

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

THIAGO LEITE BARBOSA

INFLUÊNCIA DO LOCAL DE CRESCIMENTO NA QUALIDADE DA
MADEIRA PARA CELULOSE E NA SUSCEPTIBILIDADE AOS
VENTOS

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO
2010

THIAGO LEITE BARBOSA

INFLUÊNCIA DO LOCAL DE CRESCIMENTO NA QUALIDADE DA
MADEIRA PARA CELULOSE E NA SUSCEPTIBILIDADE AOS
VENTOS

Monografia apresentada ao
Departamento de Engenharia Florestal
da Universidade Federal do Espírito
Santo, como requisito parcial para
obtenção do título de Engenheiro
Industrial Madeireiro.

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO

2010

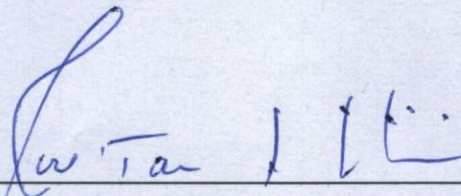
THIAGO LEITE BARBOSA

INFLUÊNCIA DO LOCAL DE CRESCIMENTO NA QUALIDADE DA
MADEIRA PARA CELULOSE E NA SUSCEPTIBILIDADE AOS
VENTOS

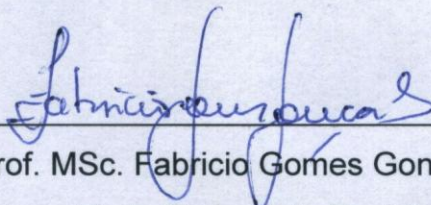
Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade
Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de
Engenheiro Industrial Madeireiro

Aprovada em 19 de novembro de 2010

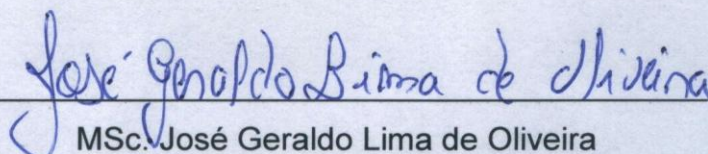
COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. DSc. José Tarcísio da Silva Oliveira
Universidade Federal do Espírito Santo



Prof. MSc. Fabricio Gomes Gonçalves
Universidade Federal do Espírito Santo



MSc. José Geraldo Lima de Oliveira
Universidade Federal do Espírito Santo

DEDICATÓRIA

À minha mãe, Marina Leite, por acreditar, incentivar e me ajudar a chegar até aqui, pois sem o seu apoio jamais conseguiria.

À minha irmã, Janaina Leite, futura zootecnista da família, que me proporcionou bons momentos de convivência durante todo esse tempo que moramos juntos.

A todos aqueles da minha família que torceram por mim.

Aos meus amigos, que fizeram parte de momentos agradáveis ao longo de toda essa jornada.

”O conhecimento é o único instrumento de produção que não está sujeito a rendimentos decrescentes”.

J. M. Clark

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por me proporcionar saúde e disposição para continuar, mesmo nos momentos mais difíceis.

Aos meus pais, pelo apoio e confiança em mim depositados.

Ao Prof. José Tarcísio, pelas valiosas informações e dedicação ao orientar este trabalho.

À colaboração da equipe do Laboratório de Ciência da Madeira – UFES, por horas de ajuda com o projeto.

À FIBRIA CELULOSE S.A., que muito contribuiu, por ceder de tão boa vontade o material necessário para a realização da pesquisa.

A todos, meus sinceros agradecimentos!

RESUMO

Clones do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* com idade de aproximadamente 03 anos, situados em diferentes áreas de fomento, foram plantados para atender à indústria de celulose. Os mesmos cresceram sob o efeito de diferentes condições de crescimento devido às condições impostas pelos sítios. Devido a essas diferentes categorias de crescimento, as árvores provenientes de duas regiões apresentaram baixa resistência quando submetidas a esforços provocados pela ação dos ventos, que em casos extremos culminou na quebra destas. Entretanto, também houve casos de clones que se desenvolveram de forma satisfatória e não quebraram. A qualidade da madeira para a produção de celulose também foi afetada em função do local de crescimento, uma vez que as características de massa específica e constituição anatômica foram alteradas. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do local de crescimento na qualidade da madeira e na susceptibilidade ao ataque por ventos em árvores de um clone que cresceram em regiões do Norte do Estado do Espírito Santo e do Sul do Estado da Bahia. Os ensaios envolvidos dizem respeito à massa específica, a sua variação no sentido medula-casca e anatomia da madeira. Sendo possível constatar que o local de crescimento exerceu influência sobre os parâmetros analisados, mostrando que houve variação no comprimento das fibras de acordo com os diferentes tratamentos, havendo também variação na densidade, diâmetro do lume e espessura da parede; com relação aos vasos, houve significativa variação na frequência e diâmetro dos mesmos para as diferentes localidades.

Palavras-chave: Madeira de eucalipto. Local de crescimento. Qualidade da madeira.
Ventos.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE QUAROS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 O problema e sua importância	2
1.2 Objetivos	3
1.2.1 Objetivo geral	3
1.2.2 Objetivos específicos	3
2 REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 Madeira de eucalipto	4
2.2 Plantios clonais	5
2.3 Crescimento da árvore	7
2.3.1 Fatores que afetam o crescimento	8
2.3.1.1 Fatores ambientais	9
2.4 Produção de celulose	11
2.5 Qualidade da madeira	12
2.5.1 Anatomia da madeira	13
2.5.2 Densidade básica	14
2.6 Efeito do vento	16
3 METODOLOGIA	17
3.1 Material	17
3.2 Amostragem	17
3.3 Métodos	18
3.3.1 Densidade básica	18
3.3.2 Densidade básica no sentido medula-casca	19
3.3.3 Análise anatômica dos vasos	21
3.3.4 Análise anatômica das fibras	23
3.3.5 Parâmetros de qualidade	25
4 RESULTADOS DA PESQUISA	26
4.1 Medidas dendrométricas	26

4.2 Densidade básica	27
4.3 Densidade medula-casca	29
4.4 Características anatômicas – Vasos	30
4.5 Características anatômicas – Fibras	33
4.6 Parâmetros de qualidade	38
5 CONCLUSÕES	40
6 REFERÊNCIAS	41
APÊNDICES	47
Apêndice A – Análise de variância (ANOVA) do diâmetro dos vasos para os diferentes tratamentos	48
Apêndice B – Análise de variância (ANOVA) da frequência dos vasos para os diferentes tratamentos	48
Apêndice C – Análise de variância (ANOVA) do comprimento das fibras para os diferentes tratamentos	48
Apêndice D – Análise de variância (ANOVA) da largura das fibras para os diferentes tratamentos	48
Apêndice E – Análise de variância (ANOVA) do diâmetro do lume das fibras para os diferentes tratamentos	49
Apêndice F – Análise de variância (ANOVA) da espessura de parede das fibras para os diferentes tratamentos	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Diâmetro médio (cm) dos discos para os diferentes tratamentos	26
Tabela 2 – Média da densidade básica (g.cm^{-3}) para todos dos tratamentos	28
Tabela 3 – Valores médios do diâmetro (μm) e da frequência (mm^2) dos vasos para os diferentes tratamentos	31
Tabela 4 – Valores médios do comprimento (μm) das fibras para os diferentes tratamentos estudados	34
Tabela 5 – Valores médios dos parâmetros anatômicos estudados para o <i>E. urograndis</i>	36
Tabela 6 – Parâmetros de qualidade para formação da polpa/papel para os tratamentos	39

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Dados dos povoamentos clonais disponibilizados pela empresa	18
--	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Disco ilustrando a marcação das cunhas que foram utilizadas para determinação da densidade	19
Figura 2 – Baguetas sendo saturadas no dessecador	20
Figura 3 – Procedimento de imersão para determinar o volume	21
Figura 4 – Procedimento de fervura dos CP's para realizar o corte no micro-tomo	22
Figura 5 – Foto do corte transversal na etapa de mensuração dos vasos através da utilização do <i>Software Image-Pro Plus</i>	23
Figura 6 – Fibra sendo mensurada utilizando o <i>Software Image-Pro Plus</i>	24
Figura 7 – Valores das médias das densidades básicas (g.cm^{-3}) correspondente às cunhas de maior e menor raio de cada tratamento	27
Figura 8 – Comparação entre as médias das densidades (g.cm^{-3}) no sentido medula-casca para o híbrido clonal do <i>E. urograndis</i>	30
Figura 9 – Comportamento do diâmetro dos vasos para o híbrido clonal do <i>E. urograndis</i> nas diferentes regiões estudadas	32
Figura 10 – Comportamento da frequência de vasos para híbrido clonal do <i>E. urograndis</i> nas diferentes regiões estudadas	33
Figura 11 – Comprimentos das fibras do híbrido clonal em diferentes regiões ..	35
Figura 12 – Diâmetro do lume em árvores de <i>E. urograndis</i> nas duas regiões estudadas	37
Figura 13 – Espessura da parede em árvores de <i>E. urograndis</i> nas duas regiões estudadas	38

1 INTRODUÇÃO

O gênero *Eucalyptus* foi descoberto pelos ingleses na Austrália, em 1788. A disseminação de sementes de eucaliptos no mundo começou no início do século XIX. Na América do Sul, o primeiro país a introduzir o eucalipto foi o Chile em 1823 e, posteriormente, a Argentina e o Uruguai. Por volta de 1850, países como Portugal, Espanha e Índia começaram a plantar o eucalipto (ESTEIO, 2009).

Inicialmente o eucalipto foi introduzido no Brasil sem grandes expectativas, muitas vezes sendo utilizado apenas para arborização de ruas ou como quebra ventos. Somente no início do século passado o gênero passou a ser mais conhecido por meio dos estudos desenvolvidos por Edmundo Navarro de Andrade.

Até 1965 a silvicultura nacional viveu sua fase inicial. Nesse ano, as estimativas indicavam 400 mil hectares plantados com eucaliptos. A partir de 1966, o Governo Federal estabelece um forte programa de incentivos fiscais ao reflorestamento, permitindo uma rápida expansão na atividade (Associação Brasileira de Celulose e Papel - BRACELPA, 2007). Posteriormente, também foram realizados programas de incentivos ao reflorestamento, que implicaram a doação de recursos monetários ou materiais aos produtores rurais, para que estes pudessem realizar o reflorestamento.

Em 20 anos, 3,23 milhões de hectares foram plantados nas regiões sul e sudeste, conformando o setor florestal em grandes empresas, interessadas na madeira principalmente como matéria prima para a fabricação de papel, a partir da extração da celulose (Associação Brasileira de Celulose e Papel - BRACELPA, 2007).

A produção maciça de mudas clonais no Brasil iniciou-se no final da década de 70, no litoral do Espírito Santo. O objetivo era multiplicar árvores idênticas a indivíduos selecionados por sua excelência quanto a crescimento e resistência a doenças. O resultado foi a criação do híbrido *E. urograndis*, que aliava a velocidade de crescimento de uma espécie, com o bom rendimento de fábrica de outra, sendo assim, a indústria de celulose e papel nacional não precisou fazer uso de árvores nativas em seu processo produtivo.

Nos plantios comerciais das grandes empresas brasileiras são utilizados clones que, na maioria dos casos, sofreram um processo de melhoramento visando à

indústria de celulose e papel. Esse melhoramento visa, principalmente, a obtenção de árvores com uma densidade adequada à indústria, e com baixo teor de lignina para facilitar o processo de polpação da madeira.

As espécies do gênero *Eucalyptus* são amplamente plantadas no Brasil em função do seu rápido crescimento, da boa adaptação ecológica e da boa qualidade da madeira para a produção de madeira para diversas finalidades, seja para extração de celulose, produção de chapas de fibra, lenha, carvão vegetal, construção civil, dentre outras utilidades. Sendo assim, as florestas plantadas, principalmente com as espécies desse gênero, ganharam importância e fornecem ainda grande quantidade de matéria prima para os produtos de origem florestal, buscando diminuir a pressão sobre as florestas nativas no país.

O resultado final dos esforços nos últimos anos, nas áreas florestal e industrial é a liderança mundial, que o Brasil atualmente ocupa na produção e exportação de celulose branqueada de eucalipto.

1.1 O problema e sua importância

A madeira de clones de espécies do gênero *Eucalyptus* apresenta-se como sendo utilizada de forma satisfatória como matéria prima para o setor de celulose de fibra curta no Estado do Espírito Santo. Pelo fato dessa madeira ter sido melhorada geneticamente para atender parâmetros desejáveis durante o processo de produção de celulose, como, rápido crescimento, densidade adequada e baixo teor de lignina, esse material teve sua resistência mecânica diminuída, e associado a uma grande ocorrência de ventos nas áreas de plantio, acaba fazendo com que muitas árvores se inclinem ou até mesmo quebrem o fuste. A ação dos fatores ambientais muitas vezes influenciam no crescimento das árvores e conseqüentemente em suas propriedades físicas, químicas e anatômicas. Qualquer variação nas características da madeira durante sua formação pode influenciar tanto no processo de produção de celulose como também nas características do produto final, gerando um problema para as empresas, pois estas têm na padronização de seu produto um grande trunfo para manutenção e conquista de novos mercados. Como conseqüência da quebra do fuste da árvore, acarreta-se uma perda de matéria prima, levando a perdas de produção para a empresa que utiliza essa madeira para produção de celulose. Face ao exposto, tornou-se necessário então, o desenvolvimento de um estudo mais

detalhado com a finalidade de observar e caracterizar, o efeito do local de crescimento na qualidade da madeira e suas relações com a resistência das árvores às ações de ventos.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

O presente projeto de pesquisa teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes locais de crescimento na qualidade da madeira de um clone do híbrido *E. urophylla* X *E. grandis* destinado ao processo produtivo para celulose.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar as relações entre as propriedades anatômicas da madeira e a resistência ao vento.
- Determinar as relações entre massa específica e a resistência ao vento.
- Determinar as relações entre local de crescimento e qualidade da madeira.
- Determinar as relações entre local de crescimento e resistência ao vento.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Madeira de eucalipto

Segundo Paula (2005), o gênero *Eucalyptus* pertence à família Myrtaceae, e possui mais de 600 denominações diferentes, incluindo espécies, variedades e híbridos, ocorrendo em uma gama de condições ambientais que vão desde áreas pantanosas, até muito secas, solos de baixada, de alta fertilidade, até solos arenosos muito pobres, ocupando ambientes altamente variáveis, tanto em termos de precipitação quanto de temperaturas. Toda essa diversidade ambiental concentra-se principalmente na Austrália, apresentando, também, ocorrências na Indonésia e ilhas adjacentes.

Devido à necessidade de adaptação aos diferentes nichos ecológicos existentes na Austrália, houve a formação de subpopulações dentro de uma mesma espécie, também denominadas procedências. Por esse motivo é que, dentro de uma mesma espécie de eucalipto, são encontradas procedências com diferenças em várias características de importância econômica, como taxa de crescimento, formato do tronco, resistência a geadas, à seca, aos insetos, aos fungos, tolerância à salinidade, à alcalinidade, à acidez e ao alagamento do solo (BISON, 2004).

As espécies desse gênero são pertencentes ao grupo das angiospermas dicotiledôneas lenhosas, ou seja, são espécies de vegetais mais evoluídos em função da especialização de seus elementos anatômicos, apresentando-se anatomicamente de forma mais complexa quando comparadas às gimnospermas, e como consequência, também possuem um maior número de elementos celulares que auxiliam na formação de seus tecidos, sendo assim, este grupo acaba por oferecer um número bem maior de caracteres para sua identificação (BURGER, RICHTER, 1991).

Quanto às características gerais do gênero *Eucalyptus*, destaca-se o alburno delgado, com menos de três centímetros e de coloração clara. Segundo Alfonso (1987), o cerne apresenta cor variando desde amarelado, até vários tons pardo-avermelhados e vermelhos, já madeira apresenta pouco brilho, grã de direita a reversa e textura de fina a média; pode ser macia, mas também moderadamente dura ao corte, com cheiro e gosto indistintos.

O xilema secundário do gênero, na maioria das vezes apresenta poros solitários, parênquima axial com tipos variados do difuso escasso, sub-agregado, vasicêntrico ou confluyente, parênquima radial relativamente finos e baixos, com predomínio dos unisseriados, localmente bisseriados, quanto às fibras, há um predomínio dos fibrotraqueídeos, de paredes espessas a muito espessas nas espécies com madeiras mais densas (ALFONSO, 1987).

Quanto à estrutura anatômica da madeira de eucalipto, devem ser destacadas ainda a formação de tiloses nos vasos de boa parte das espécies, que às vezes podem levar à sua completa obstrução, bem como o pequeno diâmetro das pontoações aureoladas que fazem a conexão entre os fibrotraqueídeos, ou entre estes e os elementos vasculares (SOUSA, 2004).

2.2 Plantios clonais

A propagação clonal pode ser definida como aquela em que a meta principal constitui-se em reproduzir indivíduos geneticamente idênticos, a partir de uma fonte de material vegetativo de uma planta selecionada. O processo biológico é conhecido como clonagem e a população de plantas resultantes da planta clonada é chamada de clone (REMADE, 2003).

Para que isto seja possível, é interessante que as práticas silviculturais e as técnicas de manejo da floresta estejam aliadas a uma ou mais estratégias de melhoramento florestal, para prover materiais genéticos diversificados e melhorados em quantidade e qualidade. É muito importante que, de forma conjunta, sejam determinados os melhores genótipos para cada sistema de manejo e sítios onde serão estabelecidos os povoamentos florestais (BERGER, 2000).

De acordo com Trugilho et al. (2004), a classificação e a seleção de indivíduos mais aptos a determinado uso tem sido muito explorados atualmente. A classificação de material de qualidade superior deve levar em consideração tanto as características associadas à madeira quanto às do produto desejado. A busca por características que definam a qualidade e permitam a seleção de indivíduos de maior potencial para dado uso é bem antiga. Com relação especificamente à produção de polpa celulósica, variáveis relativas à madeira e ao processo de obtenção da polpa devem ser avaliadas.

Os primeiros estudos com a cultura do eucalipto no Brasil tiveram início a partir de 1904, com Edmundo Navarro de Andrade, na Companhia Paulista de Estradas de Ferro. Os estudos mostraram que as algumas espécies de eucaliptos foram as mais promissoras. Contudo, os plantios formados por essas espécies apresentavam baixa qualidade, sendo necessário o melhoramento das populações em cultivo. Por isso, Carlos Arnaldo Krug iniciou, em 1941, no Instituto Agrônomo de Campinas, deu continuidade ao programa de melhoramento genético de eucalipto para a Companhia Paulista de Estradas de Ferro, com os seguintes objetivos: a) melhorar a uniformidade das plantações; b) melhorar a forma do tronco, as características dos ramos, o crescimento em altura e diâmetro das árvores; c) melhorar a capacidade de brotação e d) aumentar a produtividade de madeira (FERREIRA; SANTOS, 1997).

Em 1967, a Aracruz Celulose S.A. iniciou o plantio de eucalipto no Espírito Santo. Logo verificou-se que a espécie com melhor produtividade de madeira foi *E. grandis*. Constataram, contudo, que nesta espécie havia grande proporção de indivíduos suscetíveis ao cancro (*Cryphonectria cubensis*). Por isso, começaram a trabalhar também com *E. urophylla*, que associava alta resistência ao cancro e boa produtividade de madeira. Já a partir de 1974 ficou evidenciado que o híbrido *E. urophylla x grandis* era uma combinação promissora para a obtenção de alta produtividade de celulose (FERREIRA; SANTOS, 1997), mediante utilização da propagação vegetativa de estacas retiradas das brotações de cepas a partir de 1979.

A utilização de clones para a formação de florestas foi um dos avanços que possibilitou maior produção, melhoria da qualidade e homogeneização da matéria prima utilizada pela indústria. Porém, a adoção de técnicas de implantação e manejo visando à obtenção de povoamentos regulares e produtivos, que satisfaçam economicamente as condições de implantação e colheita, continua indispensável quando se trata de obter plantios com fins industriais (BERGER, 2000).

Nas regiões tropicais e subtropicais, o *Eucalyptus* tem-se constituído como um dos gêneros mais explorados e tem merecido atenção na silvicultura clonal, devido aos atuais avanços obtidos na pesquisa e, de certa forma, pela facilidade na propagação vegetativa, além da característica de serem plantas consideradas de rápido crescimento (REMADE, 2003).

Segundo Ferreira et al. (2006), as florestas de eucalipto plantadas no extremo sul do Estado da Bahia apresentaram índices de produtividade muito elevados. Esta elevada produtividade é proporcionada pelo clima favorável, pela rigorosa seleção de sítios adequados ao cultivo do eucalipto e, principalmente, pelo programa de melhoramento genético adotado pelas empresas do setor. A seleção dos clones baseia-se na produtividade florestal e inclui, também, características tecnológicas favoráveis ao processo de produção de celulose.

Existem porém, variações fenotípicas consideráveis dentro de uma população constituída por um mesmo clone, que podem ser causadas por efeitos ambientais com por exemplo, solo, clima, fotoperíodo, nutrição, competição, tratos culturais, pragas e doenças (SILVEIRA; HIGASHI, 1999).

2.3 Crescimento da árvore

Felippe (1979 citado por SILVA, 2001) caracteriza o crescimento como o aumento em tamanho, peso ou volume, baseando-se exclusivamente nas expressões morfológicas das atividades de crescimento. O mesmo autor argumenta que nas plantas autotróficas, o crescimento consiste na conversão de substâncias inorgânicas relativamente simples (água, CO₂ e elementos minerais) em quantidades cada vez maiores de proteínas e carboidratos (e também gorduras). O conseqüente aumento do corpo da planta pode ser visto e medido por fora. Entretanto, internamente, o crescimento envolve mais do que uma simples adição de quantidades, cada vez maiores, de proteínas e carboidratos, e sim processos fisiológicos complexos de diferenciação celular.

O crescimento das árvores é devido à presença de tecidos designados meristemas, dotados da capacidade de produzir novas células (BURGER; RICHTER, 1991). Segundo Oliveira (2008), no desenvolvimento da árvore encontram-se dois tipos de meristemas principais: (i) meristema apical ou terminal; (ii) meristema lateral ou cambial.

O meristema apical, que é o responsável pelo crescimento em altura, representa uma porção ínfima da árvore e localiza-se no ápice do tronco e ramos. Por meio de sucessivas divisões celulares, novas células são acrescentadas para baixo, enquanto o tecido meristemático vai sendo deslocado para cima. As células

produzidas pelo meristema apical vão constituir os tecidos primários, como por exemplo a medula, o córtex, a epiderme etc. (BURGER; RICHTER, 1991).

Segundo Burger e Richter (1991), o meristema cambial, tecido constituído por uma camada de células que se localizam entre o floema e o alburno, é responsável pelo crescimento em diâmetro. É o cambio o formador dos tecidos secundários do vegetal, entre os quais se destaca o lenho ou xilema secundário.

Distinguem-se no câmbio dois tipos de células:

- as iniciais fusiformes, que originam todos os elementos celulares axiais do lenho;
- as iniciais radiais, que produzem os elementos celulares transversais do lenho.

O crescimento da árvore pode ser dividido em primário e secundário, sendo que, nas árvores muito jovens ou em plântulas, os meristemas apicais são responsáveis por essencialmente todo o crescimento de ramos e raízes, sendo este chamado então de crescimento primário. O crescimento secundário ocorre devido à atividade do meristema cambial e esse meristema aumenta a quantidade de tecidos vasculares e causa, por isso, o espaçamento do eixo (caule e raiz). A formação do tecido protetor, a periderme, que substitui a epiderme, é também considerada parte do crescimento secundário (OLIVEIRA, 2008).

2.3.1 Fatores que afetam o crescimento das árvores

Uma árvore é influenciada pelos fatores genéticos integrados com o meio ambiente o qual compreende os fatores climáticos, solo, topográficos e a competição com outros vegetais e animais. A interação de todos estes fatores sobre a planta expressa a qualidade do sítio sendo que se as condições de crescimento são boas o sítio é considerado bom e vice-versa. Entretanto, um sítio pode ser bom para uma determinada espécie e ruim para outra, sendo por isso, a qualidade do sítio, definida individualmente para cada espécie (SELLE et al., 1994; CAMPOS, 1970).

São inúmeros os fatores que influenciam no desenvolvimento de uma árvore, sejam estes elementos do ambiente ou fatores relacionados à concorrência do povoamento (ANDRADE et al., 2007).

O conhecimento das relações entre o clima e o desenvolvimento das árvores pode ajudar no desenvolvimento de métodos silviculturais mais sofisticados (NUTTO; WATZLAWICK, 2002).

2.3.1.1 Fatores Ambientais

Tansley (1962 citado por CAMPOS, 1970) classificou os fatores ambientais em quatro grupos principais sendo estes divididos em fatores individuais. Essa classificação diferencia os grupos dos fatores climáticos, edáficos, fisiográficos e bióticos. O suprimento inadequado de um desses fatores pode reduzir o vigor da planta e limitar seu desenvolvimento (FELFILI et al. 1999).

A influência climática no crescimento das árvores é um fator decisivo para o desenvolvimento da mesma, sendo bastante estudada por diversos autores. Souza et al. (2006) citam que os principais elementos climáticos que afetam o crescimento da árvore são: radiação solar, temperatura e disponibilidade hídrica.

Segundo Campos (1970), a radiação solar pode ser considerada inicialmente, por constituir a fonte primária de energia do processo fotossintético, sem o qual não existiriam as plantas. O efeito da radiação sobre o crescimento pode ser manifestado de várias formas, seja através de sua intensidade, qualidade ou duração. Assim, modificações nos níveis de luminosidade aos quais uma espécie está adaptada podem condicionar diferentes respostas fisiológicas em suas características bioquímicas, anatômicas e de crescimento (ATROCH, et al., 2001).

A temperatura é um fator climático que pode tornar-se decisivo para o crescimento das árvores. A sua fonte primária é a radiação solar, a qual é transformada em calor. Como a quantidade de insolação depende da latitude, altitude e estação do ano deduz-se que a temperatura também pode sofrer oscilações, segundo essas condições, entretanto, há uma temperatura considerada ótima para cada ambiente (CAMPOS, 1970).

Outro fator climático extremamente importante está relacionado à disponibilidade hídrica. A influência no déficit de água interna pode reduzir o crescimento por sua ação de fechamento dos estômatos, redução da fotossíntese, diminuição da multiplicação celular e outras condições internas desfavoráveis (KRAMER E KOZLOWSKI 1960, citados por CAMPOS, 1970).

A falta de água pode provocar efeitos diretos e indiretos no crescimento e desenvolvimento das árvores. O efeito direto no crescimento e desenvolvimento das

árvores é a "fome nutricional", caracterizada pela baixa taxa de fotossíntese, alta taxa de fotorrespiração, quebra de compostos nitrogenados e inativação de enzimas e coenzimas (GONÇALVES, 1982). O excesso de água no solo pode afetar, negativamente, o crescimento das árvores, principalmente das espécies não adaptadas a esta condição (AUER et al., 2001).

Os fatores edáficos compreendem principalmente o material de origem e suas implicações nas propriedades físicas, químicas e bióticas.

O solo é basicamente formado por uma porção sólida, composta por matéria orgânica em diversos estágios de decomposição e minerais sólidos em diversos tamanhos. Este solo apresenta poros que são ocupados por água e ar, o que auxilia na respiração das raízes. A água presente nos poros é denominada solução do solo, pois contém diversas substâncias minerais e orgânicas dissolvidas, sendo que a planta absorve somente os nutrientes presentes nesta solução (TOMÉ JUNIOR, 1997).

Segundo Polunin (1962 citado por CAMPOS, 1970), a capacidade de retenção de água pelo solo, bem como a sua aeração são diretamente determinados pela sua textura. A textura fina determina menor aeração, mas retém mais água em consequência do grande espaço capilar; por outro lado, textura grossa proporciona maior aeração e menor capacidade de retenção de água. Isso sugere, ser a textura média (barro argiloso), a que oferece melhores condições para o crescimento das árvores, o que de acordo com Tonini et al. (2004) faz com que as espécies reajam de formas diferentes em um mesmo solo.

De acordo com Campos (1970), fatores bióticos são todos aqueles devidos aos organismos vivos. Em um ecossistema, eles correspondem à parte viva desse ecossistema. Sendo que, num ecossistema florestal, as plantas constituem parte da comunidade biótica, ao mesmo tempo que parte do meio de outros organismos, animal ou vegetal.

A importância mais característica dos fatores bióticos refere-se à produção de gás carbônico pela respiração dos seres vivos; este gás é fundamental na fotossíntese das plantas verdes. Também é fundamental a presença de organismos vivos na decomposição da matéria orgânica, a qual desempenha grande importância na nutrição das plantas, lembrando que pela capacidade do homem de alterar fatores biológicos e físicos, ele pode ser considerado como o mais importante entre os fatores bióticos (CAMPOS, 1970).

De acordo com Polunin (1962 citado por Campos 1970), os fatores fisiográficos são todos aqueles introduzidos pela estrutura e modificações da superfície terrestre, ou seja, pelas condições topográficas de elevações, declive, processos de sedimentação e erosão, e conseqüentemente, pela geografia local.

Os fatores fisiográficos na estimação da qualidade do sítio são muito utilizados, sendo geralmente associados a fatores edáficos (HESS, 2006).

Segundo Salas (1974, citado por Hess 2006), o relevo é também bastante utilizado quando se classifica a capacidade de uso da terra, pois é um fator limitante para o uso de implementos agrícolas, sendo importante para o planejamento de operações e determinação de custos operacionais.

2.4. Produção de celulose

Algumas características da madeira, como formato do tronco, volume de madeira e taxa de crescimento, devem ser levadas em consideração no melhoramento de eucalipto, independente da finalidade do programa (BISON, 2004).

O Brasil, em virtude do rápido crescimento das plantações de eucalipto, o que lhe confere vantagens competitivas no mercado de produtos florestais, tem exportado cada vez mais e conquistado, no caso da celulose, as primeiras posições no *ranking* mundial. O rápido crescimento das plantações florestais confere ao País uma vantagem competitiva invejável e assustadora aos concorrentes, devido a diversos fatores ambientais e de infra-estrutura (VALVERDE et al. 2004).

A imensa vantagem do Brasil sobre o Hemisfério Norte é o longo período de insolação, que permite o corte do eucalipto aos sete anos de idade e a imensa disponibilidade de terras, com as quais as indústrias de celulose se tornaram grandes plantadoras do gênero (QUEIROZ; BARRICHELO, 2008).

Para a indústria de celulose, é importante mencionar que, além da necessidade de as plantas de eucalipto apresentarem bom formato do tronco, maior volume de madeira e rápido crescimento, outras características da madeira são de extrema importância na escolha de quais espécies serão utilizadas nos programas de melhoramento. Dentre estas estão a densidade básica da madeira e o teor de lignina (BISON, 2004).

2.5 Qualidade da madeira

A melhoria da qualidade da madeira afeta a quantidade do produto comercial a ser obtido por unidade de área e também permite a diferenciação de produtos, de forma a melhorar a competitividade das empresas no mercado mundial (BISON, 2004).

Desde que estabelecida uma qualidade para a madeira, sua variação exige mudanças operacionais na fábrica de celulose, que também leva a uma maior dificuldade no controle da qualidade do produto final. Os próprios parâmetros de qualidade ficam mais difíceis de serem controlados, o que resulta em produtos de qualidade variável, o que é pouco desejável pelos consumidores (FOELKEL, 1978).

Segundo Burner e Richter (1991), madeiras com grande volume de células de grande comprimento são comumente preferidas para polpa e papel graças às boas propriedades de resistência ligadas a esta característica. Para que uma madeira preencha este requisito, deve apresentar alta proporção de fibras (angiospermas) ou de traqueóides axiais (gimnospermas) e pouco tecido parenquimático, uma vez que células parenquimáticas são células curtas. Sem dúvida, o comprimento das células contribui para as propriedades de resistência do papel, porém mais importante é o comportamento das células no processo de desfibramento.

A lignina é uma substância química que confere rigidez à parede celular e também funciona como um agente de ligação entre elas, tornando a madeira mais resistente, sendo que a redução no teor de lignina na indústria de celulose trará benefícios para o processo de polpação e branqueamento, pois quanto mais alto for o seu teor, maior quantidade de produtos químicos será gasto e mais celulose será destruída devido a um ataque químico mais forte, reduzindo assim o rendimento em celulose (ASSIS, 1996).

Burger e Richter (1991) citam que a presença de canais secretores e conteúdos especiais como gomas, resinas, látex, etc. é indesejável por serem substâncias estranhas ao processo, que geralmente causam problemas na operação de cozimentos e por se depositarem nas peneiras, superfícies metálicas e filtros.

Segundo Bertolucci et al. (1995), dentre as espécies de eucalipto em uso no Brasil, as mais utilizadas na indústria de celulose são *E. grandis* e *E. urophylla*, assim como o híbrido entre elas.

2.5.1 Anatomia da madeira

A madeira é um conjunto heterogêneo de diferentes tipos de células com propriedades específicas para desempenharem as funções de condução de líquidos; transformação, armazenamento e transporte de substâncias nutritivas e sustentação do vegetal. Então, para conhecer a madeira visando um emprego correto, identificar novas espécies, distinguir espécies aparentemente idênticas, prever utilizações adequadas de acordo com as características anatômicas da madeira, prever e compreender o comportamento da madeira no que diz respeito à sua utilização, torna-se necessário o estudo dos diversos tipos de células que constituem o lenho, suas funções, organização e peculiaridades estruturais, ou seja, o estudo de sua anatomia (SILVA, 2005).

Segundo Burger e Richter (1991), o vaso é um conjunto normalmente axial de células sobrepostas formando uma estrutura tubiforme contínua de comprimento indeterminado, com função de condução ascendente de líquidos.

As fibras (fibrotraqueóides libriformes) são células de extremidades afiladas, pontiagudas e com poucas pontuações, normalmente constituem a maior percentagem de seu lenho (20-80%), no qual normalmente desempenham função de sustentação (SILVA, 2005).

O parênquima axial desempenha função de armazenamento no lenho. Suas células geralmente se destacam das demais por apresentarem paredes finas não lignificadas, pontuações simples, e por sua forma retangular e/ou fusiformes nos planos longitudinais. Seu arranjo é observado em seção transversal, onde se distinguem em dois tipos básicos de distribuição, sendo: parênquima paratraqueal, quando associado aos vasos, e parênquima apotraqueal, quando não está associado aos vasos (BURGER; RICHTER, 1991).

Os raios desempenham funções de armazenamento, transformação e condução transversal de substâncias nutritivas, apresentando grande riqueza morfológica, variando em tipo, número e tamanho de célula, podendo ser encontrados na forma de raios homogêneos ou heterogêneos, suas células podem ser classificadas quanto ao seu formato, sendo elas: quadradas, procumbentes ou eretas (BURGER; RICHTER, 1991).

2.5.2 Densidade básica

A densidade básica procura relacionar a massa de madeira completamente seca em estufa, com o seu respectivo volume saturado, ou seja, acima do ponto de saturação das fibras (OLIVEIRA, 2008).

A densidade da madeira é uma expressão relativa dos distintos elementos celulares que a compõe (vasos, fibras, células de parênquima) e da variação de sua parede celular, lume e espaços intercelulares e, em menor grau, à presença de constituintes estranhos. Fundamentalmente, depende de 3 fatores: da porcentagem de lenho inicial x tardio, do tamanho das células e da espessura da parede celular (SCHNEIDER, 1993).

É importante lembrar que a densidade básica também varia de acordo com outros fatores como: cerne, alborno e, sobretudo, com teor de umidade. Portanto, uma comparação, para ser válida, deve ser feita nas mesmas condições de umidade da madeira (BURGER; RICHTER, 1991).

Berger (2000), afirma que no Brasil, os primeiros trabalhos sobre variabilidade da densidade básica foram desenvolvidos por FERREIRA (1968). O autor observou que existia alta variação na densidade da madeira entre as diferentes espécies e árvores da mesma espécie.

Sousa (2004) afirma que dentre as propriedades da madeira que podem ser correlacionadas com o seu uso final, sem dúvida a de maior importância é a densidade ou massa específica, pois além de ser uma propriedade de fácil mensuração, ela está altamente correlacionada com as demais propriedades físicas e mecânicas da madeira.

Shimoyama e Barrichelo (1991) estudaram a influência de características anatômicas e químicas sobre a densidade básica da madeira de *Eucalyptus*. Estes autores afirmaram que para a madeira de *E. grandis*, *E. saligna* e *E. urophylla*, todas de sete anos de idade, as características anatômicas exerceram maior influência na densidade do que as químicas. Dentre as características estudadas por eles, a espessura da parede celular e o diâmetro do lume das fibras, foram as que exerceram as maiores influências sobre a densidade básica destas madeiras.

De acordo com Souza et al. (1979), no gênero *Eucalyptus*, a densidade varia com o local de plantio, com a idade da árvore e com a taxa de crescimento.

Para a indústria de celulose e papel, a avaliação adequada da densidade básica proporciona uma indicação do rendimento do processo de obtenção de polpa,

além do comportamento de algumas propriedades da polpa resultante (BUSNARDO et al., 1983).

De acordo com Queiroz et al. (2004), para a indústria de celulose e papel, uma avaliação adequada da densidade básica fornece indicações bastante precisas acerca da impregnação dos cavacos e rendimento do processo e geralmente está associada às características de qualidade e de resistências físico-mecânicas da polpa.

Bison (2004) afirma que para a indústria de celulose, o aumento da densidade básica da madeira proporciona uma redução do consumo específico de madeira, devido à maior quantidade de fibras de celulose contidas em um determinado volume.

Shimoyama (1990) comenta a importância da densidade básica no rendimento e no custo dos processos de produção de polpa, havendo menor dificuldade de manuseio por haver menor volume de toras e cavacos para uma mesma quantidade de massa. Assim, a capacidade do digestor é aumentada em massa com o aumento da densidade básica, levando a um aumento do potencial de produção da indústria. Porém, o aumento do valor de densidade básica é acompanhado por uma maior dificuldade de picagem das toras, ocasionando maior proporção de cavacos maiores, consumindo mais reagentes, dificultando a impregnação, levando a uma maior quantidade de rejeitos na polpação.

Entretanto, do ponto de vista anatômico, visando a qualidade final desejada do material, madeiras de massa específica muito elevada apresentam, normalmente, grande percentagem de células com paredes espessas e rijas, pois a densidade está diretamente relacionada com a espessura da parede celular e com o diâmetro das fibras de celulose. Estas células mantêm em alta proporção a sua forma tubular após o desfibramento, apresentando pouca área de contato entre elas, o que implica redução de resistência mecânica. Ao contrário, as células provenientes de madeiras de menor massa específica se amoldam melhor, apresentando maior área de contato e conseqüentemente maior resistência mecânica. (BURNER; RICHTER, 1991).

E ainda segundo Burner e Richter (1991), em madeiras com massa específica muito alta, a elevada dureza dessas madeiras implica um maior consumo de energia e desgaste dos equipamentos na operação de desfibramento mecânico.

Foelkel et al. (1992), alertam sobre a utilização isolada da densidade básica para definir a qualidade da madeira. Os autores afirmam que a densidade é um fator resultante, ou seja, é a consequência e não a causa da distribuição, tipos e composição dos elementos anatômicos que compõem a madeira. Isto significa também dizer que para um mesmo valor de densidade tem-se diversas combinações de elementos anatômicos e conseqüentemente diferentes qualidades.

2.6 Efeito do vento

O vento é um fator climático que ocorre através da movimentação do ar, resultante do deslocamento de massas de ar, derivado dos efeitos das diferenças de pressão atmosférica entre duas regiões distintas e é influenciado por efeitos locais como topografia e a rugosidade do solo, podendo ser denominados como: constantes ou regulares, periódicos, variáveis ou irregulares, locais e ventos perigosos (OLIVEIRA et al., 2010)

Segundo Sousa (2004), mesmo com toda a evolução tecnológica na produção de madeira do gênero *Eucalyptus* para os mais diversos fins, alguns problemas relacionados ao seu uso ainda persistem fazendo com que estudos para se caracterizar e tentar solucionar tais problemas sejam de suma importância para a indústria de base florestal brasileira. Um dos problemas que o gênero *Eucalyptus* apresenta é a formação de uma madeira com características físicas, químicas e anatômicas alteradas, formada em árvores jovens, na maioria das vezes após sofrerem certa inclinação devido à força dos ventos (SILVA, 2005).

Essa madeira anormal conhecida como madeira de tensão ou de tração, faz com que a madeira e o produto final, por exemplo, a polpa celulósica, sofra alterações significativas nas suas propriedades, muitas vezes diminuindo o seu valor. Em função de sua localização geográfica, as florestas de eucalipto sofrem com esse problema, pois estão sujeitas à ocorrência de vendavais associados a tempestades, que causam inclinação e quebra de árvores, principalmente às de pouca idade, com conseqüente perda de produção. Por esta razão, um novo parâmetro de seleção necessita ser utilizado nos programas de melhoramento genético, ou seja, a tolerância dos materiais genéticos a ventos (SOUSA, 2004).

3 METODOLOGIA

3.1 Material

Os dados e o material para este estudo foram coletados em povoamentos clonais de áreas de fomento da empresa Fibria, voltada para produção de celulose branqueada de eucalipto. Os plantios em que se realizou a coleta das amostras encontram-se localizados em diferentes sítios. Foram analisadas as madeiras de povoamentos que se encontram no Estado do Espírito Santo, e povoamentos localizados na região Sul do Estado da Bahia.

O material estudado foi obtido por meio de árvores de um clone do híbrido de *E. urophylla* x *E. grandis*, dando origem ao *E. urograndis*. Embora se tratando de um mesmo clone para todas as regiões o mesmo apresentou diferentes comportamentos de crescimento para cada região dos dois estados. Sendo que em algumas destas regiões as árvores foram severamente atingidas por ventos, não resistindo aos esforço emitido sobre as mesmas e conseqüentemente acarretando na quebra de várias árvores. A idade dos plantios é de 34 meses para as regiões do Estado da Bahia e de 38 meses para as regiões do Estado do Espírito Santo. No Quadro 1 estão descritos os tratamentos e suas características relevantes.

Quadro 1 – Dados dos povoamentos clonais disponibilizados pela empresa

Região	Idade	Tratamento
Espírito Santo	38 meses	1 - Plantio com Problema (torete inferior à quebra)
Espírito Santo	38 meses	2 - Plantio com Problema (torete superior à quebra)
Espírito Santo	38 meses	3 - Plantio com Problema (árvores que não quebraram)
Espírito Santo	38 meses	4 - Plantio sem Problema
Bahia	34 meses	5 - Plantio com Problema (torete inferior à quebra)
Bahia	34 meses	6 - Plantio com Problema (torete superior à quebra)
Bahia	34 meses	7 - Plantio com Problema (árvores que não quebraram)
Bahia	34 meses	8 - Plantio sem Problema

Fonte: Adaptado de Fibria (2010).

3.2 Amostragem

Para realização das análises em laboratório, foram coletadas 06 amostras para cada tratamento, sendo que, foram analisados 08 tratamentos, formando um

total de 48 amostras. Foi retirado 01 torete com aproximadamente 70 cm de comprimento para cada amostra, o mesmo foi extraído nas regiões correspondentes as partes superior e inferior à quebra das árvores que não resistiram aos esforços do vento. Nas árvores que não quebraram, os toretes foram retirados na altura correspondente à região da quebra das árvores que não resistiram. Os toretes foram devidamente enumerados de acordo com cada tratamento, e posteriormente enviados para análise no Laboratório de Ciência da Madeira – LCM da Universidade Federal do Espírito Santo.

3.3 Métodos

Foram realizados estudos relativos à densidade básica e sua variação no sentido medula-casca, análise anatomia da madeira com relação ao comprimento, largura, diâmetro do lume e espessura de parede da fibra, e também com relação ao diâmetro e a frequência de vasos.

3.3.1 Densidade básica

Os estudos relativos à densidade básica, sua variação na direção medula-casca e constituição anatômica foram desenvolvidos no LCM, seguindo os procedimentos de rotina do laboratório.

Para realização da análise referente à densidade básica da madeira, foi utilizado o método da cunha. Para tanto, foi feita a retirada de um disco com 3cm de espessura da região próxima a quebra. Após a retirada dos discos, os mesmos foram marcados e medidos para obtenção das medidas dendrométricas (diâmetro maior, diâmetro menor, raio maior e raio menor), e obtidas as cunhas.

Foram retiradas duas cunhas de cada disco, pertencentes às regiões de maior e menor raio de acordo com a medida obtida do maior diâmetro do disco. Tais cunhas foram feitas possuindo uma angulação de aproximadamente 45° (Figura 1). Depois de realizar tal procedimento para todos os discos, as cunhas foram armazenadas em um tambor contendo água para saturá-las.



Figura 1 – Disco ilustrando a marcação das cunhas que foram utilizadas para determinação da densidade

Fonte: Autor (2010).

O tempo para saturar esse material foi de 37 dias, sendo que, as cunhas ficaram no tambor, imersas na água durante 01 mês, e mais uma semana no dessecador, também imersas em água, recebendo vácuo de aproximadamente 5 minutos durante todos os dias. Com trocas da água semanalmente para evitar odores.

Após estarem completamente saturadas, foi realizada a etapa de imersão das cunhas em água para determinação dos volumes, com auxílio de uma balança eletrônica digital com precisão de 0,01 g. Em seguida, as cunhas ficaram secando ao ar livre durante dois dias para perda do excesso de umidade, posteriormente as cunhas foram dispostas em estufa a uma temperatura de 103 ± 5 °C, para obtenção da massa seca após peso constante, ocorrido após 4 dias.

3.3.2 Densidade básica no sentido medula-casca

Para estimar os valores de densidade medula-casca, foi retirado um segundo disco de 2 cm de espessura paralelo ao primeiro. Os procedimentos de retirada deste disco foram os mesmos utilizados na retirada do primeiro. Após medir o maior diâmetro de todos os discos, foi realizado a remoção de uma bagueta com 2 cm de largura, correspondente ao maior raio do maior diâmetro.

Posteriormente, as baguetas foram acomodadas em um dessecador, permanecendo no mesmo imersas em água durante um período de 30 dias e submetidas a vácuo durante cinco minutos por dia e cinco dias por semana, tal procedimento também foi realizado com o objetivo de saturar as madeiras (Figura 2).



Figura 2 – Baguetas sendo saturadas no dessecador

Fonte: Autor (2010).

Após 04 semanas, as peças já se encontravam saturadas, permitindo assim, a determinação do volume. As baguetas foram divididas em corpos-de-prova menores, realizando a cada 01 cm no comprimento da mesma, retirando-se dessa forma, uma média de seis corpos-de-prova por bagueta.

Os volumes dos corpos-de-prova também foram realizados através do processo de imersão destes em água destilada (Figura 3). Em virtude das menores dimensões destes, logo em seguida do processo de determinação do volume de todos os CP's, os mesmos foram acomodados na estufa a uma temperatura de 103 ± 5 °C, até que se chagasse a um peso constante.



Figura 3 – Procedimento de imersão para determinar o volume

Fonte: Autor (2010).

3.3.3 Análise anatômica dos vasos

Os estudos voltados para análise anatomia da madeira, no que diz respeito à mensuração de vasos e fibras seguiram as recomendações da norma de procedimento em estudos de anatomia de madeira da COPANT (1974) e também da IAWA (2007).

Para mensuração de vasos, foi realizado a retirada de um terceiro disco também paralelo aos dois anteriores. Os corpos-de-prova (CP's) para análise anatômica foram extraídos na extremidade do disco, na região correspondente ao maior raio do maior diâmetro, sendo este o lado de incidência do vento. Os CP's tiveram dimensões de aproximadamente 1,0 x 1,5 x 2,0 cm, nas direções radial, tangencial e longitudinal, respectivamente. As amostras foram separadas em dois grupos para serem fervidas em um béquer contendo água destilada (Figura 4), com procedimento diferente no tempo de fervura; 1) 15 minutos para as amostras dos clones que quebraram; e 2) 30 minutos para as amostras dos clones que não quebraram.



Figura 4 – Procedimento de fervura dos CP's para realizar corte no micrótomo: 1) clone quebrado com o vento (15') e 2) clone não danificado com o vento (30')

Fonte: Autor (2010).

Esse procedimento de fervura tem por objetivo amolecer a madeira para facilitar o corte dos CP's em micrótomo de deslize. A partir da obtenção de cortes de espessura variando de 18 a 20 μm no plano transversal, foi procedida a etapa de montagem das lâminas temporárias com uso de glicerina e água destilada na proporção de 1:1.

Para dar sequência ao processo de mensuração, foi utilizado um microscópio óptico comum de marca Zeiss e um sistema analisador de imagens provido de *Software Axiovision 4.5*, para serem feitas as fotomicrografias das lâminas, com a utilização de uma câmera fotográfica de marca de 7.1 mega pixels. Os parâmetros mensurados relativos aos vasos foram: frequência vascular em poros por mm^2 e o diâmetro tangencial em micrômetros (Figura 5).

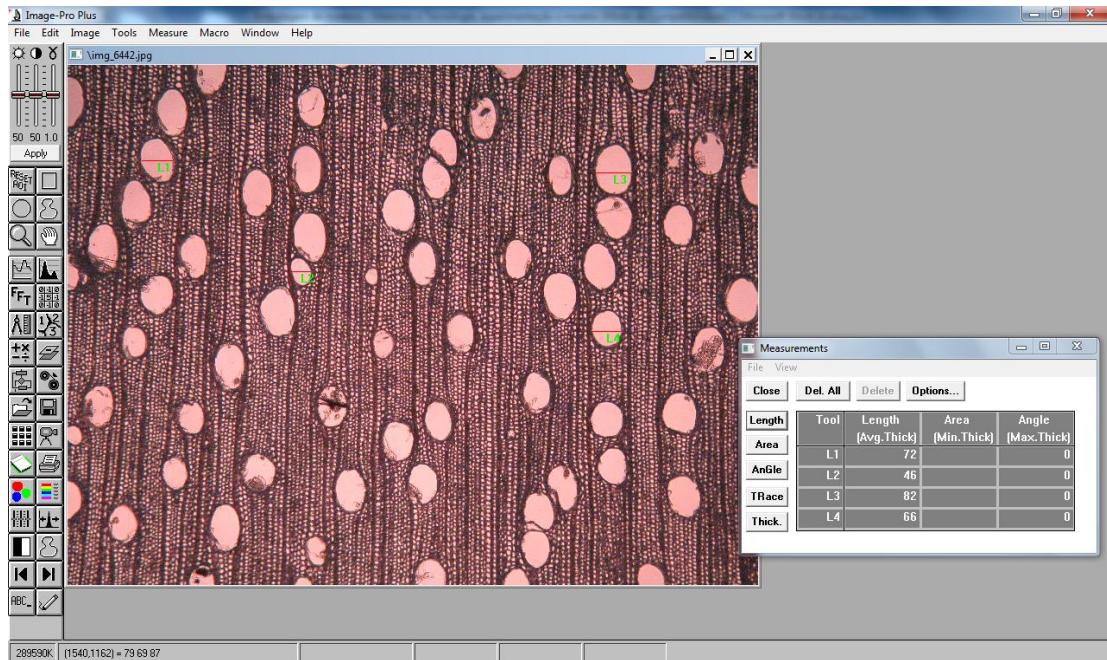


Figura 5 – Foto do corte transversal na etapa de mensuração dos vasos através da utilização do *Software Image-Pro Plus*

Fonte: Autor (2010).

3.3.4 Análise anatômica das fibras

Para mensuração das fibras, foram tomados cavacos no plano radial das amostras, que posteriormente foram submetidas ao processo de maceração, onde os cavacos foram transferidos para um frasco de 25 ml contendo uma solução de ácido acético/peróxido de hidrogênio em proporção de 1:1, sendo completamente lacrado e transferido para estufa a 60 °C, durante 48 horas, método este proposto por Nicholls e Dadswel, descrito por (RAMALHO, 1987).

Esgotada a solução macerante, as células foram lavadas em água destilada, coradas em safranina e montadas lâminas histológicas sobre água destilada e glicerina em proporção de 1:1. Depois de fotografadas, as fotomicrografias foram utilizadas para a mensuração do comprimento, largura e diâmetro do lume das fibras, utilizando um sistema analisador de imagens provido de *Software Image-Pro Plus* (Figura 6).

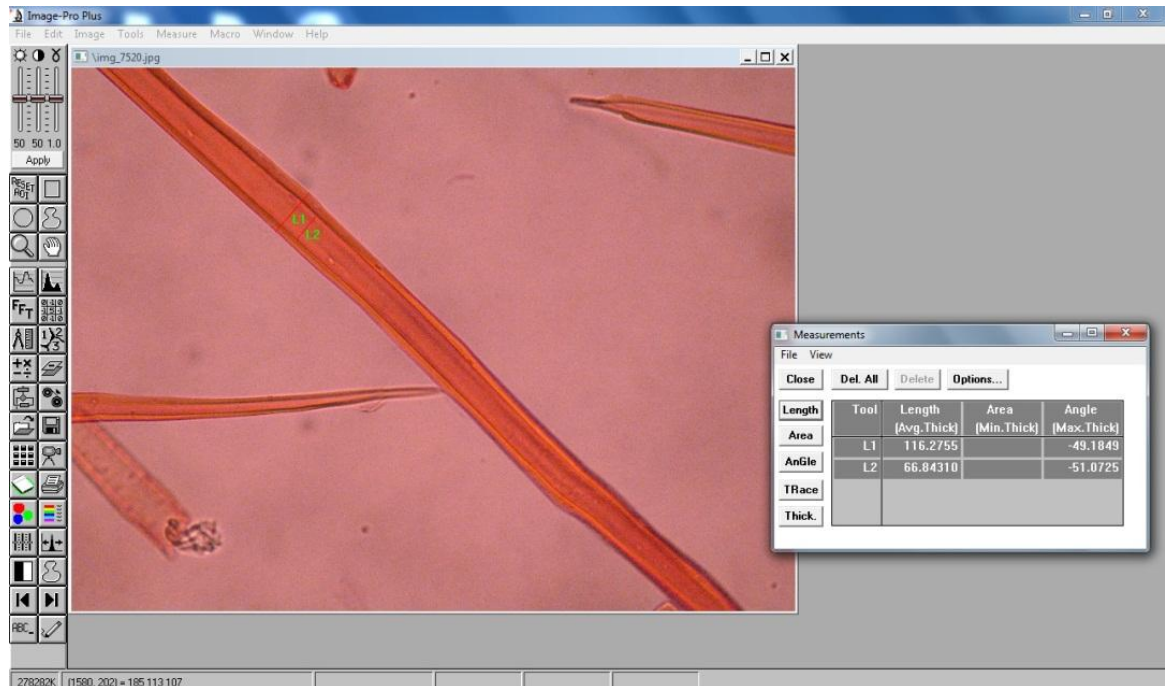


Figura 6 – Fibra sendo mensurada utilizando o *Software Image-Pro Plus*

Fonte: Autor (2010).

Para a determinação da espessura da parede celular, utilizou-se a seguinte equação:

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

em que:

EP = Espessura da parede da fibra, em μm ;

LF = Largura da fibra, em μm ; e

DL = Diâmetro do lume da fibra, em μm .

Para análise estatística apreciando os valores encontrados, foi utilizado um *software*, para comparar as médias dos diferentes tratamentos através da aplicação do teste de Tukey ao nível de 5% de significância, que permitiu confrontar as médias das densidades das dimensões dos anatômicos e demonstrar a equivalência ou diferença entre os mesmos.

3.3.5 Parâmetros de Qualidade

Também foram analisados alguns parâmetros que apontam para uma melhor ou pior qualidade das fibras para produção de polpa celulósica.

Segundo Burger e Richter (1991), estes parâmetros são denominados de Fator de Runkel (R), Coeficiente de rigidez (CR), e Coeficiente de flexibilidade de Peteri (P), sendo estes, definidos da seguinte forma:

Fator de Runkel (R)

$R = (2.e)/d$, em que:

e: espessura da parede da fibra

d: diâmetro do lume

Coeficiente de rigidez (C.R.)

$CR = d/D.100(\%)$, em que:

d: diâmetro do lume

D: largura da fibra

Coeficiente de flexibilidade de Peteri (P)

$P = L/P$, em que:

L: comprimento da fibra

D: largura da fibra

4 RESULTADOS

4.1 Medidas dendrométricas

No que diz respeito às medidas dendrométricas, para todos os tratamentos estudados, aquele que apresentou o maior diâmetro de acordo com a média dos valores dos discos, foi o tratamento 02, correspondente às amostras da parte superior das árvores que quebraram em uma das regiões do Espírito Santo. Para determinação do diâmetro médio dos discos, foi feita a medição do maior e menor valor dos diâmetros de cada disco, para em seguida serem somados e retirado a média dos valores das amostras de cada tratamento (Tabela 1).

Tabela 1 – Diâmetro médio (cm) dos discos para os diferentes tratamentos

Tratamento	Média
1 - Plantio com Problema (torete inferior à quebra)	13,23 a (0,62)*
2 - Plantio com Problema (torete superior à quebra)	13,31 a (0,59)
3 - Plantio com Problema (árvores que não quebraram)	13,18 a (0,74)
4 - Plantio sem Problema	11,33 b (0,40)
5 - Plantio com Problema (torete inferior à quebra)	9,35 c (0,66)
6 - Plantio com Problema (torete superior à quebra)	8,85 c (0,41)
7 - Plantio com Problema (árvores que não quebraram)	11,59 b (0,78)
8 - Plantio sem Problema	9,88 c (0,45)

* Os valores entre parênteses correspondem ao desvio padrão (cm). As médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com base nas médias foi possível realizar a divisão entre três grupos. Aqueles que apresentaram a maior média diametral, não havendo significativa variação entre os valores das médias, foram os tratamentos 1, 2 e 3, correspondentes às árvores que cresceram no plantio com problema da região do Espírito Santo. Os grupos que se encontraram com uma média intermediária foram os tratamentos 4 e 7, já o grupo que apresentou as menores médias foram aqueles

pertencentes aos tratamentos 5, 6 e 8, sendo estes valores correspondentes da Bahia, tanto para o plantio com problema quanto para o plantio sem problema.

4.2 Densidade Básica

Com relação a densidade básica, não houve significativas variações entre as médias das densidades do maior e menor raio (Figura 7). Portanto quando analisado este parâmetro isoladamente, não é possível afirmar a existência de formação de uma madeira anormal (lenho de reação) nas árvores, pois para madeiras que apresentam a formação desta durante seu processo de crescimento, é comprovada uma maior diferença destes valores de densidade.

De acordo com Sousa (2004), a madeira de tração na maioria das vezes tem sua densidade básica aumentada, entretanto, para se tirar a conclusão da existência desse material na madeira, é necessário que esse aumento seja expressivo, ou então, não é possível afirmar a existência da formação desse material somente com base nesse parâmetro.

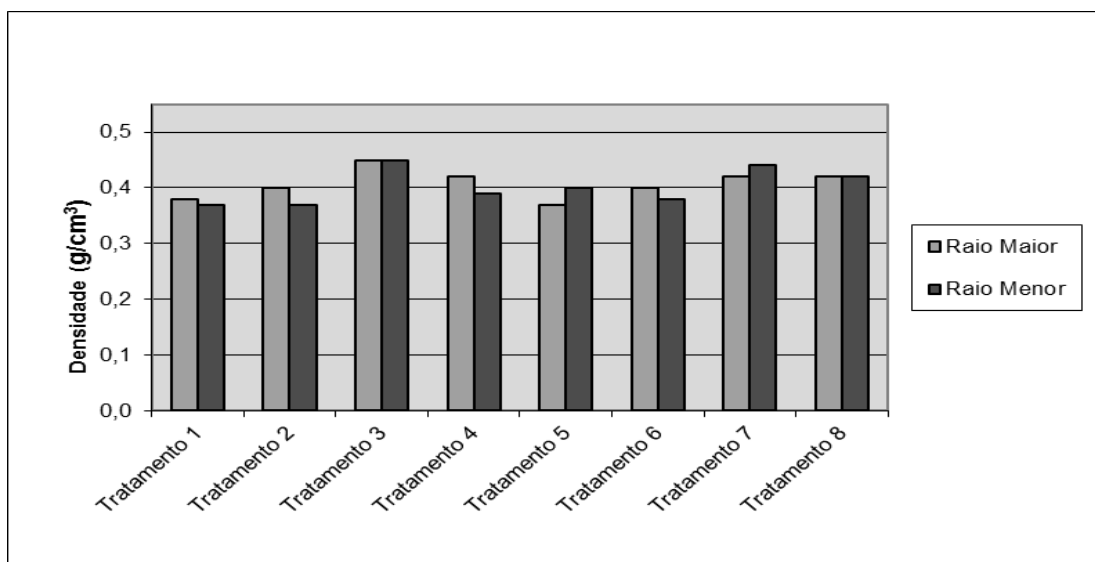


Figura 7 – Valores das médias das densidades básicas ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$) correspondente às cunhas de maior e menor raio de cada tratamento

Fonte: Elaborado pelo autor.

Entretanto, estatisticamente, as médias das densidades apresentaram maiores variações ao nível de 5% de significância para os diferentes tratamentos (Tabela 2).

Tabela 2 – Média da densidade básica (g.cm^{-3}) para todos dos tratamentos

Tratamento	Média
1 - Plantio com Problema (torete inferior à quebra)	0,38 d (0,03)*
2 – Plantio com Problema (torete superior à quebra)	0,39 bcd (0,05)
3 - Plantio com Problema (árvores que não quebraram)	0,45 a (0,03)
4 – Plantio sem Problema	0,40 bcd (0,03)
5 - Plantio com Problema (torete inferior à quebra)	0,39 cd (0,03)
6 – Plantio com Problema (torete superior à quebra)	0,39 bcd (0,03)
7 - Plantio com Problema (árvores que não quebraram)	0,43 ab (0,03)
8 - Plantio sem Problema	0,42 abc (0,04)

* Os valores entre parênteses corresponde m ao desvio padrão (g.cm^{-3}). As médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com Burguer e Richter (1991), a faixa ideal de massa específica para a produção de celulose situa-se entre 0,4 e 0,6 g.cm^{-3} , sendo estes valores requeridos para árvores que estejam com idade adequada para o processo. Sendo que, para o presente estudo as árvores estão com aproximadamente 3 anos de idade, e apresentaram valores na faixa de 0,38 a 0,45 g.cm^{-3} , como se trata de um material pouca idade, teoricamente estes valores serão maiores quando o plantio estiver com idade adequada o corte. Os clones de *E. Urograndis* com 3 anos de idade, pertencentes ao estudo realizado por Milagres (2009) apresentaram valor médio de 0,45 g.cm^{-3} .

Estudando e caracterizando os clones das principais empresas brasileiras voltadas para produção de celulose, Gomide et al. (2005) comenta em seu trabalho que as empresas nacionais de celulose têm priorizado, na seleção de clones, densidades básicas próximas a 0,50 g.cm^{-3} , com tendência para densidades ligeiramente inferiores, isso quanto estas árvores estão com idades adequadas para o corte.

De acordo com o trabalho de Duarte (2007), clones de *E. urograndis* plantados no Sul da Bahia, com 5 anos de idade, destinados para produção de celulose, apresentaram densidade básica de 0,44 g.cm^{-3} , mostrando conformidade

com o presente trabalho, pois para os tratamentos do Sul do Estado da Bahia, onde os clones possuem 3 anos de idade, aquele que apresentou maior média de densidade básica obteve um valor de $0,43 \text{ g.cm}^{-3}$.

Os tratamentos que apresentaram média maior ou igual a $0,40 \text{ g.cm}^{-3}$ foram aqueles representados pelas árvores que não quebraram, sendo estes correspondentes aos tratamentos 03, 04, 07 e 08.

4.3 Densidade medula-casca

No que diz respeito ao comportamento da densidade medula-casca dos tratamentos, a maioria dos resultados obtidos se comportaram de maneira atípica (Figura 8), apresentando uma leve diminuição da densidade nesse sentido ou se mantendo na mesma faixa. Outros trabalhos já realizados e disponíveis na literatura, como por exemplo, o estudo realizado por Sousa (2004), com clones de eucalipto com idade de 5 anos, que aos 2 anos foram severamente atingidos pelos esforços dos ventos, provocando o encurvamento dos mesmos, crescendo dessa maneira e favorecendo a formação de lenho de reação nas árvores, normalmente mostrando um aumento da densidade na direção medula-casca, comprovando esse aumento nos valores médios das densidades básicas no sentido medula-casca para tal estudo. Esse comportamento correspondente ao aumento de densidade na direção medula-casca é normal mesmo para árvores que não cresceram sobre a influência desse fator com foi comprovado nos estudos de Oliveira (1997), que encontrou aumento de densidade no sentido medula-casca para árvores de 07 espécies do gênero *Eucalyptus*.

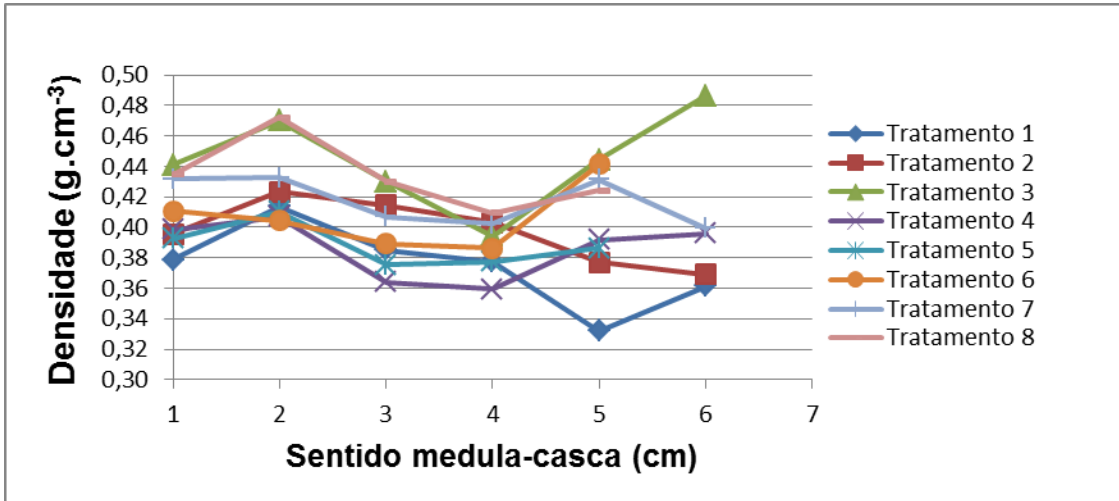


Figura 8 – Comparação entre as médias das densidades (g.cm^{-3}) no sentido medula-casca para o *E. urograndis*.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Uma possível explicação para o comportamento anormal do presente estudo é a pouca idade dos clones (34 e 38 meses), sendo que em outros trabalhos esse estudo normalmente é feito com árvores mais velhas. Também pode ser o maior tempo que uma árvore deve ficar exposta a um determinado esforço para que haja a formação desse material correspondente ao lenho de reação, pois o material estudado neste trabalho recebeu tal esforço e não resistiu ao mesmo. Em estudo realizado por Sousa (2004) o material não quebrou, entretanto, cresceu durante três anos de forma inclinada. Outra explicação encontrada na literatura é que nem sempre a madeira de tração, sendo aquela representada por uma maior densidade quando comparada a uma madeira normal, está localizada na parte correspondente aquela região de maior raio.

4.4 Características anatômicas – Vasos

Os elementos de vasos analisados neste trabalho apresentaram variações em seus diâmetros (Apêndice A), também houve variação com relação à frequência dos vasos (Apêndice B), ao nível de 5% de significância para os diferentes tratamentos (Tabela 3).

Tabela 3 – Valores médios do diâmetro (μm) e da frequência (mm^2) dos vasos para os diferentes tratamentos

Tratamento	Diâmetro de vasos	Frequência de vasos
01	88,6 bc (33,5)*	9,2 d (2,0)*
02	87,3 bc (33,0)	9,5 d (2,4)
03	83,0 c (30,4)	11,7 c (2,7)
04	82,7 c (38,7)	11,6 c (3,2)
05	93,6 ab (32,0)	11,3 c (3,4)
06	101,6 a (29,2)	11,9 c (2,6)
07	87,6 bc (26,0)	16,5 a (5,4)
08	86,1 bc (25,3)	15,4 b (4,6)

* Os valores entre parênteses correspondem ao desvio padrão. As médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os tratamentos 5 e 6 foram aqueles que apresentaram os maiores diâmetros de vasos, correspondentes as partes superior e inferior, respectivamente, das árvores que quebraram, na localidade do Estado da Bahia. Entretanto, os tratamentos 3 e 4 foram aqueles que obtiveram os menores diâmetros de vasos, sendo representados pelas árvores que cresceram no Espírito Santo, e que não quebraram, sejam estas tanto para o plantio sem problema, como para o plantio com problema. Nos dois Estados, as árvores que não quebraram apresentaram menores valores para os diâmetros dos vasos, mostrando assim, uma correlação desse fator com a resistência aos esforços provocados pela ação dos ventos.

Com relação à frequência dos vasos, os tratamentos que se destacaram mostrando uma maior frequência de poros foram aqueles representados pelas árvores que não quebraram, seja para o plantio sem problema como também para o plantio com problema, ambos estão presentes no Estado da Bahia apresentando valores médios de 16 e 15 poros por mm^2 , respectivamente. Já as árvores que quebraram no Estado do Espírito Santo, foram aquelas que tiveram a menor frequência de poros.

Oliveira (2009), estudando e caracterizando clones de *E. urograndis* com 5 anos de idade, que cresceram em diferentes localidades, encontrou valores médios de diâmetro de vasos variando de 91,59 a 142,25 μm , e com relação a frequência dos vasos os valores médios variaram de 10 a 16 vasos por mm^2 .

Comparando os tratamentos que obtiveram o mesmo comportamento para as diferentes regiões entre os estados percebe-se que as árvores se comportam de maneiras distintas com relação ao diâmetro e frequência de tais elementos celulares, tal comportamento pode ser observado nos gráficos ilustrados nas figuras 9 e 10.

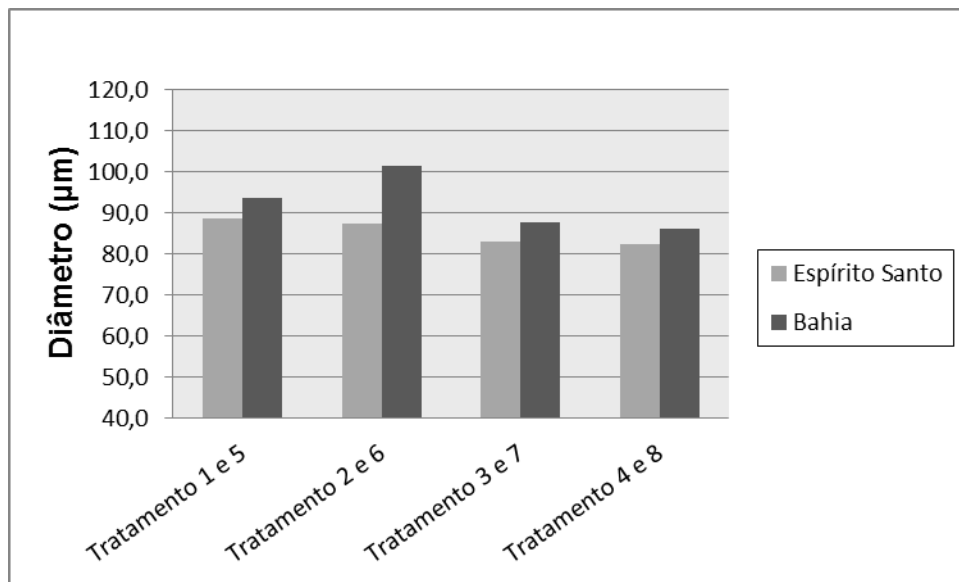


Figura 9 – Comportamento do diâmetro dos vasos para o híbrido clonal do *E. urograndis* nas diferentes regiões estudadas

Fonte: Elaborado pelo autor.

Observando o gráfico da Figura 9 percebe-se que para o mesmo comportamento nas diferentes regiões, todos os tratamentos da Bahia apresentaram maiores diâmetros de vasos, quando comparados com os tratamentos do Espirito Santo. No entanto, somente os tratamentos 2 e 6, correspondentes as partes superiores das árvores que quebraram, foram estatisticamente diferentes entre si ao nível de 5% de significância.

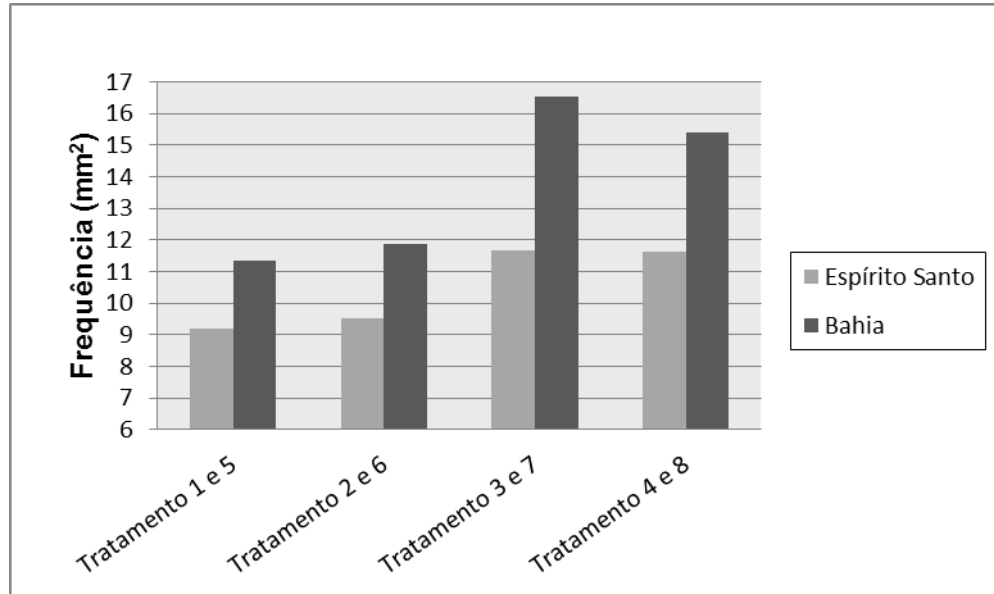


Figura 10 – Comportamento da frequência de vasos para híbrido clonal do *E. urograndis* nas diferentes regiões estudadas

Fonte: Elaborado pelo autor.

O gráfico da Figura 10 mostra que para o clone plantado em regiões da Bahia apresentou maior frequência de vasos, entretando, nesse quesito, todas as comparações diferiram entre si ao nível de 5% de significância, com destaque para os tratamentos onde as árvores não quebraram no plantio com problema e no plantio sem problema.

4.5 Características anatômicas – Fibras

Conforme salientado por Tomazello Filho (1985), as dimensões das fibras podem ser influenciadas pela idade, pois com o aumento da mesma as células cambiais passam a produzir elementos com maiores dimensões ao longo do raio até atingirem a estabilização em idades mais avançadas, fato que pode ser observado no presente trabalho quando comparado com os estudos de Duarte (2009) que apresentou comprimento de fibra correspondente a 1140 μm para os clones de *E. urograndis* com 5 anos que cresceram no Estado da Bahia. Nos estudos deste trabalho os valores de comprimento de fibra variaram de 902,96 a 953,87 μm para os diferentes tratamentos do Estado da Bahia.

A variação no comprimento das fibras foi bem significativa em alguns tratamentos (Apêndice C), como é possível observar na Tabela 4.

Tabela 4 – Valores médios do comprimento (μm) das fibras para os diferentes tratamentos estudados

Tratamento	Comprimento (μm)
1 - Plantio com Problema (torete inferior à quebra)	952,24 bcd (145,4)*
2 - Plantio com Problema (torete superior à quebra)	1014,99 a (153,4)
3 - Plantio com Problema (árvores que não quebraram)	999,14 ab (134,7)
4 - Plantio sem Problema	1013,72 a (137,9)
5 - Plantio com Problema (torete inferior à quebra)	953,58 bcd (117,6)
6 - Plantio com Problema (torete superior à quebra)	939,87 cd (126,3)
7 - Plantio com Problema (árvores que não quebraram)	902,96 d (133,2)
8 - Plantio sem Problema	980,15 abc (115,8)

* Os valores entre parêntese são o desvio padrão (μm). As médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Analisando os resultados das médias correspondentes aos comprimentos das fibras de cada tratamento é possível perceber um fato curioso. Devido à variação ocorrida entre os comprimentos das fibras da parte inferior quando comparadas com o comprimento da parte superior à quebra das árvores (região de Aracruz) a média dos comprimentos das fibras da parte superior à quebra (tratamento 2) foi maior (1014,99 μm), na porção inferior (tratamento 01) foi uma das menores (952,24 μm), sendo que estes dois tratamentos são de uma mesma árvore. Para as médias dos comprimentos correspondentes as partes superior e inferior as árvores que quebraram na região Bahia não houveram maiores variações de acordo com teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Comparando os tratamentos que apresentaram os mesmos comportamentos, para regiões diferentes, os resultados foram estatisticamente diferentes para as árvores que cresceram no plantio com problema e não quebraram (tratamentos 3 e 7), e também para a parte superior das árvores que quebraram (tratamentos 2 e 6). Os resultados que não diferiram entre si estatisticamente foram para os clones dos

plantios que não apresentaram problemas (tratamentos 4 e 8) e para as partes inferiores das árvores que quebraram (tratamentos 1 e 5). Os tratamentos que apresentaram maior comprimento de fibra foram aqueles que estão presentes no Estado do Espírito Santo (Figura 11).

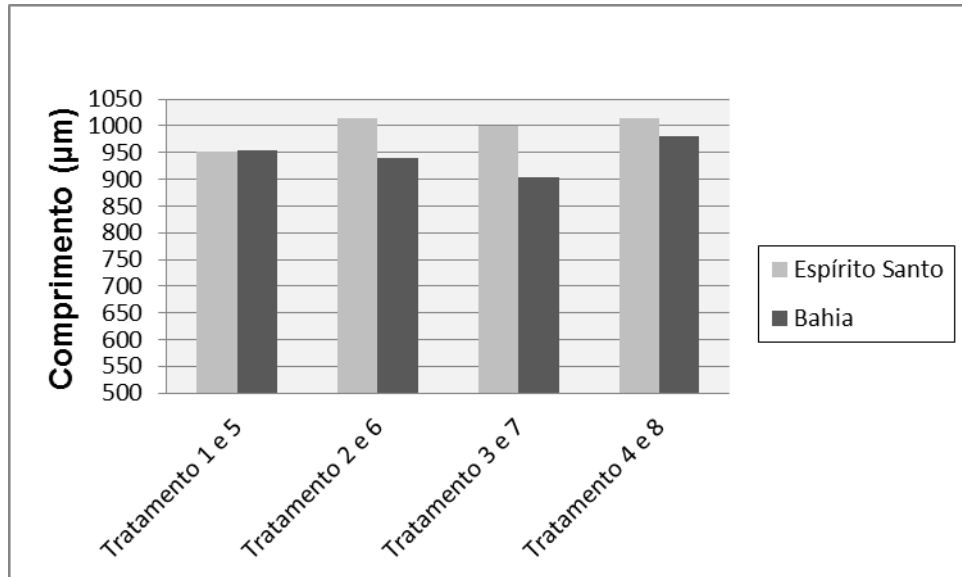


Figura 11 – Comprimentos das fibras do híbrido clonal em diferentes regiões

Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com o estudo realizado por Oliveira (2009), com dois clones híbridos de *E. urograndis*, de aproximadamente 6 anos, crescendo em diferentes localidades, o comprimento das fibras também esteve numa faixa próxima a essa, variando de 910 μm a 1184 μm. Sendo esta, mais uma característica que aponta para a não formação de lenho de reação, pois quando comprovada a presença do mesmo, na grande maioria das vezes estima-se um aumento no comprimento da fibra, o que não ocorreu.

Com relação às dimensões de diâmetro de lume e espessura de parede, estas também se comportaram de maneira diferente de acordo com as diferentes regiões estudadas (Tabela 5).

Tabela 5 – Valores médios dos parâmetros anatômicos estudados para o *E. urograndis*

Parâmetros Anatômicos (μm)			
Tratamento	Largura da Fibra	Diâmetro do Lume	Espessura da Parede
01	21,825 a (3,40)*	12,908 ab (3,13)	4,458 c (1,13)
02	22,105 a (3,63)	13,293 a (3,46)	4,406 c (0,92)
03	20,747 a (3,46)	10,880 c (3,29)	4,933 ab (1,04)
04	21,851 a (3,29)	11,832 bc (2,80)	5,009 ab (1,03)
05	22,007 a (3,46)	11,437 c (3,41)	5,285 a (1,12)
06	22,055 a (3,54)	11,925 bc (3,32)	5,065 ab (1,04)
07	20,865 a (3,69)	11,350 c (3,30)	4,757 bc (0,89)
08	21,522 a (3,70)	11,790 bc (3,35)	4,866 b (0,89)

* Os valores entre parêntese são o desvio padrão (μm) e o coeficiente de variação (%), respectivamente. As médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Analisando os resultados para largura das fibras, estatisticamente é possível afirmar que não houve variação ao nível de 5% de significância (Apêndice D) para nenhuma das diferentes regiões em que o clone se desenvolveu, entretanto, no que diz respeito às variáveis correspondentes ao diâmetro do lume e espessura de parede, ocorreram variações entre os tratamentos (Apêndices E e F) que se encontram no mesmo Estado (Espírito Santo ou Bahia) e também quando comparadas as médias dos diferentes tratamentos que apresentaram mesmo comportamento para localidades distintas (Figuras 12 e 13).

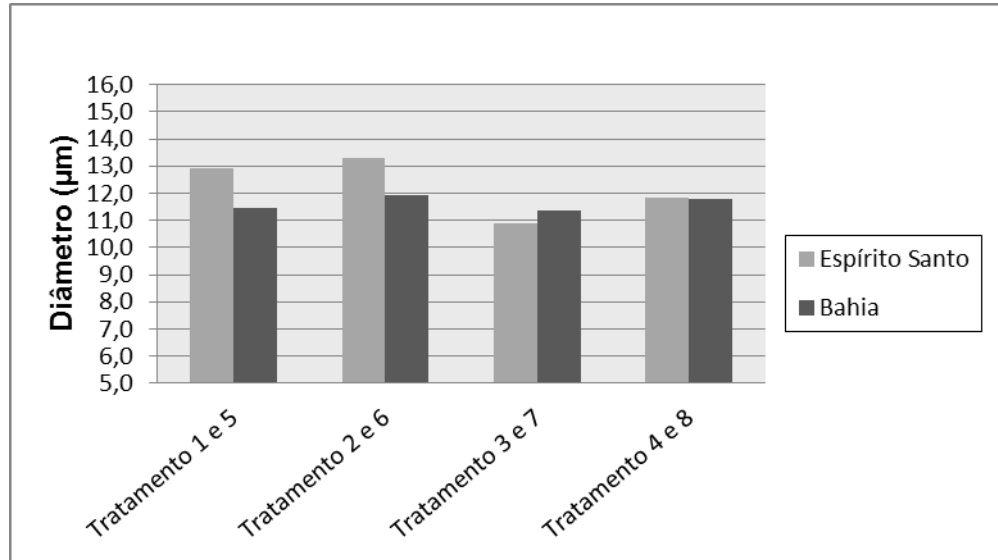


Figura 12 – Diâmetro do lume em árvores de *E. urograndis* nas duas regiões estudadas

Fonte: Elaborado pelo autor.

Observando o gráfico da Figura 12 é possível perceber que os tratamentos 01 e 05, assim como, os tratamentos 02 e 06 variaram estatisticamente ao nível de 5% de significância, sendo estes tratamentos correspondentes às árvores que quebraram. Sendo que, para os tratamentos citados acima, as árvores que cresceram na região do Estado do Espírito Santo apresentaram maiores valores com relação ao diâmetro do lume, comparadas aquelas que cresceram no Estado da Bahia. Entretanto, os tratamentos 03 e 07, assim como, os tratamentos 04 e 08 não variaram estatisticamente ao nível de 5% de significância, sendo estes tratamentos correspondentes às árvores que quebraram, tanto no Espírito Santo como na Bahia.

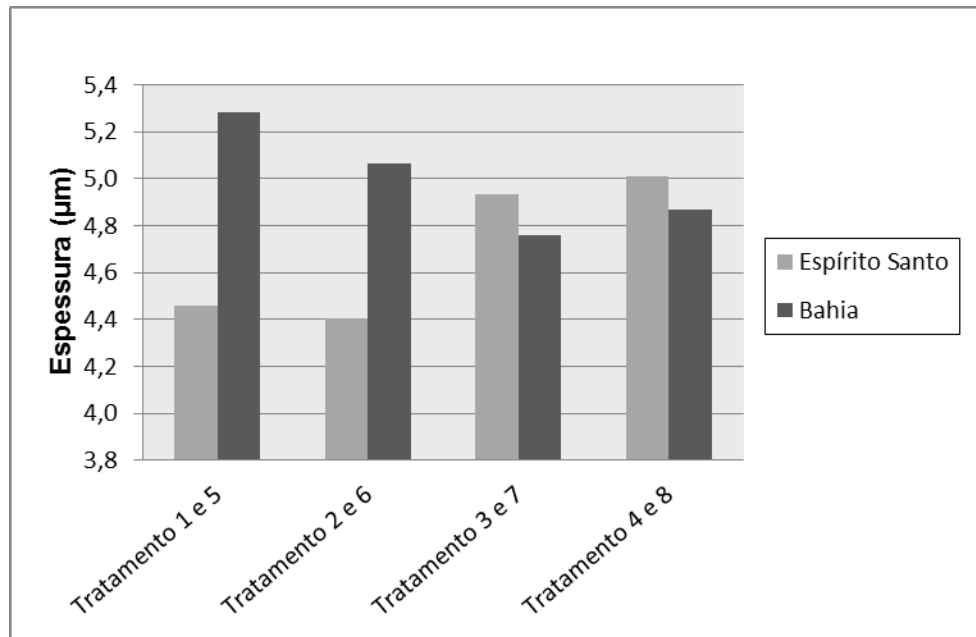


Figura 13 – Espessura da parede em árvores de *E. urograndis* nas duas regiões estudadas

Fonte: Elaborado pelo autor.

Observando o gráfico da Figura 13 é possível perceber que os valores de espessura da parede para os tratamentos 01 e 05, assim como 02 e 06, que se comportaram de mesma maneira nas diferentes regiões, foram diferentes ao nível de 5% de significância, como já era de se esperar por causa dos resultados anteriores para diâmetro do lume, pois as médias dos diâmetros dos lumes foram maiores para as árvores que quebraram no plantio do Espírito Santo, conseqüentemente, à medida que o diâmetro do lume aumenta, espera-se que a espessura de parede da fibra diminua, assim como o ocorrido.

Com relação às árvores que não quebraram (tratamentos 03 e 07; tratamentos 04 e 08), as médias de espessura da parede das mesmas foram maiores nos plantios do Espírito Santo, como também já era previsto em decorrência das menores médias com relação aos diâmetros de lume das fibras, entretanto, os valores de espessura de parede foram significativos estatisticamente.

4.6 Parâmetros de qualidade

Na fabricação de polpa é comum a referência à aptidão da madeira em termos de coeficientes e fatores entre as características das fibras.

É possível observar na Tabela 6 os valores para estes coeficientes e fatores de acordo com cada tratamento. Lembrando que quanto maior o valor de R, menos apta é a madeira para a fabricação de papel. Por tanto, considera-se ideais os valores menores do que 1. Para C.R., quanto maior o seu valor, maior será o achatamento e melhor amoldamento das fibras. Um alto valor significa a existência de fibras de paredes finas. E quanto ao valor de P, quanto maior, mais flexível é a fibra.

Tabela 6 – Parâmetros de qualidade para formação da polpa/papel para os tratamentos.

Tratamento	Parâmetros de qualidade		
	Fator de Runkel	Coefficiente de rigidez (%)	Coefficiente de flexibilidade de Peteri
01	0,69	59,14	43,63
02	0,66	60,16	45,92
03	0,91	52,44	48,16
04	0,85	54,15	46,39
05	0,92	51,97	43,33
06	0,85	54,07	42,61
07	0,84	54,40	43,28
08	0,83	54,78	45,54

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para os valores de CR, os tratamentos 01 e 02 foram aqueles que mostraram os maiores valores, entretanto, estes tratamentos correspondem ao plantio das árvores que quebraram no Espírito Santo. Com relação ao P, o tratamento 03, representando as árvores que não quebraram do plantio com problema no Espírito santo, foi aquele que apresentou o maior valor.

É importante lembrar que esse material ainda não está com idade adequada para ser abatido, portanto, tais valores, com relação a estes fatores e coeficientes, podem ser alterados quando o mesmo estiver com idade apropriada para o corte.

5. CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos pode-se, neste estudo, concluir que:

- As diferentes localidades influenciaram no desenvolvimento do diâmetro nos clones.
- Não houve variação da densidade básica com relação ao maior e menor raio das árvores.
- O local de crescimento exerceu influência na densidade básica, com maiores valores nas árvores que não quebraram.
- A maior frequência de vasos com menores diâmetros proporcionaram árvores mais resistentes à ação dos ventos.
- Vasos com maior diâmetro proporcionaram menores resistências das árvores à ação dos ventos.
- O comprimento das fibras não influenciou na resistência das árvores resistência aos ventos.
- Nos tratamentos do Espírito Santo, o maior diâmetro do lume e a maior espessura da parede da fibra mostrou influência para uma maior resistência ao vento.
- Não foi possível comprovar a presença de uma possível formação do lenho de reação na madeira do clone.
- O clone proveniente de ES (árvores que não quebraram no plantio com problema) apresentou melhores resultados para produção de polpa celulósica, com base nas propriedades estudadas.

6 REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, C. E. C.; LATORRACA, J. V. F. Influência das características anatômicas da madeira na penetração e adesão de adesivos. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 7, n. 1, p. 158-166, jan./dez. 2000.
- ALFONSO, V. A. **Caracterização anatômica do lenho e da casca das principais espécies de *Eucalyptus* L'Hérit cultivados no Brasil**. 1987. 188f. Tese (Doutorado em Botânica) Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.
- ANDRADE, C. M.; FINGER, C. A. G.; THOMAS C.; SCHNEIDER, P. R. Variação do incremento anual ao longo do fuste de *Pinus taeda* L. em diferentes idades e densidades populacionais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n.3, p. 239-246, jul./set. 2007.
- ASSIS, T. F. de. Melhoramento genético do eucalipto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 18, n. 185, p. 32-51, 1996.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL – BRACELPA. **Florestas plantadas de eucalipto e pinus: a solução verde**. Disponível em: <<http://www.bracelpa.org.br/bra/saibamais/florestas/index.html>>. Acesso em: 21 abr. 2007.
- ATROCH, E. M. A. C; SOARES, A. M.; ALVARENGA, A. A. de; CASTRO, E. M, de. Crescimento, teor de clorofilas, distribuição de biomassa e características anatômicas de plantas jovens de *Bauhinia forticata* LINK submetidas à diferentes condições de sombreamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 4, p. 853-862, jul./ago. 2001.
- AUER, C. G.; GRIGOLETTI JÚNIOR, A.; SANTOS, A. F. dos. Doenças em pinus: identificação e controle. **Embrapa Florestas, Circular técnica 48**, Colombo, p. 28, 2001.
- BACHA, C. J. C. Análise da evolução do reflorestamento no Brasil. **Revista de Economia Agrícola**, São Paulo, v. 55, n. 2, p. 5-24, jul./dez. 2008.
- BERGER, R. **Crescimento e qualidade da madeira de um clone de *eucalyptus saligna smith* sob o efeito do espaçamento e da fertilização**. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Manejo Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.
- BERTOLUCCI, F. de L. G.; REZENDE, G. D. S. P.; PANCHEL, R. Produção e utilização de híbridos de eucalipto. **Silvicultura**, São Paulo, v. 26, n. 51, p. 12-16, 1995.

BISON, O. **Melhoramento de eucalipto visando à obtenção de clones para a indústria de celulose**. 2004. 169 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

BRASIL, M. A. M.; FERREIRA, M. Variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus alba* Reinw, *Eucalyptus saligna* Smith e *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden aos 5 anos de idade, em função do local e do espaçamento. **IPEF**, Piracicaba, v. 2, n. 3, p.129-49, 1971.

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

BUSNARDO, C. A.; GONZAGA, J. V.; FOELKEL, C. E. B. et al. Em busca da qualidade ideal da madeira do eucalipto para produção de celulose: II. Inter-relações entre propriedades das árvores e de suas madeiras. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CELULOSE E PAPEL, 3., 1983, São Paulo. **Anais...** São Paulo, ABCP, 1983. v. 1, p. 31-47.

CAMPOS, J. C. C. Principais fatores do meio que afetam o crescimento das árvores. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 2, n. 3, p. 45-52, 1970.

COMMISSION PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS – COPANT. **Descripcion de características generales, macroscópicas de las maderas angiospermas dicotiledóneas**. v. 30, p. 1-19, 1974.

DUARTE, F. A. S. **Avaliação da madeira de *Betula pendula*, *Eucalyptus globulus* e de híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* destinadas à produção de polpa celulósica kraft**. 2007. 107 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Florestais, – Universidade Federal São Paulo, São Paulo, 2007.

ESTEIO. **A história do Eucalipto no Brasil e suas grandes vantagens econômicas**. São João Del Rei, 2010. Disponível em: <<http://www.esteio.ind.br/historia.html>>. Acesso em: 22 abr. 2010.

FELFILI, J. M.; HILGBERT, L. F.; FRANCO, A. C.; SILVA, J. C. S.; RESENDE, A. V.; NOGUEIRA, M. V. P. Comportamento de plântulas de *Sclerolobium paniculatum* Vog. var. *rubiginosum* (Tul.) Benth. Sob diferentes níveis de sombreamento, em viveiro. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 22, s. 2, out. 1999.

FERREIRA, C. R.; FANTINI JUNIOR, M.; COLODETTE, J. L.; GOMIDE, J. L.; CARVALHO, A. M. M. L. Avaliação tecnológica de clones de eucalipto: qualidade da madeira para produção de celulose Kraft, **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 70, p. 161-170, abr. 2006.

FERREIRA, M.; SANTOS, P. E. T. Melhoramento genético florestal dos *Eucalyptus* no Brasil: breve histórico e perspectivas. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF *EUCALYPTUS*, 1997, Salvador. **Proceedings...** Colombo: Embrapa - Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, 1997. v. 1, p. 14-34.

FERREIRA, S.; LIMA, J. T.; TRUGILHO, P. F.; MONTEIRO, T. C. Excentricidade da medula em caules de clones de *Eucalyptus* cultivados em diferentes topografias. **Cerne**, Lavras, v. 14, n. 4, p. 335-340, out./dez. 2008.

FOELKEL, C. E. B. Madeiras de eucalipto: da floresta ao digestor. In: CONGRESSO ANUAL DA ABTCP, 11, 1978, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira de Celulose e Papel, 1978. p. 1-25.

FOELKEL, C. E. B.; MORA, E.; MENOCELLI, S. Densidade básica: sua verdadeira utilidade como índice de qualidade da madeira de eucalipto para a produção de celulose. **O Papel**, São Paulo, n. 5, p. 35-40, 1992.

GOMIDE, J. L.; COLODETTE, J. L.; OLIVEIRA, R. C. de; SILVA, C. M. Caracterização tecnológica, para produção de celulose, da nova geração de clones de *Eucalyptus* do Brasil. **Rev. Árvore**, Viçosa, v.29, n.1, p. 129-137, jan./fev. 2005.

GONÇALVES, A. N. Fatores limitantes para o crescimento e desenvolvimento de árvores em regiões áridas e semi-áridas do nordeste brasileiro. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v.3, n.10, p. 99-105, jun.1982.

HESS, A. F. **Inter-Relações no crescimento de Araucaria Angustifolia (bertol.) Kuntze em diferentes locais do rio grande do sul.** 2006. 187 f. Tese (Doutorado em Manejo Florestal) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

IAWA COMMITTEE. List of microscopic features for hardwood identification, with an appendix on non-anatomical information. **IAWA Bulletin**, Leiden, 10(3): 219-332, 2007.

REMADE - **Revista da Madeira.** Influência dos tratamentos silviculturais na qualidade da madeira. 75, 2003. Disponível em: < http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_capa.php?edicao=75>. Acesso em: 3 maio 2010.

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. 320 f. Dissertação (Mestrado em História Social) – Programa de Pós-Graduação em História Social, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MILAGRES, F. R. **Avaliação da madeira de híbridos de *Eucalyptus Globulus* com *E. Grandis* e *E. Urophylla*, para produção de celulose, utilizando espectroscopia**

nir. 2009. 125 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

NUTTO, L.; WATZLAWICK, L. F. Relações entre fatores climáticos e incremento diâmetro em de *Zanthoxylum rhoifolia* Lam. e *Zanthoxylum hyemale* St. Hil. na região de Santa Maria. **Embrapa Florestas, Bol. Pesq. Fl.**, Colombo, n. 45, jul./dez. 2002 p. 41-45.

OLIVEIRA, J. G. L. de. **Propriedades anatômicas da madeira de dois Clones de eucalipto implantados em diferentes localidades.** 2009. 84 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2009.

OLIVEIRA, J. T. S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil.** São Paulo: USP, 1997. 2v., 429 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil, Escola Politécnica) Universidade de São Paulo, 1997.

OLIVEIRA, J. T. S. **Crescimento da árvore e formação da madeira.** Jerônimo Monteiro, ES: UFES, 2008. 6 p. (Nota de aula do curso de Anatomia da Madeira).

OLIVEIRA, J. T. S. **Densidade da madeira.** Jerônimo Monteiro, ES: UFES, 2008. 7 p. (Nota de aula do curso de Tecnologia da Madeira).

OLIVEIRA, J. T. S.; BRAZ, R. L.; MOTTA, J. P.; DUARTE, A. P. C.; ROSADO, A. M. **Ações de ventos em povoamentos florestais.** In: Tópicos em Ciências Florestais. Editora Suprema: Alegre, 2010. 544 p.

PAULA, R. N de. Ferramentas e estratégias melhoram eucalipto. **Revista da Madeira – Remade**, n. 88, mar. 2005. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_capa.php?edicao=88>. Acesso em: 3 maio 2010.

QUEIROZ, L. R. S.; BARRICHELO, L. E. G. **A celulose de eucalipto: uma oportunidade brasileira.** Vinhedo: Avis Brasilis, 2008. 165 p.

QUEIROZ, S. C. S.; GOMIDE, J. L.; COLODETTE, J. L.; OLIVEIRA, R. C. de; Influência da densidade básica da madeira na qualidade da polpa kraft de clones híbridos de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden X *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.6, p. 901-909, nov./dez. 2004.

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

SCHNEIDER, P. R. **Introdução ao manejo florestal.** Santa Maria: UFSM/CEPEF-FATEC, 1993. 348 p.

SELLE, G. L.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Classificação de sítio para *Pinus taeda* L., através da altura dominante, para a região de Cambará Do Sul, RS, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.4, n.1, p. 77-95, 1994

SHIMOYAMA, V. R. S. **Variações da densidade básica e características anatômicas e químicas da madeira da madeira em *Eucalyptus* spp.** 1990. 93 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.

SHIMOYAMA, V. R. S.; BARRICHELLO, L. E. G. Influência de características anatômicas e químicas sobre a densidade básica da madeira de *Eucalyptus* spp. In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 24. São Paulo, 1991. **Anais...** São Paulo, ABTCP, 1991.

SILVA, J. C. **Anatomia da Madeira e suas Implicações Tecnológicas.** Apostila UFV, Viçosa, 2005, 140 p.

SILVA, R. P. da. **Padrões de crescimento de árvores que ocorrem em diferentes toposseqüências na região de Manaus (AM).** 2001. 58 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Florestas Tropicais) – Programa de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais, Universidade do Amazonas, Manaus.

SILVEIRA, R. L. V. A.; HIGASHI, E. N. Produzindo mudas de eucaliptos. **Revista Referência**, Curitiba, n. 1, p. 34-36, 1999.

SOUSA, L. C. **Caracterização da madeira de tração em *Eucalyptus grandis* e sua influência na produção de polpa celulósica.** 2004. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

SOUZA, A. P.; DELLA LUCIA, R. M.; RESENDE, G. C. Estudo da densidade básica da madeira de *Eucalyptus microcorys* F. Muell, cultivado na região de Dionísio, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 3, n. 1, p. 16-27, 1979.

SOUZA, M. J. H.; RIBEIRO, A.; LEITE, H. G.; LEITE, F. P.; MINUZZI, R. B. Disponibilidade hídrica do solo e produtividade do eucalipto em três regiões da bacia do Rio Doce. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 399-410, abr. 2006.

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

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

TOMÉ JUNIOR A., **Manual de interpretação de análise de solo**. Guaíba: Agropecuária, 1997, 247 p.

TONELLO, K. C.; COTTA, M. K.; ALVES, R. R.; RIBEIRO, C. F. A.; POLLI, H. Q. O desenvolvimento do setor florestal brasileiro. **Revista da madeira – Remade**, n. 112, abr. 2008. Disponível em: < http://www.remade.com.br/br/revistada_madeira_capa.php?edicao=112>. Acesso em: 3 mai. 2010.

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

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

VALVERDE, S. R.; SOARES, N. S.; SILVA, M. L.; JACOVINE, L. A.; NEIVA, S. A. O comportamento do mercado da madeira de eucalipto no Brasil. **Revista Biomassa e Energia – Renabio**, v. 1, n. 4, p. 393-403, 2004.

VENCOVSKY, R.; RAMALHO, M. A. P. Contribuições do melhoramento genético de plantas no Brasil. In: PATERNIANI, E. (Ed.). **Agricultura brasileira e pesquisa agropecuária**. Brasília: Embrapa, Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 57-89.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Análise de variância (ANOVA) do diâmetro dos vasos para os diferentes tratamentos

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre Tratamentos	23332,72	7	3333,246	3,703075	0,000584	2,019181
Total	880255,7	959				

APÊNDICE B – Análise de variância (ANOVA) da frequência dos vasos para os diferentes tratamentos

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Tratamento	11141,29	7	1591,612	130,9159	1,4E-157	2,014361
Total	34386,46	1919				

APÊNDICE C – Análise de variância (ANOVA) do comprimento das fibras para os diferentes tratamentos

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Tratamento	1304872,182	7	186410,3	10,44206	1,11336E-12	2,019181
Total	18299851,22	959				

APÊNDICE D – Análise de variância (ANOVA) da largura das fibras para os diferentes tratamentos

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Tratamento	241,3112	7	34,47304	2,773678	0,00738	2,019181
Total	12073,37	959				

APÊNDICE E– Análise de variância (ANOVA) do diâmetro do lume das fibras para os diferentes tratamentos

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Tratamento	542,8565	7	77,55093	7,296183	1,52E-08	2,019181
Total	10661,64	959				

APÊNDICE F – Análise de variância (ANOVA) da espessura de parede das fibras para os diferentes tratamentos

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Tratamento	75,21327	7	10,74475	10,53718	8,34E-13	2,019181
Total	1045,967	959				