizar e identificar anatomicamente alguns genótipos de *Eucalyptus* L'Herit. plantados no estado de Minas Gerais. Para a anatomia e identificação da madeira dos genótipos foram utilizados procedimentos anatômicos conforme descritos na IAWA (1989) e a microscopia eletrônica de varredura (MEV) para mensuração do diâmetro das pontoações intervasculares. Foram coletados seis genótipos. De cada genótipo foram utilizadas três árvores e retirou-se um disco, no DAP, de cada uma. Dos discos foram retirados três corpos de prova, no sentido medula-câmbio. Houve variação radial significativa nas variáveis analisadas. Camadas de crescimento, parênquima axial e parênquima radial possibilitaram a separação dos genótipos; pontoações intervasculares são pequenas em todos os genótipos. Apesar da semelhança entre os genótipos foi possível diferenciá-los por meio das características qualitativas.

Palavras-chave: Identificação. Anatomia. *Eucalyptus*. Genótipos.

ABSTRACT

Among the wood species with wide use in the forest products industry, the *Eucalyptus* genus has great relevance in the current market. The Minas Gerais state has the largest area planted of *Eucalyptus* in Brazil, marketed by companies for many different purposes. Currently there is a need to study anatomically genotypes most commonly used by companies, checking the differences within that genus which has similar characteristics among the species. The present study aimed to characterize and identify anatomically some genotypes of *Eucalyptus* L'Herit. planted in the Minas Gerais state. For wood anatomy and identification of genotypes were used as anatomical procedures described in IAWA (1989) and scanning electron microscopy to measure the diameter of the intervacular pits. Six genotypes were collected. Of each genotype were used three trees and pulled out a disc, in the diameter at breast height - DBH of each one. Of the discs were removed three test samples in the pith-rates. There was significant radial variation in the analyzed variables. Growth layers, axial parenchyma and radial parenchyma allowed the genotypes separation; intervacular pits are small in all genotypes. Despite the similarity between the genotypes was possible to distinguish them by means of qualitative characteristics.

Keywords: Identification. Anatomy. *Eucalyptus*. Genotypes.

LISTA DE TABELAS

| | | |
|-----------|--|----|
| Tabela 1 | Identificação dos genótipos coletados | 31 |
| Tabela 2 | Características dos talhões de coleta | 31 |
| Tabela 3 | Diferença de coloração entre cerne e alburno dos genótipos..... | 40 |
| Tabela 4 | Média geral do comprimento do elemento de vaso (μm), por genótipo | 51 |
| Tabela 5 | Média geral da frequência de vaso (mm^2), por genótipo | 52 |
| Tabela 6 | Média geral do diâmetro de vaso (μm), por genótipo | 53 |
| Tabela 7 | Índice de vulnerabilidade, por genótipo | 55 |
| Tabela 8 | Média geral da altura do raio (μm), por genótipo | 62 |
| Tabela 9 | Média geral da largura em micrometros (μm), por genótipo | 64 |
| Tabela 10 | Média geral da frequência de raio (raios/mm), por genótipo | 65 |
| Tabela 11 | Média geral do comprimento de fibra (μm), por genótipo | 68 |
| Tabela 12 | Média geral da espessura da parede da fibra (μm), por genótipo | 69 |

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 Metodologia aplicada para coleta das amostras e obtenção dos corpos de prova33
- Figura 2 Diferença de coloração entre alborno e cerne dos genótipos estudados: *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (1 e 2); *Eucalyptus urophylla* (3, 4 e 5); e *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus camaldulensis* (6)39
- Figura 3 Orientação dos elementos axiais na região próxima à casca (alborno) e na região próxima à medula (cerne) nos seis genótipos analisados, respectivamente42
- Figura 4 Variação do ângulo da grã na região próxima à casca (P3) e na região próxima à medula (P1) dos genótipos analisados, médias seguidas de letras minúsculas iguais, dentro de cada genótipo, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de significância; CV (%) = 30,89 (Apêndice A)43
- Figura 5 Variação do ângulo da grã na região próxima à casca dos genótipos analisados, médias seguidas de letras minúsculas iguais não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância ...44
- Figura 6 Variação do ângulo da grã na região próxima à medula dos genótipos analisados, médias seguidas de letras minúsculas iguais não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.....45
- Figura 7 Diferença de tonalidade (seta) na camada de crescimento, devido ao espessamento da parede da fibra, respectivamente nos genótipos de 1 a 6.....47
- Figura 8 Corte transversal nos genótipos analisados evidenciado as camadas de crescimento, parênquima axial, disposição e arranjo dos

| | |
|--|----|
| <p>elementos de vaso. Camada de crescimento distinta pela diminuição visual no diâmetro e frequência dos vasos (1 e 2); camada de crescimento demarcada pela diminuição na frequência e diâmetros dos vasos, além da presença do parênquima aliforme losangular (seta) no lenho tardio (3, 4 e 5); camada de crescimento demarcada pela diminuição na frequência do vasos (6).....</p> | 47 |
| <p>Figura 9 Pontoações intervasculares areoladas e alternas em todos os genótipos analisados.....</p> | 49 |
| <p>Figura 10 Pontoações raio-vasculares de aréola reduzida, aparentemente simples (seta), em todos os genótipos analisados.....</p> | 49 |
| <p>Figura 11 Variação do comprimento do elemento de vaso no sentido medula-câmbio, nos seis genótipos analisados, respectivamente. Médias seguidas de letras minúsculas iguais, dentro de cada genótipo, não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância (Apêndice B)</p> | 50 |
| <p>Figura 12 Variação da frequência de vaso no sentido medula-câmbio, nos seis genótipos analisados, respectivamente. Médias seguidas de letras minúsculas iguais, dentro de cada genótipo, não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância (Apêndice C).....</p> | 52 |
| <p>Figura 13 Variação do diâmetro de vaso no sentido medula-câmbio, nos seis genótipos analisados, respectivamente. Médias seguidas de letras minúsculas iguais, dentro de cada genótipo, não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância (Apêndice D).....</p> | 53 |
| <p>Figura 14 Pontoações intervasculares areoladas e alternas, pequenas no sentido medula-câmbio, nos seis genótipos analisados, respectivamente.....</p> | 56 |

| | |
|--|----|
| Figura 15 Variação do diâmetro da pontoação no sentido medula-câmbio, próximo à medula (P1), intermediária (P2) e próximo à casca (P3), nos seis genótipos analisados. Médias seguidas de letras minúsculas iguais, dentro de cada genótipo, não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância; CV (%) = 12,66 (Apêndice F)..... | 57 |
| Figura 16 Parênquima axial nos seis genótipos analisados, respectivamente: paratraqueal vasicêntrico (seta) e apotraqueal difuso (1 e 2); paratraqueal vasicêntrico (seta), aliforme losangular de aletas curtas (seta) e apotraqueal difuso (3, 4 e 5); paratraqueal vasicêntrico, raro aliforme losangular e apotraqueal difuso (seta) (6)..... | 59 |
| Figura 17 Disposição do parênquima radial no plano tangencial formado por raios unisseriados não apresentam estratificação | 60 |
| Figura 18 Morfologia do parênquima radial, presença de células quadradas (seta) nos genótipos de 1 a 5 | 61 |
| Figura 19 Variação da altura do raio no sentido medula-câmbio, nos seis genótipos analisados, respectivamente. Médias seguidas de letras minúsculas iguais, dentro de cada genótipo, não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância (Apêndice G)..... | 62 |
| Figura 20 Variação da largura de raio no sentido medula-câmbio, nos seis genótipos analisados, respectivamente. Médias seguidas de letras minúsculas iguais, dentro de cada genótipo, não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância (Apêndice H)..... | 63 |
| Figura 21 Variação da frequência de raio por mm/linear no sentido medula-câmbio, nos seis genótipos analisados, respectivamente. Médias seguidas de letras minúsculas iguais, dentro de cada genótipo, não | |

| | |
|--|----|
| diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância (Apêndice I)..... | 65 |
| Figura 22 Presença de fibrotraqueídes nos genótipos analisados (1) e fibras libriformes com lúmen parcialmente preenchido (2) | 66 |
| Figura 23 Variação do comprimento de fibra no sentido medula-câmbio, nos seis genótipos analisados, respectivamente. Médias seguidas de letras minúsculas iguais, dentro de cada genótipo, não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância (Apêndice J)..... | 67 |
| Figura 24 Variação na espessura da parede da fibra no sentido medula-câmbio, nos seis genótipos analisados, respectivamente. Médias seguidas de letras minúsculas iguais, dentro de cada genótipo, não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância (Apêndice K)..... | 69 |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 15 |
| 2 | REVISÃO DE LITERATURA | 18 |
| 2.1 | Anatomia e identificação da madeira | 18 |
| 2.2 | Florestas plantadas: gênero <i>Eucalyptus</i> L'Hért..... | 22 |
| 2.3 | Madeira de eucalipto..... | 27 |
| 3 | MATERIAL E MÉTODOS | 30 |
| 3.1 | Dados descritivos das áreas de coleta e do material coletado..... | 30 |
| 3.2 | Confecção dos corpos de prova..... | 31 |
| 3.3 | Análise macroscópica | 33 |
| 3.3.1 | Análise da grã..... | 34 |
| 3.4 | Análise microscópica | 34 |
| 3.4.1 | Preparação e montagem - lâminas com material macerado | 35 |
| 3.4.2 | Preparação e montagem - lâminas histológicas | 36 |
| 3.5 | Microscopia eletrônica de varredura (MEV) | 37 |
| 3.6 | Análise dos dados | 37 |
| 3.7 | Separação anatômica dos genótipos de <i>Eucalyptus</i> | 38 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 39 |
| 4.1 | Propriedades Organolépticas..... | 39 |
| 4.1.1 | Cor..... | 39 |
| 4.1.2 | Brilho, odor e textura | 41 |
| 4.1.3 | Grã..... | 42 |
| 4.2 | Características anatômicas | 46 |
| 4.2.1 | Camadas de crescimento..... | 46 |
| 4.2.2 | Elementos de vaso | 48 |
| 4.2.3 | Parênquima Axial..... | 58 |
| 4.2.4 | Parênquima radial..... | 59 |
| 4.2.5 | Fibras..... | 66 |
| 5 | SEPARAÇÃO ANATÔMICA DOS GENÓTIPOS DE <i>Eucalyptus</i> | 72 |
| 6 | CONCLUSÃO | 74 |
| | REFERÊNCIAS | 74 |
| | APÊNDICES | 82 |

1 INTRODUÇÃO

A madeira é um recurso florestal de relevante importância, pois possui características peculiares que a diferenciam de outros materiais. É apreciada e utilizada pelo homem desde os primórdios da humanidade e suas formas de utilização evoluíram frente às necessidades da sociedade.

Há um grande número de espécies produtoras de madeira, muitas dessas ainda não tiveram a estrutura do seu lenho estudada. Reafirmando a colocação feita por Toghraie et al. (1999), pertinente ainda nos dias atuais, o interesse mundial em questões ambientais e na utilização da madeira, explicita a necessidade da identificação dessa e de pesquisas relacionadas à anatomia e propriedades dessa.

Caracterizando a estrutura da madeira, determinando as dimensões e proporção das suas células e as variações existentes nessas características, agrega-se maior justificativa e coerência à caracterização tecnológica, fundamental às empresas consumidoras dessa matéria-prima. Visto que, as propriedades da madeira relacionam-se diretamente com seu arranjo estrutural.

Dentre as espécies de madeira com vasta utilização na indústria de produtos florestais, as do gênero *Eucalyptus* possuem grande relevância no mercado atual. A introdução desse gênero para fins produtivos, no Brasil, ocorreu no ano 1904 por Edmundo Navarro de Andrade que também é um dos pioneiros nas atividades de reflorestamento e de preservação ambiental (MARTINI, 2004).

Espécies contidas no gênero, supracitado, são matérias-primas utilizadas para atender às necessidades dos mais diversos segmentos da produção industrial madeireira, com destaque para a indústria de papel, celulose e energia. A capacidade de adaptação a diversos ambientes, rápido crescimento e à

diversidade de espécies, faz com que esse gênero seja muito utilizado em plantios florestais no Brasil (ASSIS, 1999).

Apesar do grande potencial existente nas espécies do gênero, ocorrem restrições próprias de cada espécie, no entanto, essas são minimizadas ou solucionadas com a implantação de programas de melhoramento genético, buscando a produção de matéria-prima de qualidade com características adequadas aos processos e produtos, e também redução de custo e tempo de produção. Paula et al. (2002) afirmam que a possibilidade de obter ganhos máximos, para as características desejáveis a dado produto, é considerada como uma das maiores contribuições da genética quantitativa para o melhoramento vegetal.

De acordo com dados da Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas - ABRAF (2013), em 2012 a área ocupada por plantios florestais de *Eucalyptus* no Brasil totalizou 5.102.030 ha. O estado de Minas Gerais, situado na região sudeste do Brasil, possui a maior área de plantio de *Eucalyptus* do País, com aproximadamente 1.438.971 ha, comercializados por empresas para as mais diversas finalidades.

Os estudos realizados sobre a anatomia das espécies desse gênero abordam principalmente as dimensões das fibras, que apresentam grande potencial de utilização como matéria-prima para indústria de celulose.

Além da utilização no setor de papel e celulose, as espécies do gênero são, também, matéria-prima para produção de carvão vegetal, óleos essenciais e madeira. Apesar da notável importância das espécies de eucaliptos para o setor florestal, acarretando em ganhos econômicos e sociais, os trabalhos realizados focando a caracterização anatômica são escassos e os mais completos datam da década de 80.

Atualmente, devido às lacunas que surgiram com o tempo e o melhoramento das espécies do gênero, influenciando diretamente na estrutura do

lenho, há a necessidade de se estudar anatomicamente os genótipos mais utilizados pelas empresas, a fim de verificar as diferenças existentes dentro desse gênero de plantas que possui muitas semelhanças no arranjo estrutural.

O extenso plantio *Eucalyptus* no estado de Minas Gerais e a necessidade de mais trabalhos anatômicos, agregando estudos macroscópicos e microscópicos, tornam imprescindível a caracterização anatômica dos principais genótipos plantados.

Mesmo possuindo características anatômicas semelhantes, há a possibilidade de diferenciar os genótipos pelas características individuais, que podem ser mostradas fazendo-se uso de estudo anatômico mais aprofundado.

Considerando os argumentos expostos acima, o presente trabalho objetivou caracterizar e identificar anatomicamente alguns genótipos de *Eucalyptus* L'Herit. plantados no estado de Minas Gerais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Anatomia e identificação da madeira

A madeira é uma matéria-prima de origem biológica que possui grande complexidade. Tsoumis (1991) afirma que a natureza lenhosa adquirida pelas plantas vasculares é considerada como uma organização arquitetônica bem estabelecida.

Sua derivação do latim, *materia*, esclarece o significado primitivo, mas ainda dominante - material dotado de propriedades técnicas gerais que o recomendam para determinados usos. A madeira, também, pode ser chamada de lenho secundário (MILANEZ, 1946), uma vez que é oriunda do crescimento secundário das plantas.

Segundo Metcalfe e Chalk (1983), o estudo aprofundado da estrutura das plantas começou com investigações feitas por Nehemiah Grew (1641-1712), na Inglaterra, e Marcello Malpighi (1628-94), na Itália. Não há uma linha clara de demarcação entre o estudo da histologia vegetal geral e da anatomia da madeira. No entanto, atualmente a anatomia da madeira é uma área já estabelecida, na qual diversos profissionais atuam. O estudo da estrutura da madeira tem sido largamente aplicado às diferentes áreas da ciência, dedicando-se a investigar as relações entre a anatomia e as outras propriedades da madeira, além da identificação precisa das espécies produtoras de xilema secundário.

Não basta apenas determinar as propriedades gerais das madeiras, há a necessidade de identificação da espécie, de modo a reconhecer a árvore capaz de fornecer material lenhoso com as propriedades adequadas. Dessa forma, surgiu a identificação de madeiras pelo processo de avaliação da estrutura e da anatomia

do lenho, sendo considerado um método preciso, seguro e de fácil aplicação (PEREIRA, 1937).

A identificação de espécies pela anatomia da madeira baseia-se em um número mais reduzido de caracteres do que a taxonomia vegetal, fazendo com que as informações da estrutura anatômica sejam mais apropriadas como complemento das classificações naturais, aumentando o rol de caracteres disponíveis para comparação entre espécies (MARCHIORI, 1990). A anatomia da madeira vem se consolidando como um importante instrumento na solução de questões taxonômicas, evolutivas e ecológicas (SOFFIATTI; ANGYALOSSY-ALFONSO, 1999). Tem sido uma importante área na biologia vegetal, havendo diversas aplicações e vertentes, incluindo a sistemática e evolução das plantas (HERENDEEN; MILLER, 2000).

Há atualmente, chaves de identificação computadorizadas que facilitam a identificação de madeiras. No entanto, os métodos tradicionais possuem grande importância, sendo mais eficientes e aceitos pela comunidade científica, principalmente quando aplicados na identificação de madeiras de uso comercial. Essa identificação é de grande valor, uma vez que algumas etapas de processamento da madeira dependem da identificação correta das espécies como, por exemplo, a secagem, pois diferentes espécies exigem protocolos distintos. Quando surgem problemas durante o processamento da madeira, um dos primeiros questionamentos a ser feito é se a madeira em uso foi identificada corretamente (WHEELER; BAAS, 1998).

Além de ser importante para a indústria de produtos florestais, a identificação de madeiras também possui valor forense. Segundo, Miller (1993 apud WHEELER; BAAS, 1998), nos EUA a análise da escada de madeira usada no rapto de Lindbergh na década de 1930 proporcionou evidências cruciais para acusar o suspeito.

A mais simples aplicação da identificação de madeiras consiste em verificar a autenticidade de determinada espécie, confrontando as características anatômicas dessa com as de uma amostra autêntica de uma coleção oficial. Nesses procedimentos, observa-se a princípio a lupa, uma superfície de madeira cortada de forma nítida, em cada um dos três planos anatômicos, no entanto se a observação dessas características não for suficiente preparam-se lâminas histológicas, para posteriores estudos microscópicos (MILANEZ, 1946).

No parágrafo acima, as afirmações formadas por Milanez (1946), descrevem duas abordagens distintas do estudo anatômico de identificação de madeiras: a macroscopia e a microscopia.

Na macroscopia são observadas características que requerem pouco ou nenhum aumento, essas características são divididas em dois grupos: organolépticas e anatômicas. Entende-se por organolépticas como sendo as características perceptíveis pelos órgãos sensoriais, englobando cor, cheiro, gosto, brilho, grã e textura das espécies que se deseja estudar. As características anatômicas como camadas de crescimento, tipo de parênquima, poros e raios, são observadas a olho nu ou com lupa 10 vezes de aumento (ZENID, 1997).

Muitas madeiras são identificadas macroscopicamente, no entanto para descrições mais precisas é necessária a análise microscópica, obtendo informações sobre composição dos raios; presença ou ausência de células oleíferas; tipos de placa de perfuração; pontoações; fibras septadas entre outras características (CORE et al., 1979 apud NIGOSKI et al., 2003).

Os estudos microscópicos requerem lâminas de alta qualidade das partes seccionadas da planta, embora técnicas de seccionamento possuam uma longa história, o corte de partes das plantas que possuem tanto tecidos rígidos quanto tecidos flexíveis, ainda é um desafio (BARBOSA et al., 2010).

Tanto a macroscopia quanto a microscopia são curtas histórias escritas com imagens, podendo ser excelentes auxiliares na compreensão e ensino da

anatomia da madeira quando focada em um determinado assunto (DUDZICK, 1988).

Somente um esforço constante para suprir as limitações dos glossários pode resultar em uma compreensão maior sobre a anatomia da madeira e sua evolução. A necessidade de tal esforço é compreendida de forma mais adequada quando se tem um grupo com grande diversidade de espécies produtoras de madeira, demonstrando inúmeros problemas nas características anatômicas (CARLQUIST, 2010).

As madeiras podem ser agrupadas em duas categorias distintas: coníferas e folhosas. As coníferas pertencem ao grupo das gimnospermas, que apresenta como características distintivas as folhas aciculares, ausência de frutos e sementes descobertas. As folhosas pertencem ao grupo das angiospermas (eu)dicotiledôneas, que apresentam como características distintivas folhas largas e sementes encerradas em frutos (ROWEL, 2005 apud CARVALHO et al., 2009).

Em termos estruturais as madeiras de coníferas são relativamente simples, compostas quase que totalmente por células alongadas denominadas traqueídes, células organizadas de forma transversal que compõem os raios parenquimáticos e canais secretores (geralmente de resina) que também são facilmente encontrados. As madeiras de folhosas possuem maior complexidade estrutural, apresentando maior diversidade de padrões de organização celular. Três tipos básicos de células são encontrados nas folhosas: aquelas que compõem os vasos, as fibras e as células do raio parenquimático, que constituem o parênquima radial além do parênquima axial (DESCH; DINWOODIE, 1996 apud CARVALHO et al., 2009; ROWEL, 2005).

O conhecimento da estrutura anatômica da madeira é de fundamental importância no que diz respeito à sua qualificação para atender à grande

variedade de usos no qual é utilizada, evitando-se emprego inadequado e desperdício (PAULA, 2003).

Considerando que a madeira é uma matéria-prima heterogênea, havendo diferenças entre espécies e dentro de uma mesma espécie, é importante o estudo da anatomia a fim de determinar quais são essas diferenças entre as espécies de plantas de interesse global, como no caso das pertencentes ao gênero *Eucalyptus*.

Os eucaliptos fazem parte das angiospermas (eu)dicotiledôneas (folhosas), conseqüentemente possuem uma estrutura anatômica complexa, com diferentes tipos de células. Segundo Tomazello Filho (1985a), após trabalhos realizados por Dadswell (1934) houve um avanço significativo na anatomia da madeira e sua aplicação na identificação de madeiras de eucalipto.

Détienne e Jacquet (1983 apud SOFFIATI; ALFONSO, 1999), mencionam a dificuldade de separação dos gêneros da família *Myrtaceae*, onde está inserido o gênero *Eucalyptus*, com base na anatomia da madeira, decorrente da homogeneidade entre alguns, aliada à heterogeneidade entre espécies de um mesmo gênero.

2.2 Florestas plantadas: gênero *Eucalyptus* L'Hért

O aumento do desmatamento apela pelo estabelecimento de planos de gestão e integração de reflorestamento, além da produção de madeira sustentável (VERHEYDEN et al., 2004).

Os impactos causados por esses desmatamentos tornam crescente a preocupação das empresas do setor florestal em aplicar práticas de manejo ambientalmente saudáveis garantindo a sustentabilidade da produção florestal (CHAER; TOTÓLA, 2007). A utilização de madeira oriunda de florestas

plantadas garante a redução da exploração de florestas nativas e impacto ambiental.

Nas décadas passadas, a maior parte da madeira utilizada no País provinha de árvores adultas de florestas naturais. Nos dias atuais, devido ao decréscimo constante de árvores adultas com grandes diâmetros, decorrente de florestas naturais, tornou-se comum a produção de madeira em ciclos curtos, fazendo-se uso de espécies de rápido crescimento (BALLARIN; PALMA, 2003).

As florestas de manejo são definidas como: (1) florestas naturais, são geridas como florestas de proteção, reservas florestais e parques naturais; (2) florestas plantadas, objeto de práticas silviculturais tais como, poda, desbaste pré-comercial e desbaste, destinadas a suprir a demanda por madeira. A média de crescimento de biomassa viva em florestas plantadas é em geral maior que em florestas naturais, sendo essas primeiras o mais importante tipo de floresta em termos de sequestro de carbono (HIROSHIMA; NAKAJIMA, 2006). Entre as estratégias para redução da concentração de gás carbônico na atmosfera, o sequestro do carbono através do plantio e manejo de florestas apresenta grande destaque e o gênero *Eucalyptus* possui notável importância, devido seu rápido crescimento e sua alta produtividade.

Nas décadas de 60 e 70, com incentivos do governo, foram introduzidas espécies exóticas de rápido crescimento, com o objetivo de aumentar os estoques de madeira para abastecer a indústria. No sul do País, as coníferas que se adaptaram melhor foram *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*, originários do sul dos Estados Unidos, bem como espécies do gênero *Eucalyptus*, uma folhosa procedente da Austrália (SANTINI et al., 2000).

No Brasil, esse gênero tem sido extensivamente utilizado em plantios florestais, devido sua grande capacidade de adaptação e suas características de

rápido crescimento, produtividade, diversidade de espécies além de aplicações para diferentes finalidades (MORA; GARCIA, 2000).

O gênero *Eucalyptus* faz parte da família *Myrtaceae*, a qual abrange aproximadamente 133 gêneros e 3800 espécies de arbustos e árvores, possui grandes centros de diversidade na Austrália, sudeste da Ásia, tropical até o sul da América temperada, e tem uma pequena representação na África. A família se distingue por uma combinação de diversas características, entre: folhas contendo estruturas secretoras de óleo, estames numerosos, floema interno e pontoações guarnecidas nos elementos de vaso (WILSON et al., 2001). Observa-se que essa família é principalmente tropical e subtropical, em todo o mundo, estando bem representada na parte tropical da América do Sul (DIAS-LEME et al., 1995).

A palavra *Myrtaceae* é originária do grego “*myron*”, que significa perfume e justifica-se pela presença, nessa família, de canais e cavidades secretoras de óleos essenciais, tanto no córtex do caule como no parênquima das folhas. As flores são regulares, andróginas, pentâmeras ou tetrâmeras (LANDRUM; KAWASAKI, 1997).

A família *Myrtaceae* é considerada uma das mais importantes famílias presentes nos ecossistemas brasileiros. A nova classificação infrafamília reconhece duas subfamílias, *Psiloxylloideae* e *Myrtoideae* e 17 tribos, a primeira subfamília ocorre na Polinésia e Austrália e a segunda predomina na América tropical e subtropical. As mirtáceas brasileiras pertencem à tribo *Myrteae* (LANDRUM; KAWASAKI, 1997; WILSON et al., 2005).

As espécies de mirtáceas brasileiras geralmente não produzem madeiras valiosas para usos “nobres”, o uso dessas restringe-se ao fornecimento de lenha, à utilização em pequenas peças ou objetos e outros (MARCHIORI; SOBRAL, 1997 apud GRESSLER et al., 2006). No entanto, há numerosas espécies frutíferas, algumas delas comercialmente exploradas, como as conhecidas vernaculamente como jabuticabeira, *Myrciaria cauliflora* (Mart.) O. Berg., e a

pintagueira, *Eugenia uniflora* L., representando apenas uma fração do grande potencial que a família apresenta, considerando além desses outros inúmeros frutos comestíveis produzidos por espécies de mirtáceas (LANDRUM; KAWASAKI, 1997).

Em algumas florestas úmidas do leste brasileiro, *Myrtaceae* pode ser a família dominante em termos de números de espécies, número de indivíduos e total de área basal (MORI et al., 1983).

Nas características anatômicas das espécies produtoras de madeira da família, Record e Hess (1949 apud MARCHIORI; BRUM, 1997), destacam a presença de placas de perfuração simples, pontoações guarnecidas nos elementos de vaso e raios nitidamente heterogêneos.

No gênero *Eucalyptus*, pertencente a essa família e descrito pelo francês L'Héritier, ocorrem mais de 600 espécies, essas se desenvolvem em condições diversas de solo e clima. Esse gênero possui grande importância econômica no País, visto que constitui grande parte dos plantios do setor florestal (RAPASSI et al., 2008); além da quantidade relevante de espécies há também grande número de variedades e híbridos. Algumas dessas espécies tornaram-se importantes fontes de fibra de madeira e são plantadas em todo mundo para atender à indústria de papel e celulose (PEREIRA et al., 2000).

É representado por árvores com alta taxa de crescimento, plasticidade, fuste reto, desrama natural e madeira com variações nas propriedades tecnológicas, adaptadas às mais variadas condições de uso (OLIVEIRA et al., 1999).

Os eucaliptos são componentes dominantes na vegetação da Austrália, constituindo no ano de 1997, 26 dos 40 milhões de hectares de florestas nativas, sendo aproximadamente 22 milhões de hectares de florestas nativas na região sul-oriental da Austrália (ILIC, 1997). O Serviço Florestal da Austrália já identificou 670 espécies e apenas duas delas, *Eucalyptus urophylla* e *E.*

deglupta, têm ocorrência natural fora do território australiano (BERTOLA, 2004).

Segundo Mora e Garcia (2000), grande parte das espécies de eucaliptos conhecidas são árvores típicas de florestas altas, com 30 a 50 metros de altura. As espécies mais utilizadas no mundo são o *Eucalyptus grandis*, *E. camaldulensis*, *E. tereticornis*, *E. globulus*, *E. urophylla*, *E. viminalis*, *E. saligna* e *E. citriodora*.

No Brasil, a utilização dos híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* destacam-se no cenário florestal, principalmente por esses apresentarem um bom desempenho na produção de papel e celulose (BASSA; SILVA JÚNIOR; SACON, 2007). Outros híbridos também são utilizados para suprir a necessidade por matéria-prima adequada nas diversas vertentes do setor florestal, como no processo de obtenção de madeira tratada e para carvão vegetal.

As plantações de espécies desse gênero estão sendo ampliadas em muitos países, não só pela excelência das propriedades da madeira na fabricação de papel, como também pelas altas taxas de crescimento das árvores (DOWNES et al., 1997 apud ROCHA et al., 2004).

O gênero apresenta como características gerais o alburno cor palha; a cor do cerne varia de castanho claro a castanho avermelhado escuro, possui textura moderadamente grosseira, podendo variar de fina a grosseira; a sua grã é caracteristicamente intercruzada e os veios de kino são uma característica proeminente da maioria das espécies do gênero. As características microscópicas mais marcantes são os vasos com distribuição difusa na maioria das espécies, geralmente solitários e arranjo oblíquo em vários graus, placa de perfuração exclusivamente simples e tiloses geralmente presentes; os raios são unisseriados na maioria das espécies (DADSWELL, 1972).

2.3 Madeira de eucalipto

As espécies do gênero *Eucalyptus* são consideradas uma boa alternativa quando se necessita de rápido crescimento, não somente por sua capacidade produtiva e adaptabilidade a diversos ambientes, mas, também, pela grande diversidade de espécies, tornando possível atender aos requisitos tecnológicos dos mais diversos segmentos da produção industrial madeireira (LOBÃO et al., 2004).

A madeira de eucalipto tem sido utilizada para atender diversas finalidades industriais, além de usos tradicionais como lenha, estacas, moirões, dormentes, carvão vegetal, papel e celulose, aglomerados e extração de óleos e resinas, há uma forte tendência em utilizá-la de outras formas. O gênero *Eucalyptus* compreende um grande número de espécies com madeiras que possuem diferentes características anatômicas, físico- mecânicas e estéticas (GONÇALVES, 1995; PEREIRA et al., 2000).

O estudo da anatomia das madeiras de eucaliptos é importante não apenas para a identificação e diferenciação de espécies do gênero, mas também para o posterior conhecimento das características tecnológicas dessas, otimizando seu uso (OLIVEIRA, 1997 apud ALZATE, 2009).

A grande importância da madeira de eucalipto acarretou na realização de diversos trabalhos acadêmicos, a fim de conhecer suas características e propriedades. Na década de 80, importantes trabalhos de caracterização foram realizados, servindo como base para os trabalhos mais recentes. Tomazello Filho (1985a) caracterizou anatomicamente a madeira de oito espécies de eucaliptos: *Eucalyptus globulus*, *E. gummifera*, *E. microcorys*, *E. pellita*, *E. pilularis*, *E. e. triantha*, a análise microscópica mostrou diferenças na estrutura anatômica da madeira, possibilitando a caracterização das diferentes espécies de eucaliptos. Angyalossy-Alfonso (1987), realizou a caracterização anatômica do lenho e da

casca de vinte e uma espécies do gênero *Eucalyptus*, todas cultivadas no País, embora essas espécies apresentem algumas características constantes, é possível diferenciá-las pelas particularidades.

Pereira et al. (2000) avaliaram a variabilidade do comprimento da fibra na madeira e casca de *Eucalyptus globulus*, constatando que as fibras tanto na madeira quanto na casca são morfologicamente similares, mas geralmente mais longas na casca. A variação axial foi pequena e oposta, o comprimento da fibra decresceu na madeira e aumentou significativamente a partir da casca em sentido à medula em todos os níveis de altura.

Fabrowski (2003) caracterizou anatomicamente casca e lenho de *Eucalyptus smithii*, com intuito de investigar a presença de óleo essencial. Tal espécie apresenta estrutura anatômica homogênea do lenho e da casca. Na casca, foi observada a presença de cavidades secretoras, no entanto, no lenho, não foi encontrada nenhuma estrutura semelhante, apenas bolsa de quino, sendo pouco relevante a quantidade de óleo no lenho.

Ramos et al. (2011), estudaram a variação radial nas características anatômicas a fim de caracterizar e diferenciar madeira juvenil e madeira adulta na espécie *Eucalyptus grandis*. Analisando dimensão das fibras (comprimento, diâmetro e espessura da parede), elementos de vaso, porcentagem de elementos anatômicos e ângulo microfibrilar. A idade de transição entre madeira juvenil e madeira adulta segundo os autores, pode ser identificada com a variação radial das fibras e ângulo microfibrilar, entre o quinto e décimo primeiro ano.

Brisola e Demarco (2011), analisaram anatomicamente o desenvolvimento caulinar de *Eucalyptus grandis*, *E. urophylla* e do seu híbrido *E. grandis* x *E. urophylla*, esse último bastante utilizado pela indústria, os autores observaram que a madeira do híbrido possui parênquima axial com menos células e suas fibras são mais curtas e com paredes mais espessas, fazendo com que esse genótipo apresente maior densidade quando comparado às

duas espécies parentais, além de apresentar rápido crescimento e grande quantidade de secreções de defesa.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Dados descritivos das áreas de coleta e do material coletado

O trabalho foi desenvolvido utilizando madeira proveniente de plantios, do estado de Minas Gerais, de três empresas associadas à Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas (ABRAF) que comercializam genótipos do gênero *Eucalyptus* L'Hérit.

As vertentes de utilização das empresas são: **(A)** papel e celulose; **(B)** madeira tratada/carvão vegetal e **(C)** carvão vegetal.

A empresa **A** está localizada no município de Belo Oriente, Minas Gerais, localizado na mesorregião do Rio Doce, microrregião Ipatinga, no afunilamento entre os rios: Doce e Santo Antônio. As coordenadas geográficas são: 19° 13' 04" de latitude sul e 42° 27' 26" de longitude oeste.

A empresa **B** está localizada no município de Curvelo, Minas Gerais, localizado na mesorregião central de Minas Gerais, na microrregião de Curvelo. Possui localização privilegiada em região servida por importante sistema rodoviário, onde se destaca a BR-040 que faz a ligação entre Brasília, Belo Horizonte e Rio de Janeiro. As coordenadas geográficas são: 18° 44' 57" de latitude sul e 44° 26' 48" de longitude oeste.

Já a empresa **C** está localizada no município de Paraopeba, Minas Gerais, localizado na mesorregião metropolitana de Belo Horizonte, na microrregião de Sete Lagoas. As coordenadas geográficas são: 19° 16' 54" de latitude sul e 44° 24' 32" de longitude oeste.

Foram coletadas três árvores, com idade comercial, dos dois genótipos mais utilizados por cada empresa, totalizando seis genótipos (Tabela 1).

Tabela 1 Identificação dos genótipos coletados

| Genótipo | | Empresa |
|----------|---|---------|
| 1 | <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> | A |
| 2 | <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> | A |
| 3 | <i>Eucalyptus urophylla</i> | B |
| 4 | <i>Eucalyptus urophylla</i> | B |
| 5 | <i>Eucalyptus urophylla</i> | C |
| 6 | <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus camaldulensis</i> | C |

Os dados sobre os talhões, onde foram realizadas as coletas, estão descritos na Tabela 2 e foram fornecidos pelas empresas.

Tabela 2 Características dos talhões de coleta

| Genótipo | Região | Idade (Anos) | Tipo de solo | IMA* (m ³ /ha/ano) | HM* (m) | DAP* Médio (cm) |
|----------|--------------|--------------|--------------|-------------------------------|---------|-----------------|
| 1 | Belo Oriente | 6,33 | LAd1 | 30,7 | 23,5 | 14,5 |
| 2 | Belo Oriente | 6,41 | LAW1 | 31,5 | 23,5 | 14,8 |
| 3 | Curvelo | 7,17 | LVAAd1 | 45,71 | 26,67 | 15,35 |
| 4 | Curvelo | 6,80 | LVAAd1 | 42,11 | 24,83 | 15,27 |
| 5 | Paraopeba | 7 | - | 39,37 | 27,36 | 16,23 |
| 6 | Paraopeba | 7 | - | 29,36 | 21,92 | 15,40 |

*IMA: incremento médio anual; HM: Altura média; DAP: diâmetro à altura do peito.

3.2 Confeção dos corpos de prova

De cada árvore foi obtido um disco com aproximadamente cinco centímetros de espessura na posição do diâmetro à altura do peito (DAP) e um torete, acima dessa posição, destinado à obtenção de tábuas tangenciais. Desse torete retirou-se uma tábua próxima à medula e outra próxima à casca, nas dimensões 10x1,5x25 cm, para a análise das propriedades organolépticas (textura, cor, cheiro e orientação da grã). Os discos, toretes e corpos de prova

foram marcados com códigos compostos por letras e números que demonstram qual o genótipo, qual a árvore e de qual empresa esses são provenientes.

Para as análises macroscópicas e microscópicas cada disco foi dividido ao meio. Uma parte ficou como reserva e a outra foi utilizada para obtenção de três corpos de prova no sentido medula-câmbio, sendo um próximo à medula (P1), outro na região intermediária (P2) entre casca e medula, e o último próximo à casca (P3), conforme ilustrado na Figura 1.

As dimensões dos corpos de prova foram de 2x2x2 cm na direção radial, tangencial e axial, respectivamente, atentando para correta orientação. Após as análises macroscópicas e confecção dos cortes histológicos os corpos de prova, de um indivíduo de cada genótipo, foram reduzidos às dimensões de 1x1x1 cm, para análise no microscópio eletrônico de varredura.

Os registros fotográficos dos locais de coleta e indivíduos coletados foram obtidos por meio de uma câmera digital *Sony Cyber-shot* 14.1 *Megapixels*. Finalizadas as observações, as amostras devidamente identificadas, foram inseridas na Xiloteca do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras (DCF/UFLA).

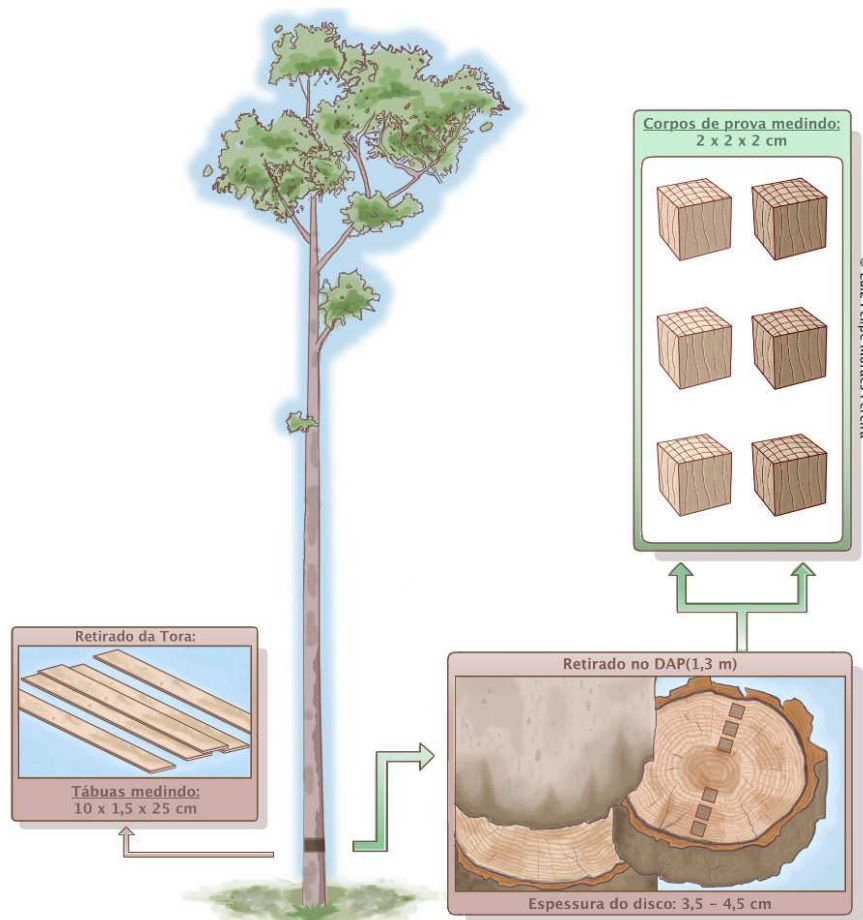


Figura 1 Metodologia aplicada para coleta das amostras e obtenção dos corpos de prova

3.3 Análise macroscópica

A distinção, por cor, entre cerne e alborno foi observada no disco retirado ao DAP, antes da confecção dos corpos de prova, relatada no item 3.2. Os discos foram aplainados e lixados, a fim de ressaltar a diferença de cor existente.

Os corpos de prova, da região intermediária, foram analisados e descritos macroscopicamente nos planos transversal, tangencial e radial seguindo recomendações feitas por Coradin e Muniz (1992). Para melhor visualização dos caracteres macroscópicos foi feito uso de lupa conta-fia 10X, estereomicroscópio e faca de polimento para aplainar e ressaltar as estruturas anatômicas características de cada espécie.

A captura das imagens no plano transversal foi feita lupa *Olympus SZ61* com câmara digital SC30 acoplada.

3.3.1 Análise da grã

Para a medição do ângulo da grã, as tábuas tangenciais obtidas de cada torete foram digitalizadas com o auxílio de um scanner *Samsung SCX 4623F*, com resolução de 800 dpi. Em seguida as imagens foram tratadas com o auxílio do *software ImageJ* (COLLINS, 2007). Posteriormente, o ângulo foi mensurado utilizando-se a ferramenta “mensuração de ângulo” do mesmo *software*. Para cada amostra foram realizadas 15 medições, em pontos aleatórios ao longo da tábua.

3.4 Análise microscópica

Além da descrição das características microscópicas observadas nos planos anatômicos transversal, tangencial e radial, foram mensurados comprimento das fibras; espessura da parede; comprimento, diâmetro e frequência dos elementos de vasos; altura, largura e frequência dos raios. As mensurações e descrições foram feitas de acordo com a lista de características microscópicas para angiospermas do IAWA Committee (1989); as dimensões desses elementos anatômicos foram obtidas em equipamento de análise de

imagens, microscópio *Olympus BX41* com câmera acoplada, utilizando o *software* de análise de imagem canadense “*WincellPRO*”.

3.4.1 Preparação e montagem - lâminas com material macerado

Para a mensuração do comprimento das fibras, diâmetro da fibra, diâmetro do lume da fibra e comprimento do elemento de vaso foram feitas lâminas provisórias com material macerado.

De posse dos valores do diâmetro da fibra e do diâmetro do lume da fibra, foi calculada a espessura da parede da fibra, de acordo com a fórmula:

$$EP = \frac{DF - DL}{2} \quad (1)$$

Onde:

EP – espessura da parede da fibra;

DF – diâmetro da fibra;

DL – diâmetro do lume.

Para confecção do material macerado retirou-se pequenos fragmentos de madeira de cada amostra, esses fragmentos foram depositados em vidros devidamente identificados e então, adicionou-se solução macerante de ácido acético e peróxido de hidrogênio, na proporção de 1v:1v até recobrir os fragmentos. Os vidros foram levados a uma estufa aquecida à temperatura de 60°C, por 48h ou até individualização das fibras, após esse processo o material foi lavado três vezes com água destilada, adicionando o corante safranina em solução aquosa 1%.

Uma quantidade suficiente de material macerado foi colocada em uma lâmina com duas gotas de glicerina e, com o auxílio de uma agulha o material

foi espalhado e melhor individualizado sobre a lâmina. Após esse procedimento uma lamínula foi sobreposta sobre a lâmina.

3.4.2 Preparação e montagem - lâminas histológicas

Para a mensuração do diâmetro e frequência dos vasos; altura, largura e frequência dos raios, além da análise das estruturas microscópicas das madeiras, foram confeccionadas lâminas histológicas permanentes.

Os corpos de prova foram cozidos em água fervente, o tempo de cozimento variou de acordo com a dureza de cada genótipo. Após o amolecimento, os corpos de prova foram seccionados em um micrótomo de deslize, regulado adequadamente, obtendo cortes histológicos nos três planos anatômicos, com espessura variando de 15 a 20 micrômetros.

Feito o seccionamento, os cortes foram clarificados com hipoclorito de sódio, desidratados em sequência alcoólica ascendente até etanol 50%, corados com safranina aquosa 1%, feita a coloração a desidratação prosseguiu até etanol absoluto (100%), os cortes permaneceram cinco minutos em cada solução. Posteriormente ao processo de coloração e desidratação, os cortes ficaram por cinco minutos em um recipiente com acetato de butila puro, a fim de mantê-los desidratados e estendidos. Os cortes destinados à montagem de lâminas naturais, não foram clarificados em hipoclorito de sódio e nem corados, passando apenas pela bateria de desidratação alcoólica e acetato de butila. Com o auxílio de uma pinça histológica os cortes foram depositados em lâminas, suas bordas foram aparadas e seus tamanhos reduzidos com o bisturi. Cada lâmina conterà três cortes histológicos, obedecendo à seguinte sequência: transversal, tangencial e radial; foram feitas cinco lâminas de cada corpo de prova.

Tendo posse dos valores de diâmetro de elemento de vaso e frequência por mm^2 foi possível calcular o índice de vulnerabilidade desenvolvido por Carlquist (1977), com base na razão entre essas duas variáveis, respectivamente.

3.5 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

A superfície tangencial de um indivíduo, de cada genótipo, foi analisada por meio da microscopia eletrônica de varredura, a fim de mensurar as pontuações presentes na parede dos elementos de vaso, como recomendado pelo IAWA Committee (1989).

As amostras preparadas com dimensões de aproximadamente $1 \times 1 \times 1 \text{cm}$ foram secas em estufa com circulação de ar, a 50°C por 1 hora, anteriormente ao ensaio e mantidas em um recipiente com sílica até o momento do mesmo. As amostras tiveram a superfície recoberta com aproximadamente 20 nm de ouro em um aparelho evaporador de ouro (*Sputtering – Bal-Tec*). As imagens de microscopia eletrônica de varredura foram obtidas no Laboratório de Fitopatologia da Universidade Federal de Lavras (UFLA) em um equipamento LEO EVO 40 XVP.

3.6 Análise dos dados

As variáveis: comprimento de fibra, espessura de parede da fibra, comprimento de elemento de vaso, diâmetro de vaso, frequência de elemento de vaso, altura de raio, largura de raio e frequência de raio foram analisadas por um delineamento inteiramente casualizado – DIC em esquema fatorial 6×3 (Genótipos e Posições), com 90 repetições.

Para a variável pontuação intervascular foi feito o mesmo esquema fatorial 6x3, porém com 10 repetições. A variável grã foi analisada por um DIC em 6x2, com 45 repetições.

Após a análise de variância do delineamento experimental adotado, foi utilizado para a comparação múltipla o teste Tukey a 5% de significância. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o *software* R 2.11.0 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2008).

3.7 Separação anatômica dos genótipos de *Eucalyptus*

Os genótipos foram separados considerando as características qualitativas que foram mais marcantes, são elas: camadas de crescimento, parênquima axial e parênquima radial.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Propriedades Organolépticas

Os resultados obtidos com a análise das propriedades organolépticas dos genótipos seguem abaixo.

4.1.1 Cor

Tanto o cerne quanto o alburno foram distintos pela cor em todos os genótipos analisados, essa distinção pode ser observada na Figura 2 e as tonalidades de cor, tanto para cerne quanto para alburno, estão inseridas na Tabela 3.

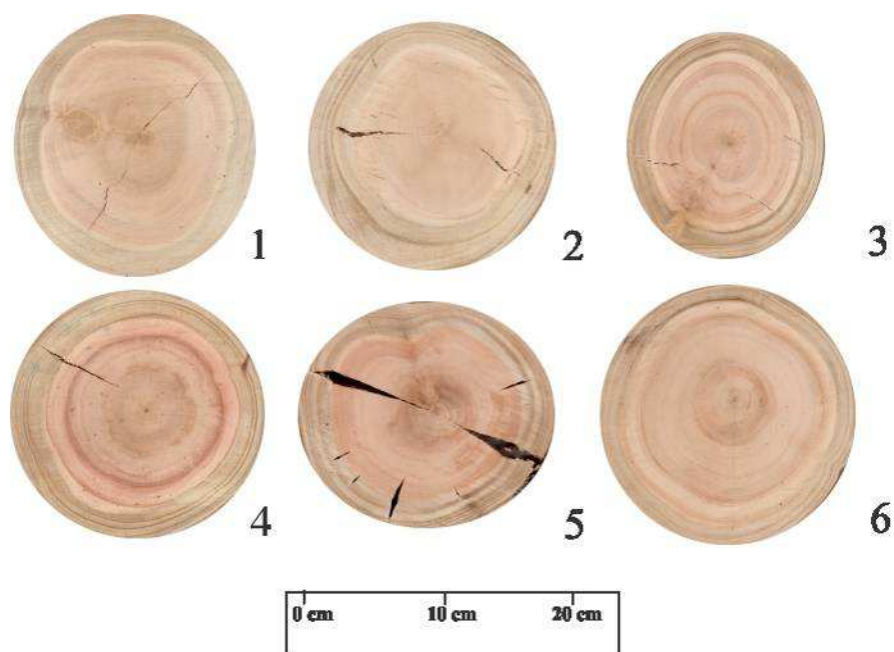


Figura 2 Diferença de coloração entre alburno e cerne dos genótipos estudados: *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (1 e 2); *Eucalyptus urophylla* (3, 4 e 5); e *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus camaldulensis* (6)

Tabela 3 Diferença de coloração entre cerne e alburno dos genótipos

| Genótipo | Alburno | | Cerne | |
|----------|--------------|---|------------------------|------------------------|
| | Cor | Matiz ¹ - Valor ² /Chroma ³ | Cor | Matiz- Valor/Chroma |
| 1 | Marrom claro | 10YR – 8/3 | Rosa | 5YR – 8/3 |
| 2 | Marrom claro | 10YR – 8/3 | Rosa | 5YR – 8/3 |
| 3 | Marrom | 7.5YR – 7/4 | Rosa | 7.5YR – 7/4 |
| 4 | Marrom | 7.5YR – 7/4 | Amarelo avermelhado | 7.5YR – 6/6 |
| 5 | Marrom claro | 10YR – 7/3 | Rosa | 5YR – 7/3 |
| 6 | Marrom claro | 10YR – 8/4 | Marrom claro | 10YR – 7/3 |

Legenda:¹Cor espectral dominante e gradações; ³ proporção de branco e preto; ⁴ saturação ou intensidade de pigmentação.

Nos genótipos 1 e 2, *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, e no genótipo 6, *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus camaldulensis*, a coloração comportou-se de forma semelhante entre os indivíduos desses genótipos. Foi observado que nos genótipos 3, 4 e 5, *Eucalyptus urophylla* houve duas cores tanto para cerne quanto para alburno, além de diferenças na matiz, no valor e no *chroma*, essas variações de cor ocorreram entre os genótipos e os indivíduos.

As variações de cor nos genótipos são visualmente sutis e podem ser justificadas pelo fato de que a cor é uma característica influenciada por diversos fatores, como: composição química, anatomia, método de derrubada da árvore, posição da amostra na árvore, meio ambiente, altura, diâmetro e idade da árvore, além dos fatores genéticos herdados (GONÇALEZ, 1993).

Em contrapartida, apesar de ser uma característica instável e sujeita a alterações rápidas, podendo ser interpretada de diversas formas, a cor possui grande importância na identificação e indicação de uso das madeiras,

principalmente em usos decorativos, classificando-as, esteticamente, como aceitável ou não.

Com o amplo uso de genótipos de *Eucalyptus*, no País, para as mais diversas finalidades, como exemplo madeira sólida, é importante fazer a distinção de cores entre eles, sendo essa uma característica criteriosa para aceitação de determinada madeira no mercado.

O método para determinação da cor mais utilizado e acessível é o de comparação com “*MUNSELL SOIL COLOR CHARTS (1975)*”, indicado por Coradin e Muniz (1992) para identificação e descrição de madeiras.

Os trabalhos que fazem uso dessa norma, limitam-se em citar apenas a tradução do nome da cor, sem atentar-se para a matiz, o valor e o *chroma*. Cores com mesmo nome apresentam diferenças nessas variáveis, desconsiderá-las minimiza ou desconsidera a variação, relevante, de cor existente entre espécies, cerne e alburno.

Por ser uma característica subjetiva e o método, mais utilizado, ser tão subjetivo quanto, distinguir cerne e alburno pela cor nos genótipos analisados não é um caractere diagnóstico para diferenciação desses.

Há outros métodos, como o de colorimetria, que permitem uma diferenciação mais eficaz das cores, no entanto esse método não é tão acessível quanto o de comparação com a “*MUNSELL SOIL COLOR CHARTS (1975)*”, limitando seu uso.

4.1.2 Brilho, odor e textura

Os seis genótipos analisados apresentam odor imperceptível e brilho moderado. Em relação à textura, a qual é considerada média, ou seja, vasos com diâmetro tangencial de 100 a 300µm, como consta no item 4.4.

Esses caracteres foram irrelevantes para diferenciação dos genótipos, pois coincidiram em todos os seis genótipos analisados.

4.1.3 Grã

Os genótipos estudados apresentaram grã direita à inclinada, como pode ser observado na Figura 3.

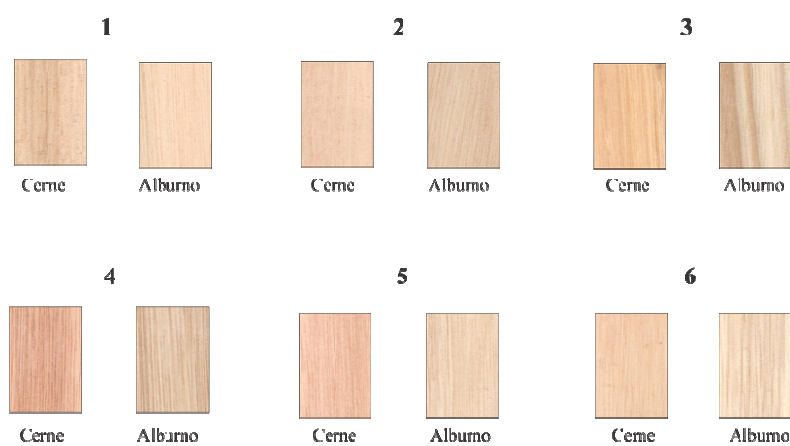


Figura 3 Orientação dos elementos axiais na região próxima à casca (alburno) e na região próxima à medula (cerne) nos seis genótipos analisados, respectivamente.

Nos genótipos analisados, o ângulo da grã foi maior próximo à casca quando comparado à região próxima à medula (Figura 4).

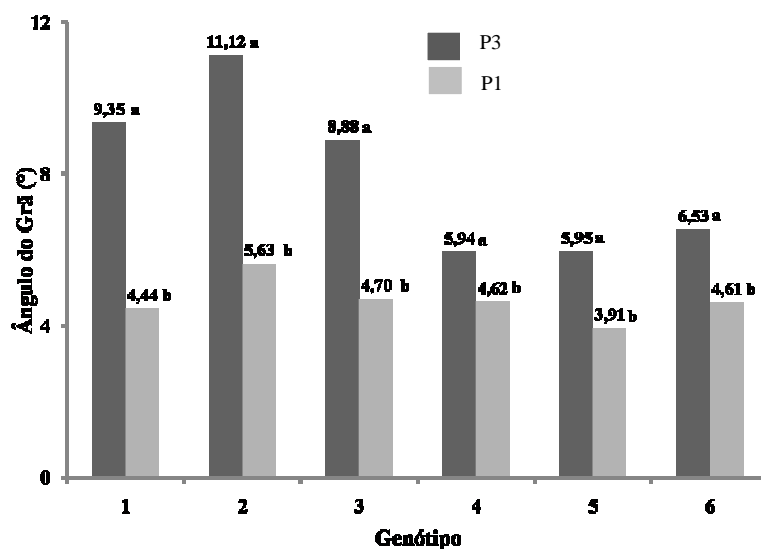


Figura 4 Variação do ângulo da grã na região próxima à casca (P3) e na região próxima à medula (P1) dos genótipos analisados, médias seguidas de letras minúsculas iguais, dentro de cada genótipo, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de significância; CV (%) = 30,89 (Apêndice A)

Os genótipos 4, 5 e 6 (5,94, 5,95, 6,53°) apresentaram os menores valores de ângulo da grã na região próxima à casca (Figura 5).

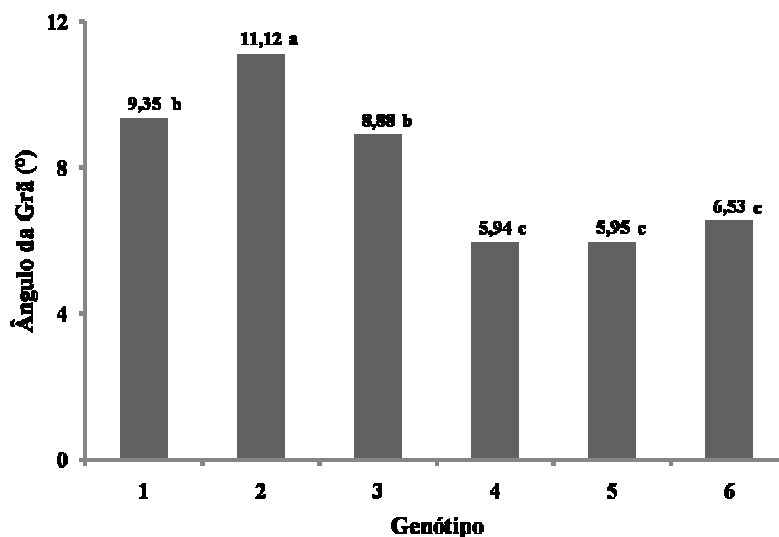


Figura 5 Variação do ângulo da grã na região próxima à casca dos genótipos analisados, médias seguidas de letras minúsculas iguais não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância

O genótipo 2 apresentou maior valor ($5,63^\circ$) de ângulo da grã na região próxima à medula, os genótipos 1 e 5 apresentaram os menores valores ($4,44$ e $3,91^\circ$) de ângulo (Figura 6).

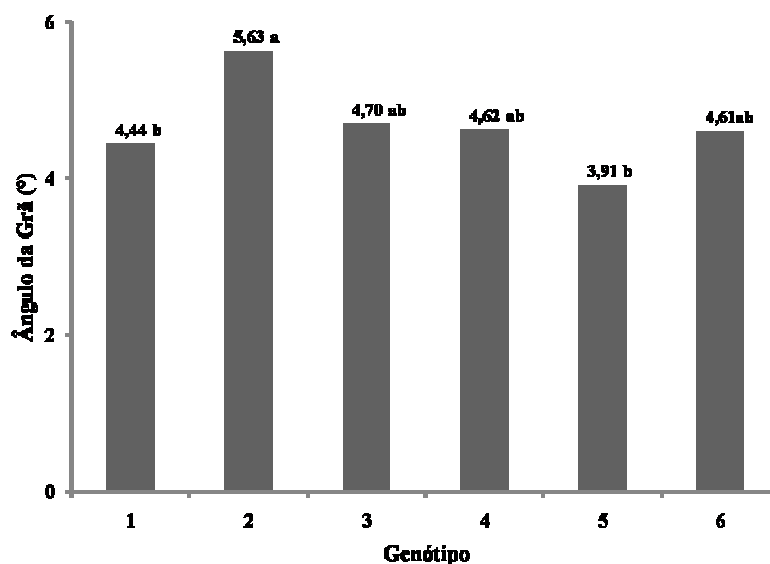


Figura 6 Variação do ângulo da grã na região próxima à medula dos genótipos analisados, médias seguidas de letras minúsculas iguais não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância

O genótipo 2 foi o que apresentou maiores valores de ângulo da grã, tanto para região próxima à casca quanto para região próxima à medula.

A grã, direção dos constituintes axiais em relação ao eixo da árvore, possui forte influência nas propriedades físicas e mecânicas da madeira. A estabilidade dimensional, a resistência, e propriedades relativas ao acabamento de superfícies, são relacionadas diretamente com o ângulo da grã (MARRA, 1992).

Devido ao processo de crescimento, sob as mais diversas influências, existe variação natural no arranjo e direção dos tecidos axiais, originando vários tipos de grã. A grã reta é considerada o padrão normal, os tecidos axiais estão orientados paralelamente ao eixo principal do tronco ou peça de madeira. Já as grãs irregulares, os elementos axiais apresentam variações de inclinação quanto ao eixo longitudinal do tronco ou peças de madeira.

A inclinação no ângulo da grã compromete a estabilidade das peças serradas e sua resistência mecânica, a diminuição do ângulo da grã, além de aumentar a resistência mecânica, facilita a operação de processamento mecânico. Segundo Panshin e Zeeuw (1980), qualquer forma de desvio da condição de grã direita é considerado um defeito estrutural, pois reduz a resistência da peça na qual o desvio ocorre.

Pela Figura 4 foi possível verificar a variação que ocorreu no ângulo da grã entre os genótipos estudados. O presente trabalho utilizou amostras retiradas de um único ponto, acima do DAP, é importante ressaltar que essa variação do ângulo da grã talvez seja ainda mais evidente ao longo do eixo axial de cada indivíduo.

Considerando a variação existente no ângulo da grã, entre os indivíduos de um mesmo genótipo, a influência ambiental e fatores fisiológicos, a grã não é um caractere diagnóstico para diferenciar os genótipos.

4.2 Características anatômicas

Os resultados obtidos com a análise das características anatômicas dos genótipos seguem abaixo.

4.2.1 Camadas de crescimento

As camadas de crescimento são suavemente demarcadas pelo espessamento da parede da fibra causando diferença na tonalidade da cor entre lenho inicial e lenho tardio no anel de crescimento (Figura 7).

Nos genótipos 1 e 2, há a diminuição visual da frequência de vaso, predominando os pequenos; nos genótipos 3, 4 e 5 há a diminuição na frequência e diâmetro dos elementos de vaso, além da presença, mais evidente

no lenho tardio, do parênquima losangular de aletas curtas. No genótipo 6 há uma diminuição mais nítida que nos genótipos 1 e 2, na frequência de vaso (Figura 8).

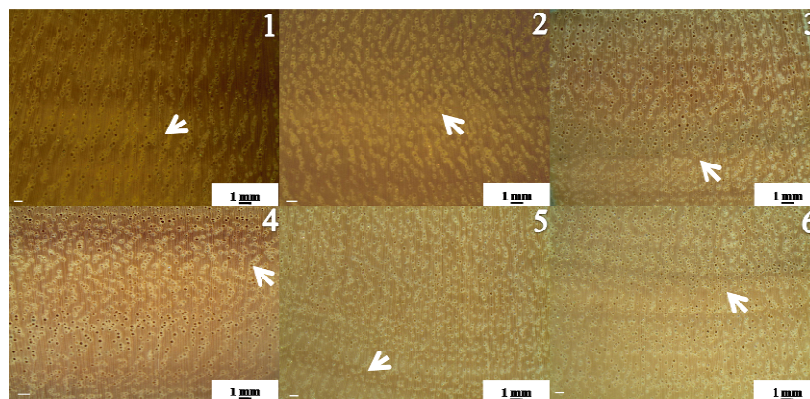


Figura 7 Diferença de tonalidade (seta) na camada de crescimento, devido ao espessamento da parede da fibra, respectivamente nos genótipos de 1 a 6

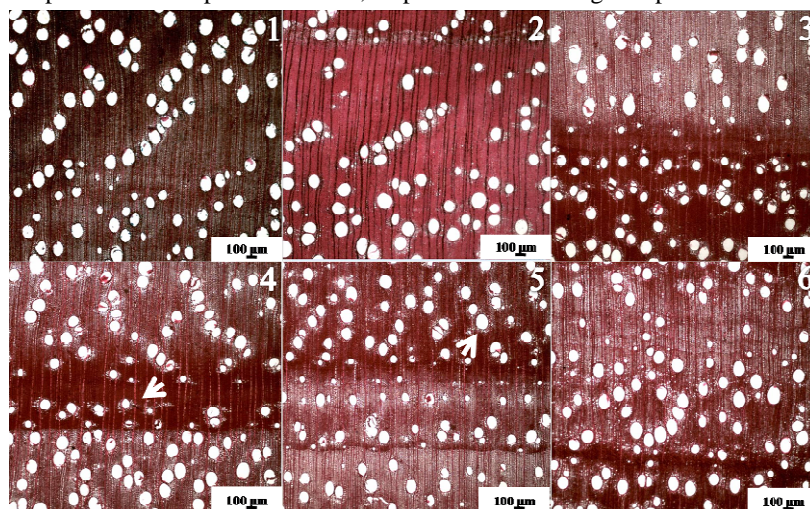


Figura 8 Corte transversal nos genótipos analisados evidenciado as camadas de crescimento, parênquima axial, disposição e arranjo dos elementos de vaso. Camada de crescimento distinta pela diminuição visual no diâmetro e frequência dos vasos (1 e 2); camada de crescimento demarcada pela diminuição na frequência e diâmetros dos vasos, além da presença do parênquima aliforme losangular (seta) no lenho tardio (3, 4 e 5); camada de crescimento demarcada pela diminuição na frequência dos vasos (6)

Alzate (2009), realizando estudo com clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* considerou as camadas de crescimento pouco distintas, devido à espessura da parede das fibras nos dois lenhos serem semelhantes.

Nigoski et al. (2003) não encontraram distinção nas camadas de crescimento para madeira de *Eucalyptus benthamii*.

As camadas de crescimento foram um caractere diagnóstico importante, possibilitando a diferenciação e identificação dos genótipos.

4.2.2 Elementos de vaso

Nos genótipos 1 e 2, os poros são pouco visíveis a olho nu, entretanto nos genótipos 3, 4, 5 e 6 os poros são visíveis a olho nu. A porosidade nos genótipos analisados é difusa, arranjo diagonal, predominando os vasos solitários (90% ou mais), no entanto, há proximidade entre vasos, mas esses são impedidos de compartilhar a mesma parede devido à presença do parênquima radial entre eles (Figura 7 e 8); placas de perfuração simples; pontoações intervacuolares alternas, areoladas (Figura 9); pontoações de aréolas reduzidas, aparentemente simples (Figura 10).

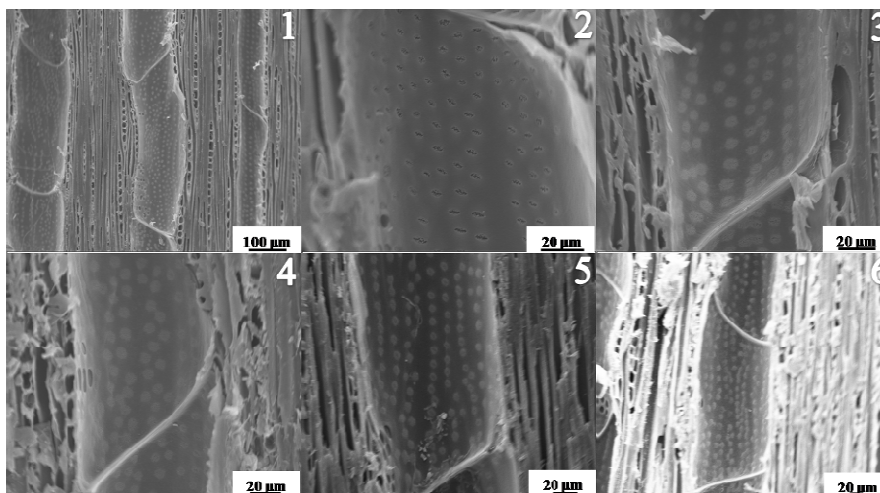


Figura 9 Pontoações intervasculares areoladas e alternas em todos os genótipos analisados

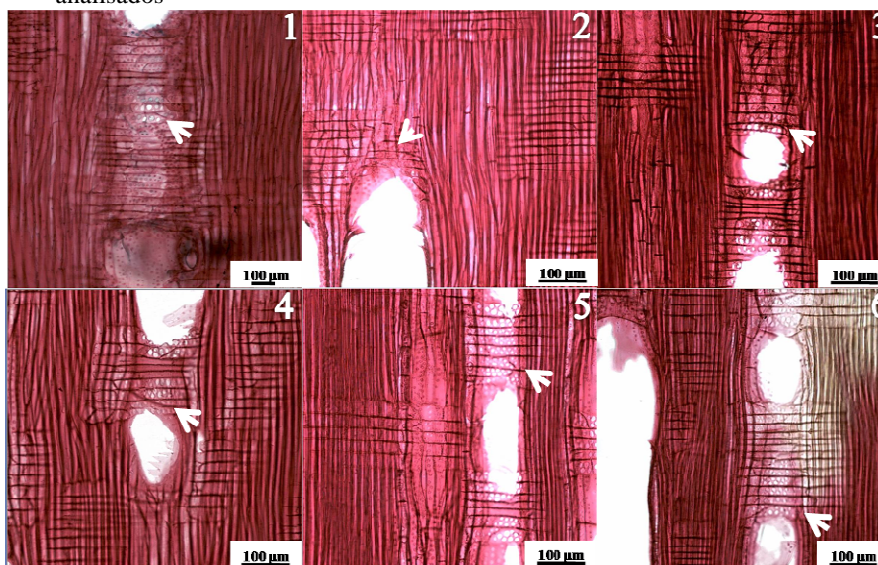


Figura 10 Pontoações raio-vasculares de aréola reduzida, aparentemente simples (seta), em todos os genótipos analisados

Em relação ao comprimento do elemento de vaso, os genótipos analisados, com exceção do genótipo 4 que apresentou valores de média que não

diferem estatisticamente, apresentaram valores crescentes no sentido medula-câmbio (Figura 11).

O genótipo com menor valor médio (239,54 μ m) foi o 2 e o de maior valor (310,76 μ m) foi o 3, como pode ser observado na Tabela 4.

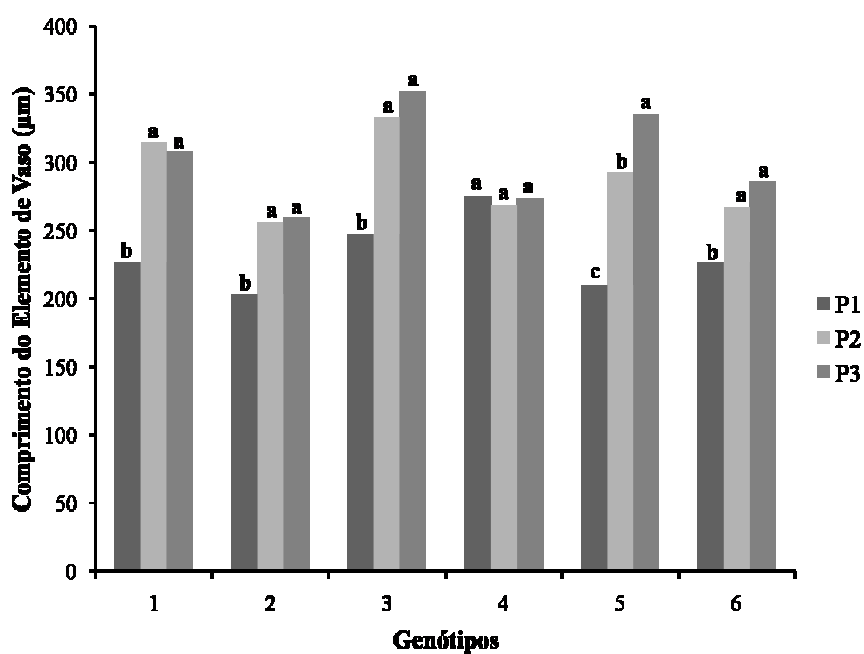


Figura 11 Variação do comprimento do elemento de vaso no sentido medula-câmbio, nos seis genótipos analisados, respectivamente. Médias seguidas de letras minúsculas iguais, dentro de cada genótipo, não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância (Apêndice B)

Tabela 4 Média geral do comprimento do elemento de vaso (μm), por genótipo

| Genótipo | Média |
|----------|-----------------------|
| 1 | 282,95 b ¹ |
| 2 | 239,54 d |
| 3 | 310,76 a |
| 4 | 272,59 bc |
| 5 | 279,28 b |
| 6 | 259,68 c |

¹Médias seguidas de letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a de 5% de significância; CV (%) = 28,63 (Apêndice B).

Para a frequência de vaso por mm^2 , os genótipos analisados, com exceção do genótipo 5, que apresentou maior valor na posição próxima ao câmbio quando comparado a posição intermediária, apresentaram valores decrescentes no sentido medula-câmbio (Figura 12).

Os genótipos 1 e 2 foram os que apresentaram menores valores médios (11,62 e 11,69 mm^2) de frequência (Tabela 5).

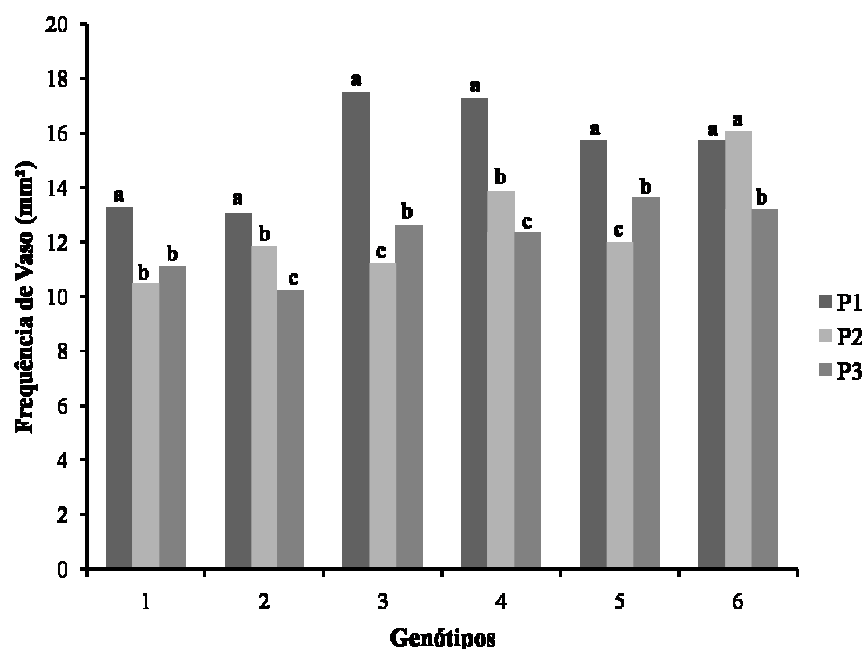


Figura 12 Variação da frequência de vaso no sentido medula-câmbio, nos seis genótipos analisados, respectivamente. Médias seguidas de letras minúsculas iguais, dentro de cada genótipo, não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância (Apêndice C)

Tabela 5 Média geral da frequência de vaso (mm²), por genótipo

| Genótipo | Média |
|----------|----------------------|
| 1 | 11,62 c ¹ |
| 2 | 11,69 c |
| 3 | 13,76 b |
| 4 | 14,49 ab |
| 5 | 13,79 b |
| 6 | 14,99 a |

¹Médias seguidas de letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a de 5% de significância; CV (%) = 23,53 (Apêndice C).

Para o diâmetro de vaso, os genótipos analisados apresentaram menores valores na região próxima à medula (Figura 13).

O genótipo 5 apresentou menores médias (101,68 μ m) no sentido medula-câmbio e o genótipo 1 as maiores médias (135,12 μ m) (Tabela 6).

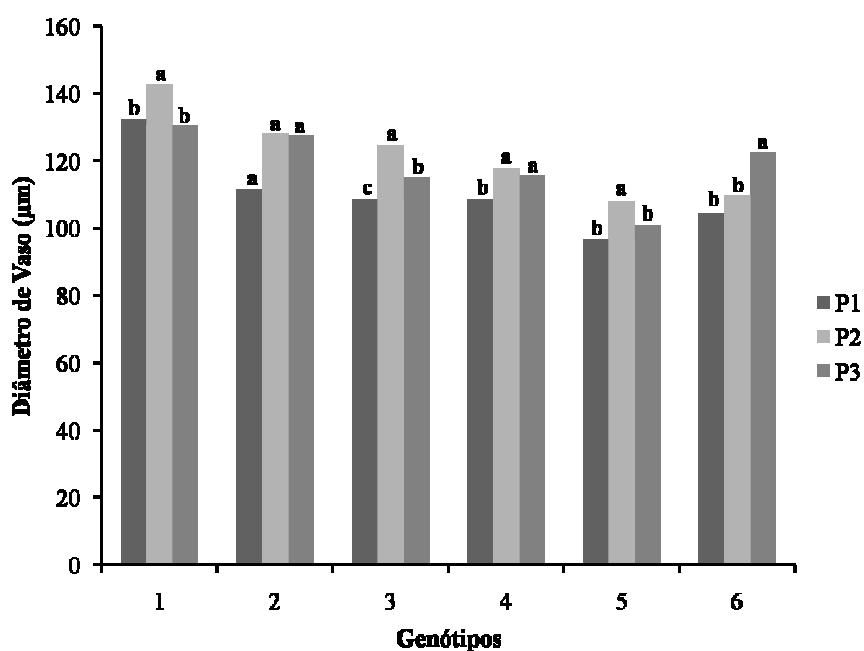


Figura 13 Variação do diâmetro de vaso no sentido medula-câmbio, nos seis genótipos analisados, respectivamente. Médias seguidas de letras minúsculas iguais, dentro de cada genótipo, não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância (Apêndice D)

Tabela 6 Média geral do diâmetro de vaso (μ m), por genótipo

| Genótipo | Média |
|----------|-----------------------|
| 1 | 135,12 a ¹ |
| 2 | 122,22 b |
| 3 | 115,97 c |
| 4 | 113,85 c |
| 5 | 101,68 d |
| 6 | 112,29 c |

¹Médias seguidas de letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a de 5% de significância; CV (%) = 13,71 (Apêndice D).

O modelo de variação no qual o comprimento do elemento de vaso e diâmetro de vaso aumenta e a frequência diminui, no sentido medula-câmbio, já foi observado para inúmeras espécies de eucaliptos (DADSWELL, 1958; TOMAZELLO FILHO, 1985b, 1987; ROCHA et al., 2004).

A diferença em termos de madeira juvenil comparada à madeira adulta está na magnitude das alterações anatômicas e físicas, que ocorrem no sentido da medula para a casca do tronco (CALONEGO et al., 2005).

A maior frequência de vaso e menor diâmetro próximo à medula justificam-se devido aos primeiros anos de crescimento o vegetal necessitar eficiência no transporte hídrico, os menores diâmetros e maiores frequências evitam a ocorrência do fenômeno da embolia.

A dimensão dos elementos de vaso e a frequência possuem influência na qualidade da madeira para determinado uso. Na indústria de papel e celulose e na de madeira tratada, essas variáveis, interferem na penetração do licor e do preservativo, respectivamente.

Uma das propriedades mais importantes da madeira para a fabricação do carvão vegetal é a densidade básica, essa por sua vez relaciona-se com as mudanças na proporção dos elementos de vaso, o aumento desses elementos leva à redução da densidade (OLIVEIRA; SILVA, 2003).

Os valores de frequência de vaso e diâmetro podem ser relacionados para o cálculo do índice de vulnerabilidade, desenvolvido por Carlquist (1977). Esse índice considera que a superfluidade dos elementos de vaso, no xilema secundário, confere segurança fisiológica.

Observando a tabela 7 é possível notar que os genótipos 1 e 2 apresentam maior índice de vulnerabilidade, sendo mais propensos à cavitação, gerando a interrupção no fluxo da água, sendo os menos indicados para plantios em locais secos.

Quanto menor o índice de vulnerabilidade, mais seguro é o xilema, porém menos eficiente no transporte de água (). O genótipo 6 foi o que apresentou menor índice, podendo ser plantado em ambiente em que ocorre estresse hídrico.

Tabela 7 Índice de vulnerabilidade, por genótipo

| Genótipo | Índice de Vulnerabilidade |
|-----------------|----------------------------------|
| 1 | 12,41 a ¹ |
| 2 | 11,00 a |
| 3 | 09,48 b |
| 4 | 08,67 c |
| 5 | 07,87 d |
| 6 | 07,81 e |

¹Médias seguidas de letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a de 5% de significância; CV (%) = 29,12 (Apêndice E)

As pontoações intervasculares nos genótipos analisados variam de diminutas (4 μ m) à pequenas (4-7 μ m). As pontoações diminutas foram observadas na região próxima à medula dos genótipos 1 e 2, os demais genótipos apresentaram pontoações pequenas no sentido medula-câmbio (Figura 14).

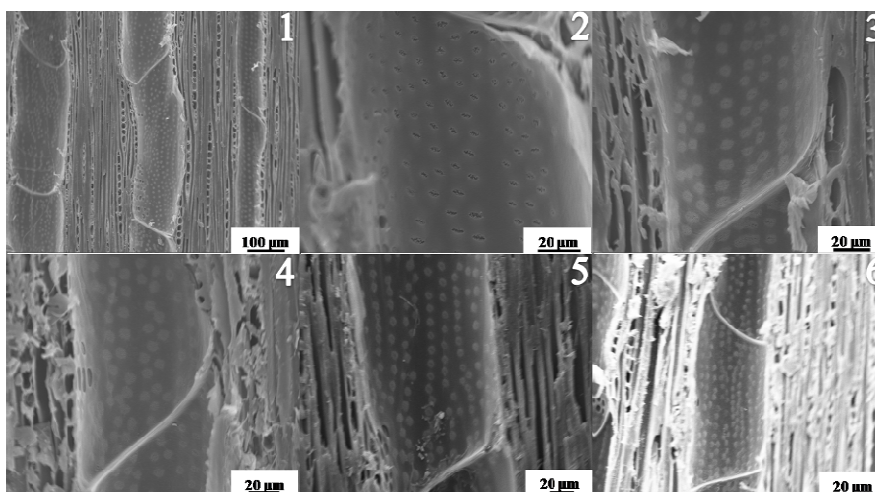


Figura 14 Pontoações intervasculares areoladas e alternas, pequenas no sentido medula-câmbio, nos seis genótipos analisados, respectivamente

Todos os genótipos apresentaram menores médias de diâmetro da pontoação na região próxima à medula.

Nos genótipos 3, 5 e 6 os maiores valores foram na região intermediária, nos genótipos 1 e 4 foram na região próxima à casca. O genótipo 2 apresentou valores semelhantes na região próxima à casca e intermediária (Figura 15).

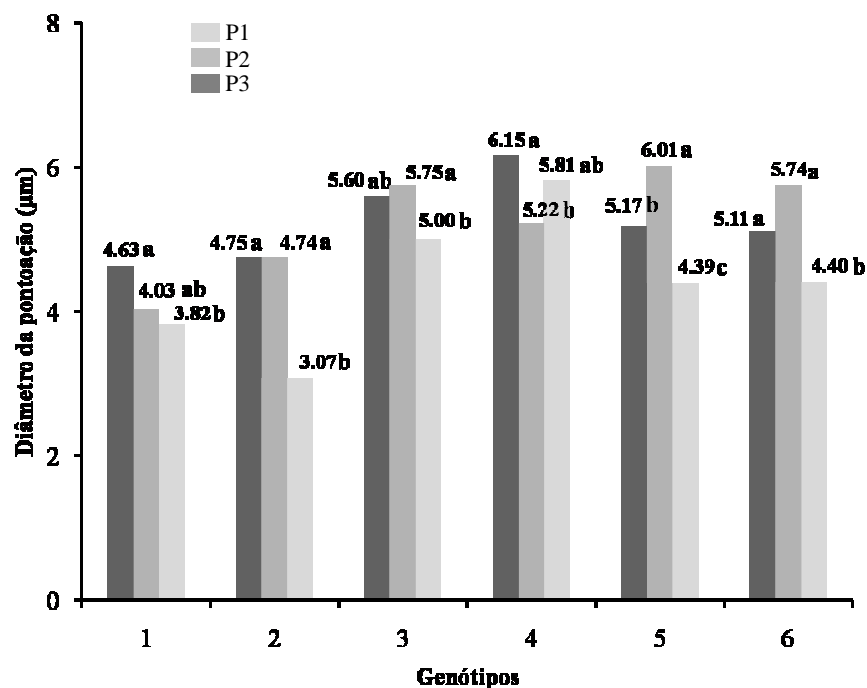


Figura 15 Variação do diâmetro da pontoação no sentido medula-câmbio, próximo à medula (P1), intermediária (P2) e próximo à casca (P3), nos seis genótipos analisados. Médias seguidas de letras minúsculas iguais, dentro de cada genótipo, não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância; CV (%) = 12,66 (Apêndice F)

Pontoações pequenas influenciam negativamente no processo de secagem, fundamental para diversos setores florestais, pois retardam esse, causando defeitos que comprometem o desempenho da peça de madeira.

Em razão dos genótipos apresentarem pontoações intervasculares pequenas, deve-se atentar para secagem, essa pode ser comprometida se o processo não for conduzido de forma adequada, levando em consideração as especificações anatômicas.

A secagem não deve ser feita de forma abrupta, considerando que a difusão da água contida na parede celular ocorre de dentro para fora, sendo totalmente influenciada pelo diâmetro da pontoação.

As características qualitativas dos elementos de vaso, arranjo, agrupamento, porosidade, pontoações, foram semelhantes nos seis genótipos analisados não permitindo diferenciá-los.

4.2.3 Parênquima axial

Os genótipos analisados apresentam parênquima axial imperceptível a olho nu.

Nos genótipos 1 e 2 é caracterizado como paratraqueal vasicêntrico, porém é possível encontrar vasicêntrico escasso, presença de apotraqueal difuso, genótipos 1 e 2. Nos genótipos 3, 4 e 5 há paratraqueal vasicêntrico, apotraqueal difuso, presença eventual de aliforme losangular de aletas curtas, mais notado no fim da camada de crescimento e com o espessamento da parede da fibra. No genótipo 6 o parênquima axial apresenta-se como sendo paratraqueal vasicêntrico e apotraqueal difuso, raro aliforme losangular de aletas curtas. A disposição do parênquima axial nos genótipos analisados pode ser observada na Figura 16.

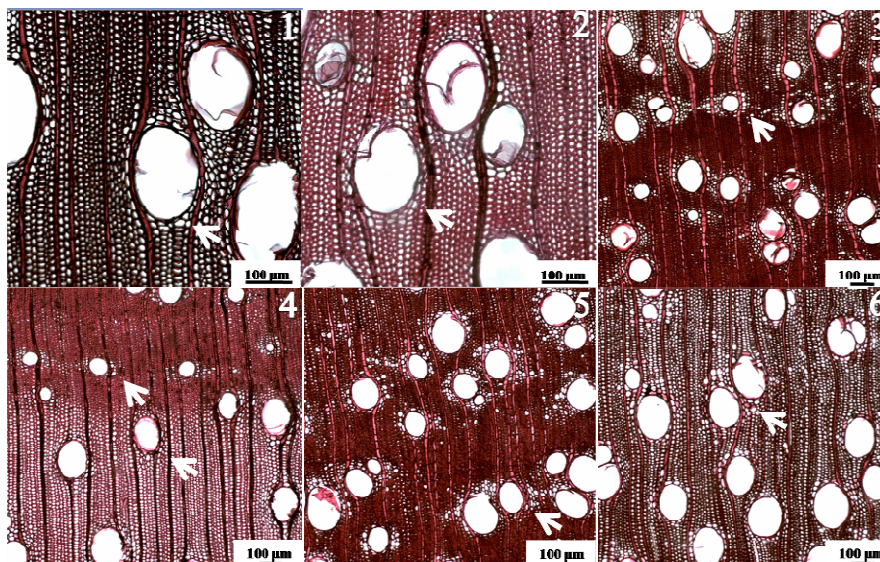


Figura 16 Parênquima axial nos seis genótipos analisados, respectivamente: paratraqueal vasicêntrico (seta) e apotraqueal difuso (1 e 2); paratraqueal vasicêntrico (seta), aliforme losangular de aletas curtas (seta) e apotraqueal difuso (3, 4 e 5); paratraqueal vasicêntrico, raro aliforme losangular e apotraqueal difuso (seta) (6)

O parênquima axial apresentou-se como caractere diagnóstico na diferenciação e identificação dos genótipos, pois a presença do aliforme losangular de aletas curtas só foi notada nos genótipo 3, 4 e 5, *E. urophylla*, diferenciando-os dos demais.

4.2.4 Parênquima radial

Os genótipos analisados apresentam raios visíveis apenas com auxílio de lente 10 x de aumento no plano transversal, unisseriados, os que apresentam morfologia distinta da citada estão próximos aos elementos de vaso e do parênquima axial, apresentando células mais largas e, raramente, duas células de largura no meio. Não apresentam estratificação no plano tangencial (Figura 17).

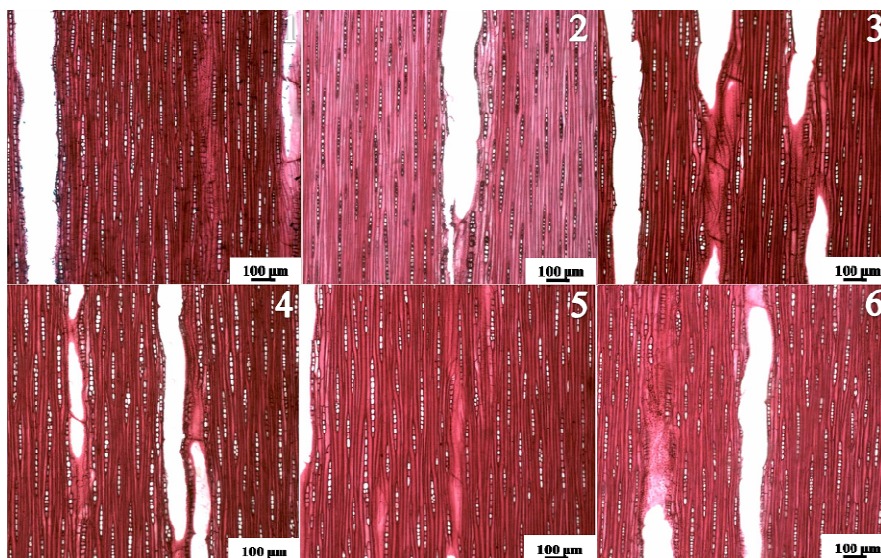


Figura 17 Disposição do parênquima radial no plano tangencial formado por raios unisseriados não apresentam estratificação

Os raios nos genótipos 1 e 2 são heterogêneos, formados por células procumbentes, a maioria, e quadradas. Nos genótipos 3, 4 e 5 apresentam-se como heterogêneos formados por células procumbentes, no entanto, nota-se a presença de raras quadradas, na margem e no meio. No genótipo 6 foram observadas células exclusivamente procumbentes (Figura 18).

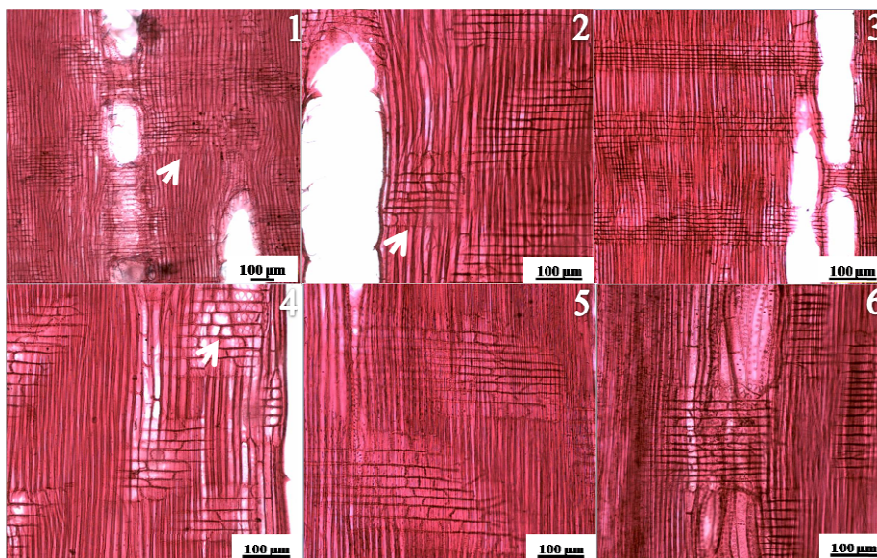


Figura 18 Morfologia do parênquima radial, presença de células quadradas (seta) nos genótipos de 1 a 5

Alzate (2009), analisando clones de *E. grandis* x *E. urophylla* não notou presença de células quadradas, considerando os raios como homogêneos formados, exclusivamente, por células procumbentes.

Para a altura em micrometros, os genótipos analisados, com exceção do genótipo 6 que apresentou maior valor na posição intermediária quando comparado à posição próxima à medula, apresentaram valores decrescentes no sentido medula-câmbio (Figura 19).

Os genótipos 1 e 5 apresentaram maiores médias (263,27 e 268,72µm); 2 e 6 apresentaram as menores médias (239,79 e 238,75µm) de altura do raio (Tabela 8).

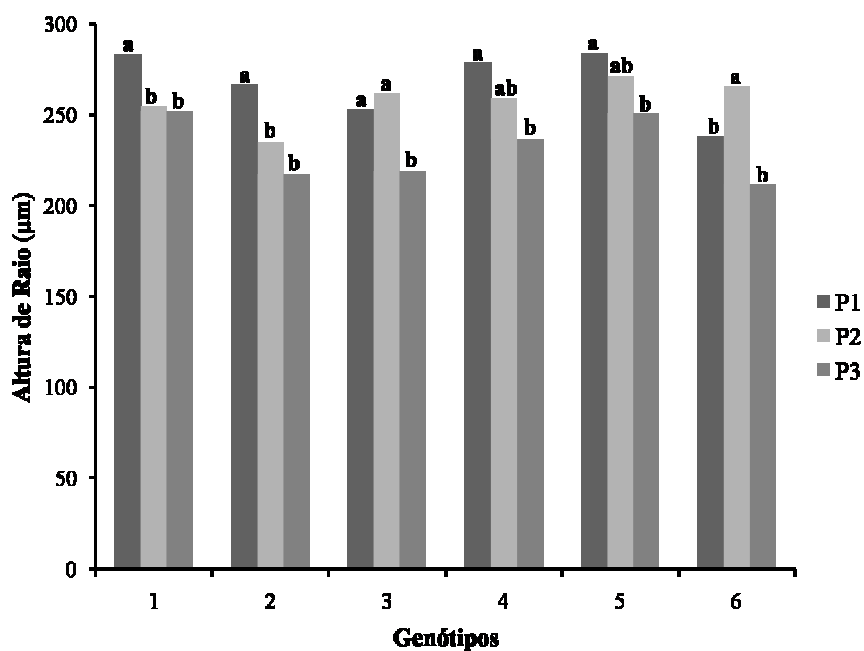


Figura 19 Variação da altura do raio no sentido medula-câmbio, nos seis genótipos analisados, respectivamente. Médias seguidas de letras minúsculas iguais, dentro de cada genótipo, não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância (Apêndice G)

Tabela 8 Média geral da altura do raio (µm), por genótipo

| Genótipo | Média |
|----------|-----------------------|
| 1 | 263,27 a ¹ |
| 2 | 239,79 c |
| 3 | 244,50 bc |
| 4 | 258,12 ab |
| 5 | 268,72 a |
| 6 | 238,35 c |

¹Médias seguidas de letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a de 5% de significância; CV (%) = 27,95 (Apêndice G).

A largura do raio em micrômetros não obedeceu a um padrão de variação definido, pois a morfologia dessas células é alterada quando essas estão próximas aos elementos de vaso ou parênquima axial, apesar dos raios serem unisseriados o tamanho da célula que os compõem varia bastante.

Todos os genótipos apresentaram maiores valores de largura na região próxima à medula.

Os genótipos 2, 3 e 6 apresentaram valores continuamente decrescentes no sentido medula-câmbio. Os genótipos 1 e 5 apresentaram menores valores na região intermediária quando comparada à região próxima ao câmbio. O genótipo 4 apresentou maior valor na região intermediária (Figura 20).

O genótipo 4 apresentou a maior média (11,50 μ m) e os genótipos 1, 2 e 3 apresentaram as menores médias (8,33, 8,85 e 8,19 μ m) (Tabela 9).

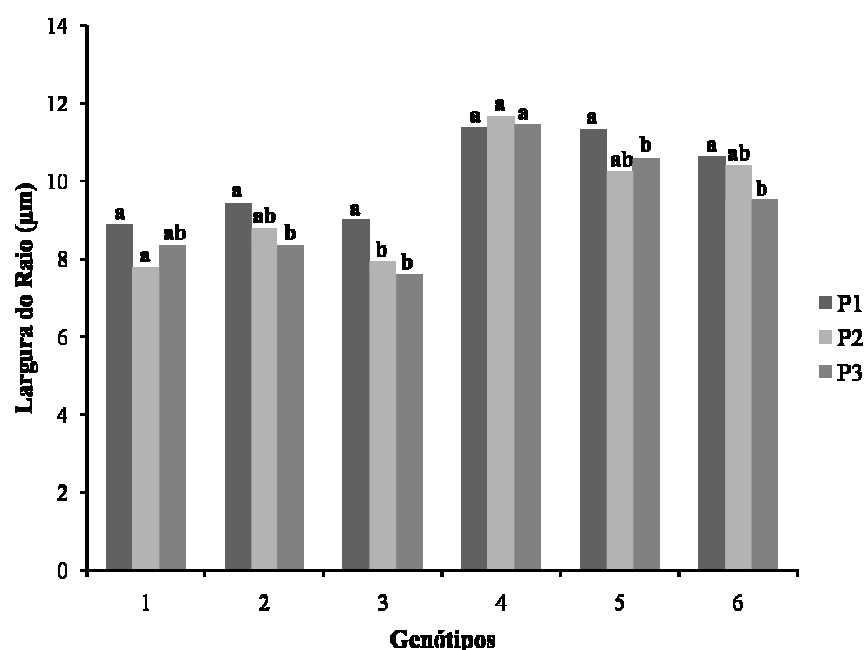


Figura 20 Variação da largura de raio no sentido medula-câmbio, nos seis genótipos analisados, respectivamente. Médias seguidas de letras minúsculas iguais, dentro de cada genótipo, não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância (Apêndice H)

Tabela 9 Média geral da largura em micrometros (μm), por genótipo

| Genótipo | Média |
|-----------------|--------------|
| 1 | 8,33 c |
| 2 | 8,85 c |
| 3 | 8,19 c |
| 4 | 11,50 a |
| 5 | 10,72 b |
| 6 | 10,18 b |

¹Médias seguidas de letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a de 5% de significância; CV (%) = 30,66 (Apêndice H).

Os valores de frequência de raio por mm/linear foram decrescentes no sentido medula-câmbio, com exceção do genótipo 1 que apresentou menor valor na região intermediária (Figura 21).

A maior média de frequência de raio foi no genótipo 6 (13,77mm/linear) e a menor no genótipo 3 (11,90 mm/linear), conforme a tabela 10.

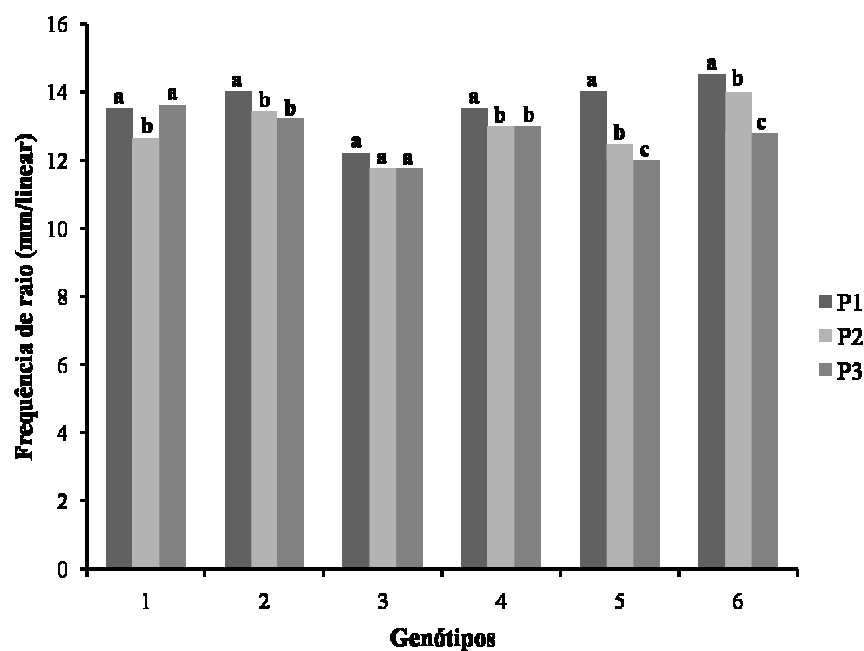


Figura 21 Variação da frequência de raio por mm/linear no sentido medula-câmbio, nos seis genótipos analisados, respectivamente. Médias seguidas de letras minúsculas iguais, dentro de cada genótipo, não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância (Apêndice I)

Tabela 10 Média geral da frequência de raio (raios/mm), por genótipo

| Genótipo | Média |
|----------|----------|
| 1 | 13,25 bc |
| 2 | 13,56 ab |
| 3 | 11,90 e |
| 4 | 13,16 c |
| 5 | 12,83 d |
| 6 | 13,77 a |

¹Médias seguidas de letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a de 5% de significância; CV (%) = 9,99 (Apêndice I).

Rocha et al. (2004) também encontraram maiores valores para as dimensões de raio próximos à medula em *E. grandis* aos sete anos de idade. Próximo à medula os valores para altura, largura e frequência de raio foram, respectivamente: 203,26 μm , 13,64 μm e 11,13 raios/mm enquanto que na região próxima à casca os valores foram: 201,84 μm , 12,60 μm e 9,13raios/mm.

O genótipo 6 apresentou as maiores médias tanto para frequência quanto para largura de raio, devido a essa quantidade de parênquima radial a madeira desse genótipo apresentará características mecânicas inferiores, quando comparadas aos outros genótipos que possuem menor quantidade desse tecido. Dificultando sua usinabilidade e maximizando o aparecimento de defeitos.

A morfologia dos raios é um caractere diagnóstico na diferenciação e identificação dos genótipos, pois esses apresentaram composição celular distinta.

4.2.5 Fibras

Os genótipos analisados apresentam fibras libriiformes e fibrotraqueídes. As fibras possuem seu lúmen parcialmente preenchido por substância desconhecida (Figura 22).

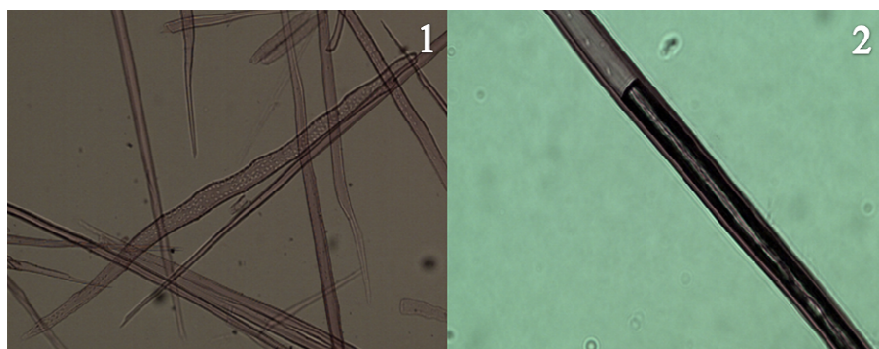


Figura 22 Presença de fibrotraqueídes nos genótipos analisados (1) e fibras libriiformes com lúmen parcialmente preenchido (2)

Nos genótipos analisados o comprimento da fibra apresentou valores crescentes no sentido medula-câmbio (Figura 23).

O genótipo 2 apresentou a menor média (813,84 μ m) para comprimento de fibra e genótipo 4 a maior média (995,98 μ m), conforme a Tabela 11.

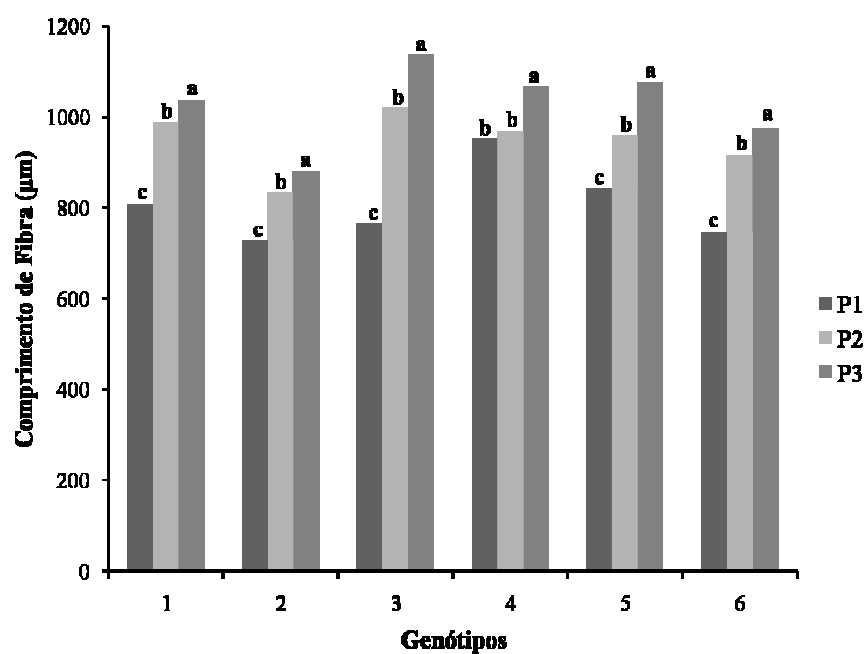


Figura 23 Variação do comprimento de fibra no sentido medula-câmbio, nos seis genótipos analisados, respectivamente. Médias seguidas de letras minúsculas iguais, dentro de cada genótipo, não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância (Apêndice J)

Tabela 11 Média geral do comprimento de fibra (μm), por genótipo

| Genótipo | Média |
|----------|-----------------------|
| 1 | 945,23 c ¹ |
| 2 | 813,84 e |
| 3 | 974,74 ab |
| 4 | 995,98 a |
| 5 | 959,43 bc |
| 6 | 879,39 d |

¹Médias seguidas de letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a de 5% de significância; CV (%) = 12,52 (Apêndice J)

Nos genótipos analisados a espessura da parede apresentou valores crescentes no sentido medula-câmbio. No entanto, nos genótipos 2 e 5 os valores da região intermediária foram inferiores aos da região próxima à medula, voltando a aumentar próximo ao câmbio (Figura 24).

As maiores médias de espessura de parede foram nos genótipos 3 e 5 (4,44 e 4,32 μm) e a menor no genótipo 4 (3,83 μm) (Tabela 12).

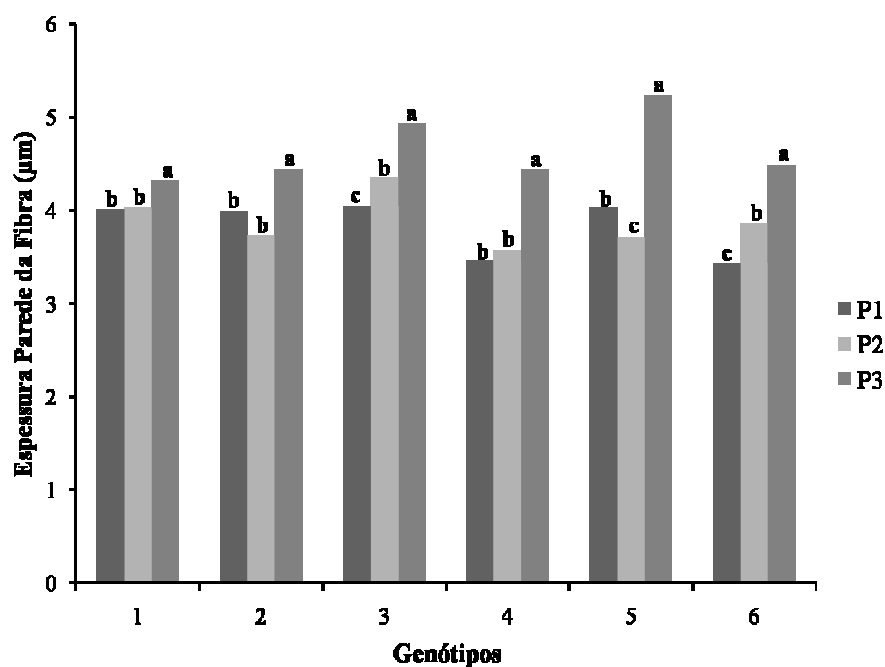


Figura 24 Variação na espessura da parede da fibra no sentido medula-câmbio, nos seis genótipos analisados, respectivamente. Médias seguidas de letras minúsculas iguais, dentro de cada genótipo, não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância (Apêndice K)

Tabela 12 Média geral da espessura da parede da fibra (µm), por genótipo

| Genótipo | Média |
|----------|---------------------|
| 1 | 4,12 b ¹ |
| 2 | 4,06 cb |
| 3 | 4,44 a |
| 4 | 3,83 d |
| 5 | 4,32 a |
| 6 | 3,92 cd |

¹Médias seguidas de letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a de 5% de significância; CV (%) = 18,46 (Apêndice K)

Ao analisar a distribuição das fibras, no sentido medula-câmbio, é observado um aumento na porcentagem de fibras mais longas à medida que se distancia da medula em direção ao câmbio (TOMAZELLO FILHO, 1985b).

Tomazello Filho (1987) encontrou os seguintes valores médios para o comprimento de fibra de *E. globulus*, *E. pellita* e *E. acmenioides*, respectivamente: 0,81, 1,01 e 0,89mm. Para as 3 espécies verificaram-se aumentos no comprimento das fibras, no sentido radial, atingindo valores acima de 1mm a partir de 50-75% do raio das amostras.

Gomide et al. (2005), caracterizaram tecnologicamente clones de *Eucalyptus* para produção de celulose, os clones apresentaram comprimento médio de fibras de 0,99mm e espessura de parede entre 4,6 e 5,2 μ m, típicos valores observados no Brasil em madeiras de *Eucalyptus*.

Valores crescentes no sentido medula-câmbio foram encontrados por Silva et al. (2005), ao estudarem a influência da morfologia das fibras na usinabilidade da madeira de *E. grandis*.

Diferente dos autores acima citados, Quilhó, Miranda e Pereira (2006) observaram que o tamanho das fibras em clones de *E. grandis* x *E. urophylla* apresentaram uma tendência de variação não definida no sentido medula-câmbio.

Essas variações no tamanho das células da madeira resultam do aumento gradual da proporção de madeira adulta em relação à proporção de madeira juvenil no sentido radial (LIMA et al., 2010).

Fibras com menores espessuras geram polpas com menores massas por comprimento de fibra, adequadas para fabricação de papéis para impressão/escrita. Na fabricação de papéis sanitários é importante a elevada capacidade de absorção de água e o aumento da maciez, fibras com maiores espessuras são utilizadas nesse caso (SANTOS; SANSÍGOLO, 2007).

As variações existentes nas dimensões das fibras relacionam-se com as propriedades físico-mecânicas, papel e celulose. As propriedades influenciadas pela anatomia são: índices de resistência, colapso das fibras, ligações interfibras e outros (TOMAZELLO FILHO, 1987).

Os genótipos 3 e 5 considerando a espessura da parede de suas fibras, seriam mais indicados para produção de papéis sanitários, enquanto que o genótipo 4 forneceria um papel para impressão/escrita de melhor qualidade, quando comparado aos outros genótipos.

A morfologia das fibras foi semelhante nos seis genótipos analisados, não sendo um caractere diagnóstico para diferenciação e identificação.

5 SEPARAÇÃO ANATÔMICA DOS GENÓTIPOS DE *Eucalyptus*

Os genótipos analisados foram separados considerando as características qualitativas abaixo.

Camadas de crescimento

Demarcadas pelo espessamento da parede da fibra e presença de parênquima axial aliforme losangular no final do lenho tardio **Genótipo 3** (*Eucalyptus urophylla*), **Genótipo 4** (*Eucalyptus urophylla*) e **Genótipo 5** (*Eucalyptus urophylla*).

Suave diminuição da frequência e diâmetro dos poros/vasos - **Genótipo 1** (*Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*) e **Genótipo 2** (*Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*).

Diminuição na frequência e diâmetro dos poros/vasos **Genótipo 6** (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus camaldulensis*).

Parênquima axial

Paratraqueal vasicêntrico, podendo ocorrer vasicêntrico escasso, apotraqueal difuso **Genótipo 1** (*Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*) e **Genótipo 2** (*Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*).

Paratraqueal vasicêntrico, aliforme losangular e apotraqueal difuso **Genótipo 3** (*Eucalyptus urophylla*), **Genótipo 4** (*Eucalyptus urophylla*) e **Genótipo 5** (*Eucalyptus urophylla*).

Paratraqueal vasicêntrico, raro aliforme losangular e apotraqueal difuso **Genótipo 6** (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus camaldulensis*).

Parênquima radial

Heterogêneo, formado por células procumbentes e quadradas, presença de quadradas na margem **Genótipo 1** (*Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*) e **Genótipo 2** (*Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*).

Heterogêneo, formado por células procumbentes e quadradas, presença de quadradas no meio **Genótipo 3** (*Eucalyptus urophylla*), **Genótipo 4** (*Eucalyptus urophylla*) e **Genótipo 5** (*Eucalyptus urophylla*).

Homogêneo, formado por células procumbentes **Genótipo 6** (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus camaldulensis*).

6 CONCLUSÃO

As propriedades organolépticas: cor, odor, brilho, textura e grã não foram caracteres diagnósticos para identificação e diferenciação dos genótipos.

Camadas de crescimento, parênquima radial e parênquima axial, apresentaram diferenças entre os genótipos, permitindo diferenciá-los.

As pontoações intervasculares são semelhantes entre os genótipos e a literatura sobre as dimensões dessas, no Brasil, são escassos apesar da grande influência que exercem sobre processo de secagem, etapa fundamental para demais processos da indústria florestal.

As variáveis: comprimento de elemento de vaso, diâmetro e frequência de vaso, altura, largura e frequência de raio, comprimento e espessura de parede da fibra, não apresentam valor diagnóstico para diferenciação e identificação dos genótipos.

Existem diferenças quantitativas entre os genótipos, além de variação no sentido medula-câmbio, essas diferenças atribuem diferentes propriedades aos genótipos. Verificar essa variação é essencial para o conhecimento da matéria-prima e sua adequada utilização. Uma vez que, as variáveis analisadas estão estritamente relacionadas com a qualidade final de determinado produto.

Apesar do gênero *Eucalyptus* sp. possuir características semelhantes entre as espécies, foi possível diferenciar os genótipos pelas características qualitativas inerentes a esses.

REFERÊNCIAS

- ALZATE, B. A. Estrutura anatômica da madeira de clones de *Eucalyptus*. **Revista Investigaciones Aplicadas**, Medellín, v. 5, p.1-14, 2009.
- ANGYALOSSY-ALFONSO, V. **Caracterização Anatômica do lenho e da casca das principais espécies de *Eucalyptus* L'Herit. cultivadas no Brasil**. 1987. 188 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.
- ASSIS, T. F. Aspecto do melhoramento de *Eucalyptus* para obtenção de produtos sólidos de madeira. In: WORKSHOP SOBRE TÉCNICAS DE ABATE, PROCESSAMENTO E UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO, 1., 1999, Viçosa. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 1999. p. 61-72.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico da ABRAF 2013**: Ano base 2012. Brasília: 2013. 146 p.
- BALLARIN, A. W.; PALMA, H. A. L. Propriedades de resistência e rigidez da madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 3, p. 371-380, 2003.
- BARBOSA, A. C. F. et al. A new method to obtain good anatomical slides of heterogeneous plant parts. **IAWA Journal**, Utrecht, v. 31, n. 4, p. 373 – 383, 2010.
- BASSA, A. G. M. C.; SILVA JÚNIOR, F. G. S.; SACON, V. M. Misturas de madeira de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e *Pinus taeda* para produção de celulose através do processo kraft. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 75, n. 1, p. 19-29, 2007.
- BERTOLA, A. Eucalipto - 100 anos de Brasil: “Falem mal, mas continuem falando de mim!”. 2004. Disponível em: <http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Eucalipto_100%20anos%20de%20Brasil_Alexandre_Bertola.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2012.
- BRISOLA, S. H.; DEMARCO, D. Análise anatômica do caule de *Eucalyptus grandis*, *E. urophylla* e *E. grandis* x *E. urophylla*: desenvolvimento da madeira e sua importância para indústria. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 91, p. 317-330, 2011.

CALONEGO, F. W. et al. Mensuração do comprimento das fibras para determinação da madeira juvenil em *Eucalyptus citriodora*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 68, p. 113-121, 2005.

CARLQUIST, S. Caryophyllales: a key group for understanding wood anatomy character states and their evolution. **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, v. 164, n. 4, p. 342-393, 2010.

CARLQUIST, S. Ecological factors in wood evolution: a floristic approach. **American Journal of Botany**, Columbus, v. 64, n. 7, p. 887-896, 1977.

CARVALHO, W. et al. Uma visão sobre a estrutura, composição e biodegradação da madeira. **Química Nova**, São Paulo, n. 8, p. 2191-2195, 2009.

CHAER, G. M.; TOTÓLA, M. R. Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 31, p. 1381-1396, 2007.

CORADIN, V. T. R.; MUNIZ, G. I. **Normas e procedimentos em estudos de anatomia da madeira: Angiospermae II-Gimnospermae**. Brasília: IBAMA, 1992. 17 p. (Série Técnica).

COLLINS, T. J. ImageJ for microscopy. **Imaging Frontiers**, Ottawa, v. 43, n. 1, p. 25-30, 2007.

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

DADSWELL, H. E. Wood structure variations occurring during growth and their influence on properties. **Journal of the Institute of Wood Science**, Tokyo, v. 1, p. 2-23, 1958.

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

DIAS-LEME, C. L. et al. Wood anatomy of four Myrtaceae genera in the subtribe Myrciinae from South America. **IAWA Journal**, Utrecht, v. 16, n. 1, p. 87-95, 1995.

DUDZICK, K. R. Macro-microscopic anatomy: obtaining a composite view of barrier zone formation in *acer saccharum*. **IAWA Journal**, Utrecht, v. 9, n. 2, p. 183-186, 1988.

- FABROWSKI, F. J. et al. Investigação da presença de óleo essencial em *Eucalyptus smithii* R. T. Baker por meio da anatomia do seu lenho e casca. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 95-106, 2003.
- GOMIDE, J. L. et al. Caracterização tecnológica, para produção de celulose, da nova geração de clones de *Eucalyptus* do Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 1, p. 129-137, 2005.
- GONÇALEZ, J. C. **Caracterisation technologique de quatre especies peu connues da la forêt Amazonienne**: anatomie, chimie, couler, propriétés physiques et mécaniques. 1993. 446 f. Thèse (Doctorat) – Ecole Nationale du Génie Rural des Eaux et des Forêts, Nancy, 1993.
- GONÇALVES, J. L. M. Recomendações de adubação para *Eucalyptus*, *Pinus* e espécies típicas da Mata Atlântica. **Documentos Florestais**, Piracicaba, n. 15, p. 1-23, 1995.
- GRESSLER, E. et al. Polinização e dispersão de sementes de Myrtaceae do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 29, n. 4, p. 509-530, 2006.
- HEREDEEN, P. S.; MILLER, R. B. Utility of wood anatomical characters in cladistic analyses. **IAWA Journal**, Utrecht, v. 21, n. 3, p. 247-276, 2000.
- HIROSHIMA, T.; NAKAJIMA, T. Estimation of sequestered carbon in Article-3.4 private planted forests in the first commitment period in Japan. **Journal of Forest Research**, Sapporo, v. 11, p. 427-437, 2006.
- IAWA COMMITTEE. International Association of Wood Anatomists. List of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bulletin**, Leiden, v. 10, p. 220-332, 1989.
- ILIC, J. Woods of eucalyptus-part 1 distinguishing three species from the ash group. **IAWA Journal**, Utrecht, v. 18, n. 1, p. 27-36, 1997.
- LANDRUM, L. R.; KAWASAKI, M. L. The genera of Myrtaceae in Brazil: an illustrated synoptic treatment and identification keys. **Brittonia**, Bronx, v. 49, n. 4, p. 508-536, 1997.
- LIMA, I. L. et al. Effect of fertilization on cell size in wood of *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden. **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 4, p. 465-472, 2010.

LOBÃO, M. S. et al. Caracterização das propriedades físico-mecânicas da madeira de eucalipto com diferentes densidades. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 28, n. 6, p. 889-894, 2004.

MARCHIORI, J. N. C. **Anatomia das madeiras do gênero Acacia, nativas e cultivadas no Estado do Rio Grande do Sul**. 1990. 226 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1990.

MARCHIORI, J. N. C.; BRUM, E. T. Anatomia da madeira do guamirim-facho, *Calypttranthes concinna* DC. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 217-222, 1997.

MARRA, A. A. **Technology of wood bonding**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992. p. 453.

MARTINI, A. J. **O plantador de eucaliptos: a questão da preservação florestal no Brasil e o resgate documental do legado de Edmundo Navarro de Andrade**. 2004. Dissertação (Mestrado em História Social) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

METCALFE, C. R.; CHALK, L. **Anatomy of dicotyledons**. 2. ed. Oxford Science, 1983.

MILANEZ, F. R. Anatomia das madeiras. **Rodriguesia**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 20, p. 111-119, 1946.

MORA, A. L.; GARCIA, C.H. **A Cultura do eucalipto no Brasil**. São Paulo: SBS, 2000. p. 112.

MORI, S. A. et al. Ecological importance of Myrtaceae in an Eastern Brazilian west forest. **Biotropica**, Washington, v.15, n. 1, p. 68-70, 1983.

MUNSELL SOIL COLOR COMPANY. **Munsell soil color charts**, Baltimore, v.1, p.117.

NISGOSKI, S. et al. Caracterização anatômica macroscópica das madeiras utilizadas para laminação na região de Curitiba-Pr. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 4, n. 1-2, p. 47-52, 2003.

OLIVEIRA, J. T. S. et al. Caracterização da madeira de sete espécies de eucaliptos para a construção civil:1- avaliações dendrométricas das árvores. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 56, p. 113-124, 1999.

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.

PANSHIN, A. J.; ZEEUW, C. **Textbook of wood technology**. 3th ed. New York: McGraw-Hill, 1980.

PAULA, J. E. Caracterização anatômica da madeira de sete espécies da Amazônia com vistas à produção de energia e papel. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 33, n. 2, p. 243-262, 2003.

PAULA, R. C. et al. Predição de ganhos genéticos em melhoramento florestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 37, n. 2, p. 159-165, 2002.

PEREIRA, J. A. As relações da estrutura anatômica do lenho com as propriedades físicas e mecânicas e os usos das madeiras. **Rodriguesia**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 11, p. 337-345, 1937.

PEREIRA, J. C. D. et al. **Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. p. 113.

QUILHÓ, T.; MIRANDA, I.; PEREIRA, H. Within-tree variation in wood fibre biometry and basic density of the urograndis eucalypt hybrid (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*). **IAWA Journal**, Utrecht, v. 27, n. 3, p. 243-254, 2006.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. Version 2.8.1. Disponível em: <<http://www.stuartadrianbrown.net/bibl/RDevelopmentCoreTeam2008.html>>. Acesso em: 23 jan. 2012.

RAMOS, L. M. A. et al. Variação radial dos caracteres anatômicos da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill Ex Maiden e idade de transição entre lenho juvenil e adulto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 92, p. 411-418, 2011.

RAPASSI, R. M. A. et al. Cultura do eucalipto na região de Suzanápolis, Estado de São Paulo: Análise econômica. **Information Economics**, Amsterdam, v. 38, p. 7-13, 2008.

ROCHA, F. T. et al. Variação das dimensões dos elementos anatômicos da madeira de árvores de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden aos sete anos. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 43-55, 2004.

ROWELL, R. M. **Handbook of wood chemistry and wood composites**. New York: Taylor & Francis, 2005. p. 411.

SANTINI, E. J. et al. Análise comparativa das propriedades físicas e mecânicas da madeira de três coníferas de florestas plantadas. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 85-93, 2000.

SANTOS, S. R.; SANSÍGOLO, C. A. Influência da densidade básica de clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. na qualidade da polpa branqueada. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 1, p. 53-63, 2007.

SILVA, J. R. M. et al. Influência da morfologia das fibras na usinabilidade da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 3, p. 479-487, 2005.

SOFFIATTI, P.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V. Estudo anatômico comparativo do lenho e da casca de duas espécies de *Eugenia* L. (Myrtaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 22, n. 2, p.175-184, 1999.

TOGHARIE, N. et al. A computerized system for wood research and identification - A technical note. **IAWA Journal**, Utrecht, v. 20, n. 2, p. 147-148, 1999.

TOMAZELLO FILHO, M. Estrutura anatômica da madeira de oito espécies de Eucalipto cultivadas no Brasil. **IPEF**, Piracicaba, n. 29, p. 25-36, 1985a.

TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira do *Eucalyptus saligna* e *E. grandis*. **IPEF**, Piracicaba, n. 29, p. 37-45, 1985b.

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

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

VERHEYDEN, A. et al. Growth rings, growth ring formation and age determination in the mangrove *Rhizophora mucronata*. **Annals of Botany**, London, v. 94, p. 59-66, 2004.

WHEELER, E. A.; BAAS, P. Wood identification- a review. **IAWA journal**, Utrecht, v. 19, n. 3, p. 241-264, 1998.

WILSON, P. G. et al. Myrtaceae revisited: A reassessment of infrafamilial groups. **American Journal of Botany**, Columbus, v. 88, n. 11, p. 2013-2025, 2001.

WILSON, P.G. et al. Relationships within Myrtaceae sensu lato based on a matK phylogeny. **Plant Systematics and Evolution**, New York, v. 251, p. 3-19, 2005.

ZENID, G. J. **Identificação e grupamento das madeiras serradas empregadas na construção civil habitacional na cidade de São Paulo**. 1997. 169 p. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Madeiras) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Grã

Tabela de Análise de Variância

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|---------|-----|-----------|-----------|----------|--------|
| GEN | 5 | 751.3037 | 150.2607 | 39.5830 | 0.0000 |
| POS | 1 | 1481.2854 | 1481.2854 | 390.2130 | 0.0000 |
| GEN*POS | 5 | 350.7028 | 70.1406 | 18.4770 | 0.0000 |
| Erro | 528 | 2004.3355 | 3.7961 | | |
| Total | 539 | 4587.6273 | | | |

CV (%) = 30,89

Média Geral: 6,3072

Número de Observações: 540

Tabela de Análise de Variância

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|-------------|-----|-------------|------------|--------|--------|
| GEN / POS 1 | 5 | 1032.045869 | 206.409174 | 54.374 | 0.0000 |
| GEN / POS 3 | 5 | 69.960541 | 13.992108 | 3.686 | 0.0027 |
| Erro | 528 | 2004.335475 | 3.79609 | | |

APÊNDICE B

Comprimento de Elemento de Vaso

| Tabela de Análise de Variância | | | | | |
|--------------------------------|------|-------------|-------------|--------|--------|
| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
| GEN | 5 | 770647.6508 | 154129.5302 | 25.029 | 0.0000 |
| POS | 2 | 1536562.997 | 768281.4983 | 124.76 | 0.0000 |
| GEN*POS | 10 | 547359.9773 | 54735.99773 | 8.888 | 0.0000 |
| Erro | 1602 | 9865272.302 | 6158.097567 | | |
| Total | 1619 | 12719842.93 | | | |

CV (%) = 28,63

Média Geral: 274,1325

Número de Observações: 1620

| Tabela de Análise de Variância | | | | | |
|--------------------------------|------|-------------|-------------|--------|--------|
| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
| POS | 2 | 437987.2418 | 218993.6209 | 35.562 | 0.0000 |
| POS | 2 | 180944.5912 | 90472.2956 | 14.692 | 0.0000 |
| POS | 2 | 565595.2231 | 282797.6116 | 45.923 | 0.0000 |
| POS | 2 | 1990.804402 | 995.402201 | 0.162 | 0.8517 |
| POS | 2 | 732400.6139 | 366200.307 | 59.466 | 0.0000 |
| POS | 2 | 165004.4994 | 82502.24968 | 13.397 | 0.0000 |
| Erro | 1602 | 9865272.302 | 6158.097567 | | |

APÊNDICE C

Frequência de Vaso

| Tabela de Análise de Variância | | | | | |
|--------------------------------|------|-------------|------------|---------|--------|
| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
| GEN | 5 | 2719.145679 | 543.829136 | 54.767 | 0.0000 |
| POS | 2 | 3373.48642 | 1686.74321 | 169.867 | 0.0000 |
| GEN*POS | 10 | 1553.254321 | 155.325432 | 15.642 | 0.0000 |
| Erro | 1602 | 15907.55556 | 9.92981 | | |
| Total | 1619 | 23553.44198 | | | |

CV (%) = 23,53

Média Geral: 13,3901

Número de Observações: 1620

| Tabela de Análise de Variância | | | | | |
|--------------------------------|------|-------------|------------|--------|--------|
| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
| POS | 2 | 388.066667 | 194.033333 | 19.54 | 0.0000 |
| POS | 2 | 357.874074 | 178.937037 | 18.02 | 0.0000 |
| POS | 2 | 1952.118519 | 976.059259 | 98.296 | 0.0000 |
| POS | 2 | 1143.162963 | 571.581481 | 57.562 | 0.0000 |
| POS | 2 | 637.362963 | 318.681481 | 32.093 | 0.0000 |
| POS | 2 | 448.155556 | 224.077778 | 22.566 | 0.0000 |
| Erro | 1602 | 15907.55556 | 9.9298 | | |

APÊNDICE D

Diâmetro de Vaso

| Tabela de Análise de Variância | | | | | |
|--------------------------------|------|--------------|-------------|---------|-------|
| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
| GEN | 5 | 168,297.7052 | 33659.5410 | 131.125 | 0 |
| POS | 2 | 37,853.6606 | 18926.83032 | 73.732 | 0 |
| GEN*POS | 10 | 23,840.8148 | 2384.0815 | 9.287 | 0 |
| Erro | 1602 | 411,230.6702 | 256.6983 | | |
| Total | 1619 | 1,281.6075 | | | |

CV (%) = 13,71

Média Geral: 116,8548

Número de Observações: 540

| Tabela de Análise de Variância | | | | | |
|--------------------------------|------|-------------|-------------|--------|--------|
| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
| POS | 2 | 7958.863157 | 3979.431578 | 15.502 | 0 |
| POS | 2 | 16085.11054 | 8042.555268 | 31.331 | 0 |
| POS | 2 | 12010.78291 | 6005.391456 | 23.395 | 0 |
| POS | 2 | 4217.194998 | 2108.597499 | 8.214 | 0.0003 |
| POS | 2 | 5994.584082 | 2997.292041 | 11.676 | 0 |
| POS | 2 | 15427.93977 | 7713.969883 | 30.051 | 0 |
| Erro | 1602 | 411230.6702 | 256.698296 | | |

APÊNDICE E

Índice de Vulnerabilidade

Tabela de Análise de Variância

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|---------|------|-------------|-------------|---------|-------|
| GEN | 5 | 4557.578494 | 911.515699 | 118.093 | 0 |
| POS | 2 | 2208.299063 | 1104.149532 | 143.05 | 0 |
| GEN*POS | 10 | 1098.286326 | 109.828633 | 14.229 | 0 |
| Erro | 1602 | 12365.25347 | 7.718635 | | |
| Total | 1619 | 20229.41735 | | | |

CV (%) = 29,12

Média Geral: 9,5413

Número de Observações: 1620

APÊNDICE F

Pontoações

| Tabela de Análise de Variância | | | | | |
|--------------------------------|-----|------------|-----------|--------|--------|
| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
| GEN | 5 | 64.043797 | 12.808759 | 32.414 | 0.0000 |
| POS | 2 | 27.327832 | 13.663916 | 34.578 | 0.0000 |
| GEN*POS | 10 | 24.642373 | 2.464237 | 6.236 | 0.0000 |
| Erro | 162 | 64.017076 | 0.395167 | | |
| Total | 179 | 180.031078 | | | |

CV (%) = 12,66

Média Geral:

Número de Observações: 1620

| Tabela de Análise de Variância | | | | | |
|--------------------------------|-----|-----------|----------|--------|--------|
| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
| GEN / POS 1 | 5 | 16.026734 | 3.205347 | 8.111 | 0.0000 |
| GEN / POS 2 | 5 | 28.317226 | 5.663445 | 14.332 | 0.0000 |
| GEN / POS 3 | 5 | 44.34221 | 8.868442 | 22.442 | 0.0000 |
| Erro | 162 | 64.017076 | 0.395167 | | |

APÊNDICE G

Altura de Raio

| Tabela de Análise de Variância | | | | | |
|--------------------------------|------|-------------|-------------|--------|--------|
| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
| GEN | 5 | 225569.8537 | 45113.97074 | 9.087 | 0.0000 |
| POS | 2 | 378629.2042 | 189314.6021 | 38.131 | 0.0000 |
| GEN*POS | 10 | 139956.7467 | 13995.67467 | 2.819 | 0.0018 |
| Erro | 1602 | 7953682.513 | 4964.845514 | | |
| Total | 1619 | 8697838.318 | | | |

CV (%) = 27,95

Média Geral: 252,1257

Número de Observações: 1620

| Tabela de Análise de Variância | | | | | |
|--------------------------------|------|--------------|------------|---------|--------|
| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
| POS | 2 | 53015.8335 | 26507.9167 | 5.3390 | 0.0048 |
| POS | 2 | 113102.2219 | 56551.1110 | 11.3900 | 0.0000 |
| POS | 2 | 92003.7347 | 46001.8674 | 9.2660 | 0.0001 |
| POS | 2 | 78713.0242 | 39356.5121 | 7.9270 | 0.0004 |
| POS | 2 | 51863.9284 | 25931.9642 | 5.2230 | 0.0053 |
| POS | 2 | 129887.2082 | 64943.6041 | 13.0810 | 0.0000 |
| Erro | 1602 | 7953682.5132 | 4964.8455 | | |

APÊNDICE H

Largura de Raio

| Tabela de Análise de Variância | | | | | |
|--------------------------------|------|------------|----------|---------|--------|
| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
| GEN | 5 | 2532.5123 | 506.5025 | 58.1280 | 0.0000 |
| POS | 2 | 192.7493 | 96.3747 | 11.0600 | 0.0000 |
| GEN*POS | 10 | 135.4413 | 13.5441 | 1.5540 | 0.1146 |
| Erro | 1602 | 13959.1969 | 8.7136 | | |
| Total | 1619 | 16819.8999 | | | |

CV (%) = 30,66

Média Geral: 9,6289

Número de Observações: 1620

| Tabela de Análise de Variância | | | | | |
|--------------------------------|------|-------------|-----------|-------|--------|
| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
| POS | 2 | 55.12647 | 27.563235 | 3.163 | 0.0416 |
| POS | 2 | 51.20558 | 25.60279 | 2.938 | 0.0521 |
| POS | 2 | 99.249812 | 49.624906 | 5.695 | 0.0033 |
| POS | 2 | 4.48569 | 2.242845 | 0.257 | 0.7728 |
| POS | 2 | 56.494912 | 28.247456 | 3.242 | 0.0385 |
| POS | 2 | 61.628149 | 30.814074 | 3.536 | 0.0287 |
| Erro | 1602 | 13959.19694 | 8.713606 | | |

APÊNDICE I

Frequência de Raio por mm/linear

| Tabela de Análise de Variância | | | | | |
|--------------------------------|------|------------|------------|--------|--------|
| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
| GEN | 5 | 590.471605 | 118.094321 | 69.208 | 0.0000 |
| POS | 2 | 255.423457 | 127.711728 | 74.844 | 0.0000 |
| GEN*POS | 10 | 200.391358 | 20.039136 | 11.744 | 0.0000 |
| Erro | 1602 | 2733.6 | 1.706367 | | 0.0000 |
| Total | 1619 | 3779.88642 | | | |

CV (%) = 9,99

Média Geral: 13,0790

Número de Observações: 1620

| Tabela de Análise de Variância | | | | | |
|--------------------------------|------|-----------|----------|---------|--------|
| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
| POS | 2 | 50.1630 | 25.0815 | 14.6990 | 0.0000 |
| POS | 2 | 29.8963 | 14.9481 | 8.7600 | 0.0002 |
| POS | 2 | 11.8741 | 5.9370 | 3.4790 | 0.0303 |
| POS | 2 | 16.7185 | 8.3593 | 4.8990 | 0.0074 |
| POS | 2 | 201.8074 | 100.9037 | 59.1340 | 0.0000 |
| POS | 2 | 145.3556 | 72.6778 | 42.5920 | 0.0000 |
| Erro | 1602 | 2733.6000 | 1.7064 | | |

APÊNDICE J

Comprimento de Fibra

| Tabela de Análise de Variância | | | | | |
|--------------------------------|------|-------------|-------------|---------|--------|
| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
| GEN | 5 | 6341224.596 | 1268244.919 | 93.914 | 0.0000 |
| POS | 2 | 13668613.48 | 6834306.74 | 506.085 | 0.0000 |
| GEN*POS | 10 | 2322023.712 | 232202.3712 | 17.195 | 0.0000 |
| Erro | 1602 | 21633840.83 | 13504.27018 | | |
| Total | 1619 | 43965702.62 | | | |

CV (%) = 12,52

Média Geral: 928,1001

Número de Observações: 1620

| Tabela de Análise de Variância | | | | | |
|--------------------------------|------|-------------|-------------|---------|--------|
| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
| POS | 2 | 2632345.122 | 1316172.561 | 97.463 | 0.0000 |
| POS | 2 | 1122318.386 | 561159.1929 | 41.554 | 0.0000 |
| POS | 2 | 6515900.062 | 3257950.031 | 241.253 | 0.0000 |
| POS | 2 | 676799.8094 | 338399.9047 | 25.059 | 0.0000 |
| POS | 2 | 2464096.492 | 1232048.246 | 91.234 | 0.0000 |
| POS | 2 | 2579177.322 | 1289588.661 | 95.495 | 0.0000 |
| Erro | 1602 | 21633840.83 | 13504.27018 | | |

APÊNDICE K

Espessura Parede de Fibra

| Tabela de Análise de Variância | | | | | |
|--------------------------------|------|------------|------------|---------|-------|
| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
| GEN | 5 | 73.9791 | 14.795818 | 25.639 | 0 |
| POS | 2 | 225.4645 | 112.732238 | 195.352 | 0 |
| GEN*POS | 10 | 57.6938 | 5.769377 | 9.998 | 0 |
| Erro | 1602 | 924.4702 | 0.577073 | | |
| Total | 1619 | 1,281.6075 | | | |

CV (%) = 18,46

Média Geral: 4,1160

Número de Observações: 1620

| Tabela de Análise de Variância | | | | | |
|--------------------------------|------|----------|-----------|---------|--------|
| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
| POS | 2 | 5.6336 | 2.816798 | 4.881 | 0.0075 |
| POS | 2 | 23.0267 | 11.513349 | 19.951 | 0 |
| POS | 2 | 36.5516 | 18.275797 | 31.67 | 0 |
| POS | 2 | 52.1755 | 26.087733 | 45.207 | 0 |
| POS | 2 | 115.8200 | 57.909983 | 100.351 | 0 |
| POS | 2 | 49.9509 | 24.975462 | 43.28 | 0 |
| Erro | 1602 | 924.4702 | 0.577073 | | |