

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS E DA MADEIRA

ANA CLARA CAOU RODRIGUES

MORFOLOGIA DE VASOS E FIBRAS DA MADEIRA DE POLIPLÓIDE E  
CLONES DE HÍBRIDOS DE *E. grandis* X *E. urophylla* VISANDO A  
PRODUÇÃO DE PAPEL

JERÔNIMO MONTEIRO  
ESPÍRITO SANTO

2016

ANA CLARA CAOU RODRIGUES

MORFOLOGIA DE VASOS E FIBRAS DA MADEIRA DE POLIPLÓIDE E  
CLONES DE HÍBRIDOS DE *E. grandis* X *E. urophylla* VISANDO A  
PRODUÇÃO DE PAPEL

Monografia apresentada ao  
Departamento de Ciências  
Florestais e da Madeira da  
Universidade Federal do Espírito  
Santo, como requisito parcial para  
obtenção do título de Engenheira  
Florestal.

JERÔNIMO MONTEIRO

ESPÍRITO SANTO

2016

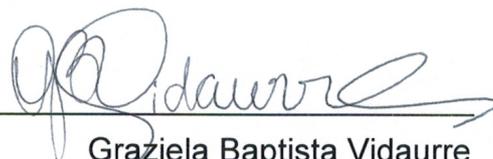
ANA CLARA CAOU RODRIGUES

MORFOLOGIA DE VASOS E FIBRAS DA MADEIRA DE POLIPLÓIDE E  
CLONES DE HÍBRIDOS DE *E. grandis* X *E. urophylla* VISANDO A  
PRODUÇÃO DE PAPEL

Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da  
Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título  
de Engenheira Florestal.

Aprovada em 04 de julho de 2016

COMISSÃO EXAMINADORA



Graziela Baptista Vidaurre  
Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (UFES)  
Orientadora



João Gabriel Missia da Silva  
Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (UFES)  
Conselheiro



Alice Soares Brito  
Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (UFES)  
Examinadora

À minha mãe (*in memoriam*), que me ensinou a amar a vida e a abraçar as  
árvores.

“Eu cheguei onde cheguei porque  
tudo que planejei deu errado”

*Rubem Alves*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por ser meu refúgio, esperança e amigo fiel. A ele devo toda honra e glória por tudo que conquistei até aqui.

Ao meu pai, Ueriton, por ter me encorajado a cursar Engenharia Florestal. Sou grata por ter me incentivado a não ter medo do novo, por ter sido porto seguro nos momentos de desespero, por ser patrocinador dos meus sonhos, sem medir esforços.

À minha irmã, Gabi, por ser meu equilíbrio e maior intercessora junto ao Pai, você me move a ser melhor. Obrigada pela cumplicidade de sempre.

À minha orientadora, professora Graziela Vidaurre, que é um exemplo de profissional que exerce seu trabalho com humanidade e autenticidade. Obrigada por ter aceitado me orientar nessa jornada.

Ao João Gabriel Missia Silva e à Alice Soares Brito por terem aceitado participar da banca examinadora e pelas contribuições ao trabalho.

Aos professores do CCA e DCFM que fizeram a escolha de serem mais que professores e foram educadores ao longo da graduação, em especial à Taís Soares e ao Fabio Demolinari que me orientaram de maneira mais próxima.

À Universidade Federal do Espírito Santo, por me proporcionar uma formação de qualidade e disponibilizar a infraestrutura para a realização deste trabalho.

À Suzano Papel e Celulose S.A., por me concederem o material de estudo.

À turma 2010/1, que foi sinônimo de alegria e parceria durante esses anos. As peculiaridades de cada um fizeram com que essa turma se tornasse especial e inesquecível.

Aos amigos Letícia, Marcos, Taís, Nathan, Jéssica, Anyara e Renzo por terem sido minha família em Alegre. Muito do que sou hoje devo à nossa amizade. Carrego cada um de vocês no coração, da UFES para o resto da vida.

À minha família, pelo apoio e incentivo, especialmente ao Tio Mauro, meu maior exemplo de amante e cuidador da natureza e de profissional na área de Ciências Agrárias.

A todos que contribuíram para eu chegasse até aqui, mesmo que não tenha citado o nome, o meu muito obrigada.

## RESUMO

Buscando entender melhor a relação entre anatomia da madeira e sua qualidade visando a produção de papel, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a morfologia de vasos e fibras da madeira de um poliplóide e quatro clones de híbridos de *E. grandis* x *E. urophylla*. Para isso foram comparados cinco tratamentos quanto às dimensões de vasos, fibras e quanto às relações entre as dimensões das fibras, expressas pelo Índice de *Runkel*, Coeficiente de Flexibilidade e Fração Parede. O estudo microscópico da madeira foi realizado de acordo com as recomendações da Comissão Pan-americana de Normas Técnicas, e as dimensões dos elementos anatômicos foram mensuradas por meio do *software* analisador de imagem Axiovision 4.5. Foi realizada a análise de variância para cada variável analisada e o teste de Tukey ( $p \geq 0,05$ ) para comparação das médias das variáveis que apresentaram diferença significativa entre tratamentos. O genótipo poliploide não apresentou influência sobre as variáveis estudadas, se comparado aos clones. Os vasos apresentaram-se numerosos, sendo os tratamentos T29 e T27 os que apresentaram os maiores valores. Já o diâmetro tangencial não apresentou diferença significativa entre os tratamentos. As madeiras analisadas neste trabalho apresentaram fibras curtas (860,22 a 985,77  $\mu\text{m}$ ), estreitas (23,13 a 24,73  $\mu\text{m}$ ), de diâmetro considerável (9,65 a 11,77  $\mu\text{m}$ ) e de paredes mais espessas (5,77 a 6,78  $\mu\text{m}$ ). No entanto, não houve diferença significativa entre os tratamentos em relação às dimensões das fibras. O tratamento T29 foi o que apresentou o maior Índice de *Runkel* e fração parede e menor coeficiente de flexibilidade. Porém, todos os tratamentos mostraram comportamento desfavorável para a produção de papel, em relação ao Índice de *Runkel* quanto para o coeficiente de flexibilidade e a fração parede. Devido à falta de significância entre tratamentos, sugere-se que este ensaio seja repetido com uma população amostral maior, para capturar melhor a variação entre os tratamentos.

Palavras chave: Qualidade da madeira. *Eucalyptus*. Poliploidia. Anatomia da madeira.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>7</b>
1.1	O problema e sua importância.....	8
1.1.1	Objetivos específicos.....	8
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>10</b>
2.1	O gênero <i>Eucalyptus</i> e o setor brasileiro de celulose e papel .....	10
2.2	Influência da anatomia da madeira na produção de papel .....	11
2.3	A poliploidia induzida no melhoramento genético de plantas .....	14
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>19</b>
3.1	Descrição da área e do material de estudo .....	19
3.2	Amostragem da madeira e caracterização anatômica.....	20
3.2.1	Relações entre as dimensões das fibras .....	21
3.3	Análise estatística dos dados .....	22
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>23</b>
4.1	Dimensões dos vasos .....	23
4.2	Dimensões das fibras .....	24
4.2.1	Relações entre as dimensões das fibras .....	26
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>29</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>30</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O setor florestal brasileiro mostra-se fortemente competitivo no cenário mundial, sendo referência por suas práticas de manejo, e pela utilização de florestas plantadas, principalmente de pinus e eucalipto, para o abastecimento das principais indústrias de base florestal (BIAZUS; HORA; LEITE, 2010). Essas florestas funcionam como fonte sustentável, garantindo o suprimento de matéria-prima para as indústrias de polpa e papel, siderurgia, carvão vegetal, serrados, compensados e lâminas e, painéis reconstituídos (aglomerados, chapas de fibras e MDF) (EMBRAPA FLORESTAS, s.d.).

As florestas plantadas brasileiras são as mais produtivas do mundo. De acordo com a Associação Brasileira de Celulose e Papel - BRACELPA (2014), as plantações de eucalipto produzem uma média anual de 44 m<sup>3</sup> de madeira por hectare, o que representa um crescimento de 83% em um período de aproximadamente três décadas. A alta produtividade alcançada é resultado de décadas de pesquisa em melhoramento genético das espécies, que por meio do cruzamento de diferentes variedades e outras técnicas, como a seleção de fenótipos superiores e a utilização de marcadores moleculares, geraram plantas com fenótipos mais desejáveis para a indústria, como maior resistência a pragas, maior crescimento, melhor qualidade e maior quantidade de fibras (BRACELPA, 2011).

No que tange o melhoramento genético das espécies florestais, o grande potencial no aumento da produtividade florestal brasileira, com destaque para o aumento do incremento médio anual, o uso múltiplo dos clones e a homogeneidade das florestas, mostra-se como garantia para a manutenção do retorno do capital investido em pesquisa (BIAZUS; HORA; LEITE, 2010; DIAS; SIMONELI, 2013).

O rápido crescimento das árvores em talhões florestais destinados à produção de celulose leva ao uso de indivíduos cada vez mais jovens, o que pode comprometer sua formação e constituição, bem como suas características físicas, químicas e anatômicas (BRAZ et al., 2014).

A estrutura anatômica influencia as demais propriedades da madeira, sendo necessário conhecer as suas variações e verificar a relação com as características estruturais da madeira e seu uso. Cita-se por exemplo as dimensões das fibras, como importantes indicadores das propriedades de uma determinada espécie e sua

adequação para a fabricação de um tipo específico de papel (HUGHES, 1973; MIRANDA; CASTELO, 2012).

Uma técnica do melhoramento genético florestal, cuja influência nas propriedades químicas e anatômicas da madeira é muito carente de estudos, é a poliploidia induzida artificialmente. Entende-se por poliploidia a existência, em um mesmo núcleo celular, de mais de dois genomas. Os poliplóides são, em geral, maiores e mais robustos do que seus parentes diploides (STEBBINS, 1971 apud SCHIFINO-WITTMANN, 2004), daí o interesse em desenvolver artificialmente plantas com estas características, normalmente não encontradas na natureza.

A colchicina, a substância mais utilizada na indução da poliploidia, consegue inibir o fuso durante a divisão celular, levando à formação de células e plantas com o dobro do número cromossômico. Quando essa capacidade foi descoberta, as possibilidades do seu uso abriram novas perspectivas para o melhoramento (BLAKESLEE; AVERY, 1937 apud SCHIFINO-WITTMANN; DALL'AGNOL, 2003). Porém, para que o uso dessa técnica resulte em indivíduos superiores para utilização como matéria-prima na produção de papel, é necessário o conhecimento dos seus efeitos sobre as propriedades da madeira.

## **1.1 O problema e sua importância**

Neste contexto, este trabalho procurou analisar as propriedades anatômicas de um poliplóide de eucalipto e de clones da mesma variedade, para que se possa compreender a sua influência na qualidade da madeira para a produção de papel, e para saber se o poliplóide exibe comportamento distinto dos demais quanto às características anatômicas.

## **1.2 Objetivo**

Avaliar a morfologia de vasos e fibras da madeira de um poliplóide e quatro clones de híbridos de *E. grandis* x *E. urophylla* visando a produção de papel.

### **1.1.1 Objetivos específicos**

- Avaliar diâmetro tangencial e frequência de vasos, das madeiras do poliploide e dos clones.

- Avaliar comprimento, largura, diâmetro do lume, e espessura da parede das fibras, das madeiras do poliploide e dos clones.
- Avaliar as relações entre as dimensões das fibras, compará-las e discuti-las quanto a influência que exercem sobre a qualidade da madeira de cada tratamento.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 O gênero *Eucalyptus* e o setor brasileiro de celulose e papel

O gênero *Eucalyptus* é originário da Austrália e envolve aproximadamente 700 espécies. Este elevado número torna-se um problema para a seleção de espécies para a introdução do gênero em outros países e deve ser feita de acordo com as condições ecológicas do local (Pryor, 1971).

A partir do início do século XX, o eucalipto teve seu plantio intensificado no Brasil, sendo a sua madeira utilizada como dormentes nas ferrovias, lenha para as locomotivas e mais tarde como poste para eletrificação das linhas. No final da década de 20, as siderúrgicas mineiras começaram a aproveitar a madeira do eucalipto, transformando-o em carvão vegetal utilizado no processo de fabricação de ferro-gusa. A partir daí novas aplicações foram desenvolvidas, com o aproveitamento total do eucalipto (CENTRO DE INTELIGÊNCIA EM FLORESTA - CIF, 2015).

Atualmente, o eucalipto é a matéria-prima mais utilizada na produção de celulose e papel de fibra curta no país. Segundo a Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ, 2015), 72% das florestas plantadas no Brasil são de eucalipto, o que representa um total de 5,5 milhões de hectares de área plantada. Hoje, o país ocupa o primeiro lugar no ranking mundial de produção de celulose de eucalipto.

No Brasil, as principais espécies plantadas são o *E. grandis*, *E. saligna*, *E. urophylla*, *E. viminalis*, híbridos de *E. grandis* x *E. urophylla*, *E. citriodora* e *E. camaldulensis*. Essas espécies apresentam fibras predominantemente curtas, podendo variar entre 0,60 e 1,70 mm (FILHO, 1985). A celulose de fibra curta apresenta maior capacidade absorvente e menor resistência, se comparada à celulose de fibra longa, e é mais indicada para a produção de papéis sanitários (“tissue”), filtro, decorativos e para cigarro (FOELKEL, 2015).

A importância da indústria de celulose de fibra curta é tão expressiva no país, que a sua produção ultrapassou em quase sete vezes a produção de celulose de fibra longa no ano de 2014. Neste mesmo ano, com exportações de 10,6 milhões de toneladas da matéria-prima, o setor gerou um superávit de US\$ 4,9 bilhões na balança comercial brasileira (BRACELPA, 2014).

A ótima adaptação do gênero *Eucalyptus* no Brasil se deve a inúmeros fatores: à grande plasticidade do gênero, com espécies que se adaptam a diversos tipos de clima e solo; à alta produção de sementes e fácil propagação vegetativa; ao seu uso múltiplo nos diversos setores da indústria; ao rápido crescimento e indivíduos de boa forma; e principalmente a quase quatro décadas dedicadas ao melhoramento genético das espécies, juntamente com o aperfeiçoamento das práticas de manejo aplicadas às florestas plantadas (SILVA, 2005).

## **2.2 Influência da anatomia da madeira na produção de papel**

A madeira das dicotiledôneas, se analisadas ao microscópio, apresentam três elementos básicos: os vasos, as fibras e os raios medulares. Os vasos são células alongadas, com comprimento que pode chegar a 1 mm, com seção transversal arredondada e vazada, denominada de poros, podendo compor até 50% da madeira das folhosas e têm a função de transporte ascendente da seiva bruta (no alburno) e de depósito de substâncias polimerizadas (no cerne), comunicando-se entre si através das extremidades celulares. As fibras são células alongadas, com até 1,5 mm de comprimento, seção transversal vazada e arredondada, paredes de espessura superior à dos vasos, são elementos fechados e não possuem comunicação através das extremidades, podendo compor até 50% do lenho dependendo da espécie, sendo responsáveis por sua resistência mecânica. Os raios são conjuntos de células alongadas e achatadas, dispostos horizontalmente da casca à medula, e têm a função principal de conduzir a seiva elaborada (BOM, 2011).

As madeiras de folhosas apresentam maior complexidade em sua estrutura anatômica, com maior número de elementos celulares, de tipos e formas diversas e em diferentes arranjos, se comparadas às de coníferas. Sua composição celular, muito variável e heterogênea, constitui-se de 26 a 56%; de fibras; 7 a 55% de vasos; 5 a 25% de parênquima radial e de 0 a 23% de parênquima axial (KLOCK et al., 2005).

Fibras e vasos são os elementos mais estudados na caracterização anatômica da madeira. Os parâmetros considerados nos estudos de fibras compreendem o comprimento, a largura, o diâmetro do lume e a espessura da parede (CASTELO, 2007). Sabe-se que em folhosas as dimensões das fibras

variam, em média, de 0,8 a 1,5 mm no comprimento, de 20 a 50  $\mu\text{m}$  no diâmetro do lume e de 3 a 5  $\mu\text{m}$  na espessura da parede (MIRANDA; CASTELO, 2012). Já os parâmetros considerados nos estudos de vasos compreendem o diâmetro e a frequência.

O estudo aprofundado da anatomia da madeira torna-se necessário a fim de prognosticar utilizações adequadas de acordo com suas características anatômicas (DIAS; SIMONELLI, 2013). Por meio do cálculo da relação entre as dimensões obtidas em análise microscópica, pode-se avaliar o comportamento e a capacidade papeleira de determinadas fibras. Urias (1996) citado por Nisgoski et al. (2012) afirmou que os índices ajudam a compreender com antecedência o que esperar ao empregar determinada fibra na produção da polpa celulósica, influenciando de maneira direta, indireta ou complementar as características gerais da polpa, como densidade, volume, resistência à passagem de ar e água e à tração, arrebatamento, rasgo e as propriedades que determinam a qualidade de impressão.

A estrutura anatômica, composição química e propriedades físicas resultam em variações na qualidade da madeira de eucalipto, e diferenças significativas podem ser detectadas em níveis inter e intraespecíficos (BRAZ et al., 2014). Zobel e Van Buijtenen (1989) citado por Braz et al. (2014) corroboram com esta afirmação ao afirmarem que as características morfológicas das fibras variam significativamente entre e dentro das árvores, sendo controladas geneticamente e alteradas em função das práticas silviculturais adotadas. Esteban et al. (2002) também corroboram com tal afirmativa ao citarem que a largura das fibras está relacionada a fatores genéticos e ambientais.

As fibras curtas características de folhosas apresentam maior dificuldade em conferir resistência à celulose quando comparada com as fibras longas de conífera. Resquin (2002) citado por Dias e Simonelli (2013) explica que nas fibras longas há menor possibilidade de separação da estrutura do papel quando este é submetido a um esforço, o que explica a influência do comprimento das fibras na resistência do papel.

As fibras mais curtas tendem a flocular menos, o que resulta em uma melhor formação da folha e lisura superficial do papel, além disso, favorecem a produção de papel com maior homogeneidade da distribuição do tamanho dos poros,

beneficiando a absorção de tinta e, conseqüentemente, a impressão (SANTOS, 2005).

A espessura da parede das fibras também é uma propriedade anatômica muito relevante e que sofre bastante variação. Conforme variam as dimensões das fibras e a sua morfologia, existem importantes características nos processos de fabricação do papel que são afetadas (MENEGAZZO 2012). Fibras com paredes mais espessas exigem maior consumo de energia no refino, ao mesmo tempo, a ligação entre fibras é fraca, dando baixa resistência ao papel (SANTOS, 2005).

Ao que diz respeito à largura das fibras, quanto mais largas, menor será a resistência ao ar e maiores serão o volume específico aparente e a resistência do papel ao rasgo. As resistências à tração e ao arrebatamento são prejudicadas quando as fibras são mais largas, devido ao ajuste imperfeito das mesmas no papel (DIAS; SIMONELLI, 2013).

O diâmetro do lume, por sua vez, está diretamente relacionado com a largura e espessura da parede das fibras, de maneira que, quanto maiores forem os seus valores, mais espaços vazios a madeira apresentará, resultando em menor massa específica e, conseqüentemente, em baixa resistência mecânica (FLORSHEIM, 1992 apud BRAZ et al., 2014).

Os vasos são importantes na fisiologia do crescimento das árvores, e também na resistência mecânica e no processo de produção de celulose. Segundo Burger e Richter (1991) os vasos são estruturas delicadas, cujas grandes dimensões, abundância e distribuição afetam a resistência mecânica da madeira. As espécies de eucalipto possuem entre 10 a 20% do seu volume ocupado pelos vasos, em sua maioria, no entanto, as espécies com menor densidade básica e crescimento mais rápido apresentam maior frequência e diâmetros dos vasos (FOELKEL, 2009b). De acordo com Foelkel (2009a), os eucaliptos possuem cerca de 3 a 25 vasos  $\text{mm}^{-2}$  e variações no diâmetro tangencial entre 60 a 250  $\mu\text{m}$ .

Os elementos anatômicos, tais como: tipo de células, seus diâmetros, espessuras de parede e comprimentos, exercem influência direta na densidade da madeira, que, por conseguinte, influenciam a produção de celulose e papel. Segundo Shimoyama e Barrichelo (1991) citados por Fantuzzi Neto (2012), as características que exercem maiores influências na densidade são a espessura da parede, o diâmetro do lume das fibras e a frequência de vasos. Queiroz et al. (2004), em estudo da madeira de dois clones de *Eucalyptus*, relatou que a madeira de

densidade alta apresentou maior frequência de vasos, porém com menores diâmetros, e que a densidade foi afetada pela espessura da parede e diâmetro do lume das fibras.

Quando há um aumento na densidade, a estrutura do papel torna-se mais porosa e a resistência à tração diminui. Madeiras densas apresentam fibras com paredes espessas e diâmetros do lume pequenos, conseqüentemente, são mais rígidas e têm baixas propriedades de colapsabilidade durante o processamento. (MENEZZO 2012). Além disso, a polpa apresenta rápida drenagem e produz uma estrutura volumosa e, conseqüentemente, um papel com alta porosidade e opacidade. (SANTOS, 2005)

As características típicas de madeiras com densidade alta proporcionam dificuldade de penetração e, principalmente, de difusão do licor e de lixiviação de fragmentos de lignina, o que é prejudicial ao rendimento se o processo não for adaptado para se trabalhar com essa madeira. Vários estudos demonstram que madeiras de *Eucalyptus* de baixa densidade proporcionam rendimentos mais elevados na polpação (QUEIROZ, 2004; MOKFIENSKI, 2004; WEHR; BARRICHELO, 1993; LANA, 2001 citados por FANTUZZI NETO, 2012).

Madeiras com densidade inferior a 0,40 levam a redução de rendimento, aumento no consumo de reagentes e alto teor de resíduos, ao passo que densidades superiores a 0,55 conferem maior dificuldade no processo de picagem das toras, o que acarreta além do maior desgaste das facas dos picadores, maior proporção de cavacos de grandes dimensões, dificultando a impregnação do licor nestes e levando a uma menor produção de polpa depurada (DIAS; SIMONELLI, 2013).

### **2.3 A poliploidia induzida no melhoramento genético de plantas**

A poliploidia pode ser definida como a existência de mais de dois genomas em um mesmo núcleo celular (SCHIFINO-WITTMANN, 2004). Indivíduos poliplóides podem surgir por meio da duplicação somática das células, os chamados poliplóides assexuais, método comumente utilizado por melhoristas; ou por gametas não reduzidos funcionais, denominados poliplóides sexuais, que é a forma predominante de origem de poliplóides na natureza (RAMSEY; SCHEMSKE, 1998 apud SIMIONI, 2004).

*Via de regra, os poliplóides são classificados em autopoliplóides, originados pela duplicação de um mesmo genoma, e alopoliplóides, originados após um evento de hibridação pela duplicação de genomas de espécies diferentes. Um terceiro tipo de poliplóide, seriam os poliplóides segmentares, cuja origem se dá pela duplicação dos genomas de espécies próximas o suficiente para apresentarem uma certa homeologia cromossômica. As consequências citogenéticas e genéticas dos diversos tipos de poliploidização são diferentes: em um autopoliplóide, espera-se pareamento cromossômico em multivalentes e herança polissômica, por haver cópias iguais de um mesmo genoma. Num alopoliplóide, a existência de genomas diferentes formaria apenas bivalentes intragenômicos e herança dissômica. No caso dos alopoliplóides segmentares haveria um comportamento intermediário, ou seja, herança dissômica para algumas características e polissômicas para outras. Estas categorias nem sempre são claramente definidas, mas esta classificação é útil em estudos evolutivos (SCHIFINO-WITTMANN, 2004).*

O efeito morfofisiológico imediato da poliploidização é o aumento do tamanho das células devido ao maior volume nuclear, o que resulta no aumento do tamanho das estruturas vegetativas, efeito que é chamado por alguns autores de “gigantismo” (VICHATO et al., 2007). Por isso, os poliplóides são, em geral, maiores e mais robustos que seus parentes diploides (STEBBINS, 1971 apud SCHIFINO-WITTMANN; DALL’AGNOL, 2003). Daí o interesse em desenvolver artificialmente plantas com estas características, normalmente não encontradas na natureza.

Uma outra vantagem que poliplóides apresentam é que, em geral, são bons colonizadores, podendo ocupar habitats pioneiros nos quais os ancestrais diploides não são bem-sucedidos (DE WET, 1980 apud SCHIFINO-WITTMANN; DALL’AGNOL, 2003). Apresentam também um efeito tamponante maior em relação à capacidade de adaptação, pois possuem mais cópias genômicas do que os diploides, podendo acumular mais variabilidade encoberta (SCHIFINO-WITTMANN, 2004). Isso corrobora com a ideia de Gustafsson e Mergen (1964), que há décadas diziam que a aparência “giga”, o aumento no crescimento vegetativo, a alteração de reações de incompatibilidade e as mudanças nas exigências ecológicas, permitem os autopoliplóides a expandirem a área de cultivo de seus parentes diploides.

Devido aos benefícios do material produzido pela poliploidização e à baixa frequência com que ocorrem naturalmente, o interesse pela indução da poliploidia de

forma artificial tem crescido nos programas de melhoramento, levando a um aprimoramento das técnicas e protocolos (DHOOGHE et al., 2010 apud CAVALCANTI FILHO, 2011).

*No melhoramento, a indução de poliploidia pode ser utilizada de três maneiras básicas: por poliploidização na espécie, como uma tentativa de conseguir plantas maiores e melhores, já que poliplóides em geral são maiores e mais robustos que seu genitores diploides; por poliploidização de um híbrido, neste caso para restaurar a fertilidade do híbrido estéril, sintetizar uma nova espécie ou ressintetizar uma já existente; ou como uma ponte para transferir genes de interesse entre níveis de ploidia diferentes, intra ou interespecíficos (SCHIFINO-WITMANN, 2004).*

A indução da poliploidia pode ser realizada utilizando agentes antimitóticos, os quais atuam sobre as fibras do fuso acromático durante a divisão celular, impedindo sua polimerização ou promovendo a sua fragmentação, não permitindo assim a separação dos cromossomos na anáfase. Conseqüentemente, as células iniciam o próximo ciclo celular com a quantidade duplicada de DNA (PEREIRA et al., 2012).

Dentre estes antimitóticos, a colchicina é o mais conhecido e empregado. Esta substância é um alcaloide extraído de plantas de *Colchicum autumnale* e tem como vantagem não reduzir seu efeito na poliploidização com a autoclavagem, etapa necessária para os protocolos de duplicação *in vitro* (EIGSTI & DUSTIN, 1955; ZHANG et al., 2007 apud PEREIRA et al., 2012). O modo de ação da colchicina se dá por sua ligação reversível aos dímeros de tubulina  $\alpha$  e  $\beta$ , causando uma mudança estrutural que impede a polimerização do fuso mitótico, conseqüentemente, bloqueando a célula em metáfase. Em microtúbulos já formados, a colchicina impede o seu crescimento durante a divisão celular (PIO, 2008).

Vários métodos de aplicação da colchicina são utilizados, por isso deve-se prestar atenção à espécie que está sendo utilizada, existindo sempre a necessidade de ajustes e padronizações de acordo com tal. A aplicação pode ser feita em sementes, plântulas ou partes vegetativas com tecidos meristemáticos ativos, como afilhos e estolhos, por exemplo. Roth (1984) citado por SCHIFINO-WITTMANN; DALL'AGNOL (2003), por exemplo, obteve poliplóides de *Eucalyptus urophylla* por imersão de suas plantas intactas em soluções de colchicina.

*A aplicação pode ser realizada por imersão do tecido meristemático na solução, por gotejamento da solução sobre o meristema, ou por aplicação de algodão embebido na solução diretamente sobre o ponto de crescimento ou colocando a colchicina no meio de cultura in vitro. As grandes vantagens da utilização da colchicina são sua facilidade de aplicação e eficiência na produção de poliplóides (SCHIFINO-WITTMANN; DALL'AGNOL, 2003).*

Embora produza resultados satisfatórios, a colchicina é uma substância altamente tóxica e mutagênica, o que tem levado pesquisadores a buscarem alternativas tão eficazes quanto ou superiores à colchicina (PEREIRA et al., 2012). O óxido nitroso, também conhecido como gás do riso, é um indutor de poliploidia bastante utilizado e bem-sucedido em espécies de *Trifolium*. Sua vantagem é não ser tóxico e, uma vez removido, não produzir altas frequências de quimeras, ao menos em *Trifolium* (SCHIFINO-WITTMANN; DALL'AGNOL, 2003). Como outras alternativas, pode-se mencionar orizalina e trifluralina, que foram bem-sucedidas em protocolos de indução de poliploidia em gramíneas (PEREIRA et al., 2012).

O estabelecimento de protocolos eficientes é dependente de vários fatores, tais como: substância antimetabólica, tipo de explante, concentração dos antimetabólicos e genótipo selecionado. Para que se obtenha sucesso no processo de indução artificial, todos esses fatores devem ser avaliados independente da metodologia empregada (PEREIRA et al., 2012).

Almeida et al. (2013) constataram a necessidade da continuidade da pesquisa, com a realização de novos testes para a otimização de um protocolo de poliploidização para *Eucalyptus*, já que o protocolo para indução de poliploidia avaliado em sua pesquisa não foi eficiente, observando-se a manutenção da diploidia por citometria de fluxo. No entanto, eles observaram características morfológicas indicativas de poliploidização, o que pode ser explicado pela ocorrência de mixoploidia.

Segundo Dewey (1980) citado por Schifino-Wittmann e Dall'agnol (2003), a indução da poliploidia, para o melhoramento, seria melhor utilizada para transferir características de interesse entre diferentes níveis de ploidia, do que para obter plantas maiores. Isso porque os poliplóides induzidos tendem a apresentar uma compensação ao "gigantismo", como menor número de folhas e flores, desenvolvimento mais lento, etc. Isso pode ser explicado devido ao fato do organismo poliplóide consumir mais tempo e energia na duplicação do próprio DNA,

o que leva a uma diminuição do número de divisões celulares durante o desenvolvimento, causando retardamento no ciclo mitótico e nos ciclos vitais (VICHATO, 2007). Mergen (1959) descobriu que não só os poliplóides induzidos como também os espontâneos, apresentam crescimento retardado e têm um baixo valor de sobrevivência. Essas desvantagens apresentadas por indivíduos poliplóides podem ser removidas por seleção e hibridização intervarietal (STEBBINS, 1956).

As mudanças causadas pela poliploidia resultam em indivíduos superiores se comparador aos diploides, quanto à morfofisiologia, à capacidade adaptativa e à tolerância a estresses ambientais, tornando o genoma mais flexível e permitindo uma melhor adaptação às alterações ambientais. No entanto, nem sempre indivíduos poliploides são estáveis sob o ponto de vista genético e fenotípico, sendo necessário o monitoramento genético e citogenético desses indivíduos para uma melhor compreensão desse fenômeno e para garantir a sua utilização comercial (PEREIRA et al., 2012).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Descrição da área e do material de estudo

Os poliplóides e clones analisados são provenientes de unidades de plantio da empresa SUZANO PAPEL E CELULOSE S.A. Essas unidades de plantio são classificadas em unidade de manejo 3BP ou 8BP de acordo com suas características edafoclimáticas (Quadro 1). Todas as unidades de plantio encontram-se no estado de São Paulo, nos municípios de Itatinga, Pardinhas e Bofete.

Quadro 1 - Características edafoclimáticas das unidades de manejo (UM) amostradas

UM	Descrição edafoclimática
3BP	Solos com espessura do perfil maior ou igual a 2 metros, no horizonte B estrutura microgranular, textura média (250 a 350 g.kg <sup>-1</sup> de argila); Déficit hídrico inferior a 50mm e excedente hídrico inferior a 800mm; Relevo com espigões digitados, colinas e platôs.
8BP	Solos com espessura do perfil maior ou igual a 2 metros, no horizonte C estrutura microgranular, empilhamento, textura arenosa; Déficit hídrico inferior a 50mm e excedente hídrico inferior a 800 mm; Relevo com espigões, colinas e platôs.

Foram analisados materiais de um poliplóide e 4 clones plantados nas duas unidades de manejo (3BP e 8BP) com idades de 4 e 7 anos, respectivamente. Foram amostradas 5 árvores/tratamento, em um total de 5 tratamentos, o que totaliza 25 indivíduos amostrados (Quadro 2). O espaçamento de todos os tratamentos foi o 3 x 2 metros.

Quadro 2 - Detalhamento dos tratamentos, com suas respectivas unidades de manejo (UM), idade, unidades de plantio (UP) e município

Tratamento	Descrição				
	UM	Idade	UP	Município	Solo*
T1 (Poliplóide)	3BP	4 anos	53D276	Itatinga	LVd2
T25 (Clone)	3BP	7 anos	53C202	Pardinho	RQo1
T26 (Clone)	8BP	7 anos	53D061	Itatinga	RQo2
T27 (Clone)	3BP	7 anos	53D231	Itatinga	RQo2
T29 (Clone)	8BP	7 anos	53B013	Bofete	RQo1

\*LVd2: latossolo vermelho distrófico típico, a moderado ou proeminente, textura argilosa, álico, relevo plano a suavemente ondulado; RQo1: neossolo quartzarênico órtico típico, a moderado álico, relevo suavemente ondulado; RQo2: neossolo quartzarênico órtico glêico a moderado, álico, relevo suave ondulado.

### 3.2 Amostragem da madeira e caracterização anatômica

Após a derrubada das árvores, foram retirados discos à altura do peito (DAP, 1,30 m do solo). Destes discos foram retiradas duas baguetas radiais, das quais foram amostrados quatro corpos de prova medindo 1,5 x 2,0 cm de seção transversal e 2,0 cm na direção longitudinal, retirados em posições equidistantes no sentido medula-casca. O estudo microscópico da madeira foi realizado de acordo com as recomendações da Comissão Pan-americana de Normas Técnicas (COPANT,1974).

Os corpos de prova retirados das baguetas amostradas foram preparados com a orientação precisa das direções radial, tangencial e longitudinal. Depois de preparados, estes foram amolecidos em água à temperatura de ebulição, fixados no micrótomo de deslize para a confecção de cortes histológicos no plano transversal, que foram posteriormente usados no preparo das lâminas temporárias, utilizando uma solução de glicerina e água destilada na proporção de 1:1. Os cortes do plano transversal foram fotomicrografados com uma câmera digital acoplada a um microscópio e o diâmetro tangencial ( $\mu\text{m}$ ) e a frequência ( $\text{n}^\circ. \text{mm}^{-2}$ ) dos vasos foram mensurados por meio do *software* analisador de imagens Axiovision 4.5.

Para a dissociação e posterior mensuração das fibras, seguiu-se o procedimento proposto por Nicholls e Dadswell e descrito por Ramalho (1987), que consiste em retirar lascas finas dos corpos de prova de cada indivíduo, transferi-las

para um frasco com uma solução 1:1 de peróxido de hidrogênio 30% e ácido acético glacial, e submetê-las a uma temperatura controlada de 60°C por 48 horas. Após este período, o material foi lavado com água destilada e as fibras foram coloridas com safranina, para serem usadas no preparo de lâminas histológicas, utilizando a mistura de glicerina e água destilada na proporção de 1:1.

A mensuração do comprimento, largura e o diâmetro do lume das fibras foi realizada da mesma maneira que para os vasos, com o *software* analisador de imagem Axiovision 4.5. A espessura da parede das fibras foi obtida de forma indireta, com o uso da equação 1.

$$Ep = (Df - Dl)/2 \quad (1)$$

Em que: Ep: espessura da parede; Df: diâmetro da fibra; e Dl: diâmetro do lume, em  $\mu\text{m}$ .

### 3.2.1 Relações entre as dimensões das fibras

A partir da mensuração das dimensões das fibras, os índices de qualidade da madeira para a produção de polpa celulósica, apresentados por Burger e Richter (1991) foram calculados, sendo eles o Índice de Runkel, Coeficiente de Flexibilidade de Petri e a Fração Parede (Quadro 3).

Quadro 3 - Equações utilizadas no cálculo dos índices de qualidade das fibras para a produção de papel

Variável	Equação
<b>Coeficiente de Flexibilidade – Cflex (%)</b>	$C_{Flex} = \frac{DL}{LF} \times 100$
<b>Fração parede – FP</b>	$FP = \frac{2 \times EP}{LF}$
<b>Índice de Runkel – IR</b>	$IR = \frac{2 \times EP}{DL}$
Em que: CF: Comprimento das fibras ( $\mu\text{m}$ ); LF: Largura das fibras ( $\mu\text{m}$ ); DL: Diâmetro do lume das fibras ( $\mu\text{m}$ ); EP: Espessura de parede das fibras ( $\mu\text{m}$ ).	

### **3.3 Análise estatística dos dados**

Primeiramente, os resultados foram analisados em relação à média e a dispersão dos resultados em relação à média, expressa pelo desvio padrão.

O experimento foi conduzido sob um delineamento inteiramente casualizado (DIC). Foi realizada a análise de variância (ANOVA) dos tratamentos para todas as variáveis analisadas, utilizando o programa Excel<sup>®</sup>. Para as variáveis que apresentaram diferença significativa entre os tratamentos ( $P \leq 0,05$ ), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 95% de probabilidade.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Dimensões dos vasos

A média para o diâmetro tangencial dos vasos variou de 102,47  $\mu\text{m}$  para o tratamento T29 a 118,30  $\mu\text{m}$  para o tratamento T26 (Tabela 1). No entanto, não houve diferença significativa entre os tratamentos. O valor médio para a frequência dos vasos variou de 6,11 vasos  $\text{mm}^{-2}$  para o tratamento T26 a 10,46 vasos  $\text{mm}^{-2}$  para o tratamento T29. O tratamento T29 mostrou diferença significativa em relação aos demais tratamentos, com exceção do T27, podendo ser considerados os tratamentos que apresentaram a maior frequência de vasos. Segundo Foelkel (2009a) o gênero *Eucalyptus* apresenta em média de 3 a 25 vasos  $\text{mm}^{-2}$  e o diâmetro varia entre 60 a 250  $\mu\text{m}$ . A poliploidia induzida (tratamento T1) pareceu não exercer influência significativa nas variáveis diâmetro e frequência de vasos, assumindo um valor intermediário dentre os tratamentos.

Os resultados permitiram concluir que os tratamentos T29 e T27 não apresentam comportamento favorável para a produção de papel se comparados aos demais, pois apresentam maior frequência de vasos. Isso porque, uma alta frequência de vasos está relacionada a uma menor resistência da madeira (FOELKEL, 2009b).

Leite (2010) verificou valores inferiores de diâmetro vascular para clones de *E. grandis* x *E. urophylla* no estado do Espírito Santo (82,7 a 88,6  $\mu\text{m}$ ) e no estado da Bahia (86,1 a 101,6  $\mu\text{m}$ ), já para a frequência foram observados resultados superiores no Espírito Santo (9,2 a 11,7 vasos  $\text{mm}^{-2}$ ) e na Bahia (11,3 a 16,5 vasos  $\text{mm}^{-2}$ ). Já Alzate (2004), ao caracterizar a estrutura anatômica de clones de *E. grandis* x *E. urophylla* no estado de São Paulo, achou valores mais próximos aos do presente trabalho, diâmetro médio de 103,63  $\mu\text{m}$  e frequência variando de 8 a 13 vasos  $\text{mm}^{-2}$ .

Tabela 1 - Resumo estatístico (média = m; desvio padrão =  $S_x$ ) do diâmetro tangencial (DT) e frequência dos vasos (FV), para a madeira dos cinco tratamentos avaliados.

Tratamentos	Estatística	Dimensões dos vasos	
		DT ( $\mu\text{m}$ )	FV (vasos $\text{mm}^{-2}$ )
T1	m	104,68	7,80 bc
	$S_x$	10,00	1,16
T25	m	117,44	6,37 c
	$S_x$	8,91	0,28
T26	m	118,30	6,11 c
	$S_x$	9,73	0,93
T27	m	105,39	8,93 a
	$S_x$	15,97	1,80
729	m	102,47	10,46 a
	$S_x$	10,17	1,59

Médias seguidas de mesma letra, para cada característica avaliada, não diferem significativamente entre si (Tukey;  $p > 0,05$ ).

#### 4.2 Dimensões das fibras

A média para o comprimento das fibras variou de 822,60 a 985,77  $\mu\text{m}$  para os tratamentos T25 e T27, respectivamente (Tabela 2). Estatisticamente, os tratamentos não diferiram entre si em relação a esta variável ( $P \geq 0,05$ ).

Segundo Silva et al. (2007), o comprimento de fibras da madeira de eucaliptos varia de 750 a 1400  $\mu\text{m}$ , sendo os elementos celulares melhor relacionados com a densidade e a resistência mecânica da madeira. Melo (2004) verificou valores do comprimento médio das fibras de dois clones de *Eucalyptus* entre 1000 a 1090  $\mu\text{m}$ , que são valores superiores aos encontrados no presente trabalho.

Tabela 2 - Resumo estatístico (média= m; desvio padrão = S<sub>x</sub>) do comprimento (CF), largura (LF), diâmetro do lume (DL) e espessura da parede (EP) das fibras, para a madeira dos cinco tratamentos avaliados.

Tratamentos	Estatística	Dimensões das Fibras			
		CF (µm)	LF (µm)	DL (µm)	EP (µm)
T1	m	889,50	23,13	10,40	6,36
	S <sub>x</sub>	95,30	0,54	0,86	0,19
T25	m	860,22	24,59	11,48	6,55
	S <sub>x</sub>	42,02	2,19	2,45	0,25
T26	m	911,52	23,14	11,60	5,77
	S <sub>x</sub>	81,32	0,48	0,72	0,39
T27	m	985,77	24,73	11,77	6,48
	S <sub>x</sub>	36,88	0,49	0,59	0,30
T29	m	926,64	23,20	9,65	6,78
	S <sub>x</sub>	54,25	0,95	1,13	0,50

O comprimento das fibras é uma variável anatômica diretamente proporcional à resistência da madeira. Por isso pode-se inferir que as madeiras analisadas apresentam comportamento indesejável quanto ao fator resistência. No entanto, fibras curtas proporcionam uma melhor absorção da tinta no papel e resultam em uma folha com maior lisura, o que torna as madeiras analisadas desejáveis para a produção de papel para impressão.

Para a largura das fibras, o valor médio entre os tratamentos variou de 23,13 µm para T1 a 24,73 µm para T27. Tomazello Filho (1985) classifica fibras nesta faixa de largura como estreitas. Ele encontrou valores similares para a madeira de *E. grandis* (23 µm) e *E. pilulares* (23 µm) em seu trabalho de caracterização de madeiras do gênero *Eucalyptus*.

O valor médio para o diâmetro do lume das fibras entre os tratamentos variou de 9,65 µm para T29 a 11,77 µm para T27. Tomazello Filho (1985) encontrou valores médios similares em *E. gummifera* (9,5 µm) e *E. pilulares* (11,6 µm). Já para a espessura de parede das fibras, o valor médio encontrado entre os tratamentos variou de 5,77 µm para T26 a 6,78 µm para T29. O valor médio da espessura em folhosas varia de 3 a 5 µm (MIRANDA; CASTELO, 2012), sendo os valores

encontrados para o poliplóide e os clones de *E. grandis* x *E. urophylla* um pouco superiores à essa média. Fibras com paredes mais espessas exigem maior consumo de energia na hora do refino no processo de polpação e conferem menor resistência ao papel.

Estatisticamente ( $p > 0,05$ ), os tratamentos não diferiram entre si para nenhuma dessas variáveis (largura, diâmetro do lume e espessura da parede).

#### 4.2.1 Relações entre as dimensões das fibras

A análise estatística das relações entre as dimensões das fibras, índice de Runkel, coeficiente de flexibilidade e fração da parede, demonstrou que as variáveis apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos ( $P \leq 0,05$ ) (Tabela 3).

Tabela 3 - Resumo estatístico (m = média; desvio padrão =  $S_x$ ) das relações das dimensões das fibras da madeira dos cinco tratamentos analisados.

Tratamentos	Estatística	Relações das dimensões das fibras		
		*IR	*CFlex (%)	*FP
T1	m	1,23 ab	45 ab	0,55 ab
	$S_x$	0,13	0,03	0,03
T25	m	1,18 ab	46 ab	0,54 ab
	$S_x$	0,24	0,05	0,05
T26	m	1,00 b	50 a	0,50 b
	$S_x$	0,13	0,03	0,03
T27	m	1,11 ab	48 ab	0,52 ab
	$S_x$	0,10	0,02	0,02
T29	m	1,42 a	42 b	0,58 a
	$S_x$	0,24	0,04	0,04

\*IR: Índice de Runkel; Cflex: Coeficiente de Flexibilidade; FP: Fração Parede. Médias seguidas de mesma letra, para cada característica avaliada, não diferem significativamente entre si (Tukey;  $p > 0,05$ ).

As médias do índice de Runkel variaram de 1,00 para o tratamento T26, a 1,42, para o tratamento T29. Se comparados aos valores médios encontrados para dois clones de *E. grandis* x *E. urophylla* (0,6 e 0,48) estudados por Menegazzo (2012), os valores deste trabalho podem ser considerados altos. Santos (2005)

também encontrou valores inferiores de índices de Runkel (0,47 a 0,60) para a madeira de *E. grandis* x *E. urophylla*.

Runkel (1952) citado por Rocha et al. (2007), determinou que o índice de Runkel ofereceria um diagnóstico determinante do uso das fibras para papel. Seus valores podem ser enquadrados em cinco grupos, as fibras classificadas no grupo I (até 0,25) são consideradas excelente para papel, do grupo II (0,25 - 0,5) muito boas para papel, no grupo III (0,5 - 1,0) boas para papel, no grupo IV (1,0 - 2,0) regulares para papel e no grupo V (acima de 2,0) não devem ser usadas para papel considerando que o grau de colapso é muito baixo. Os valores encontrados neste trabalho encontram-se no grupo IV, isto é, são considerados de qualidade regular para a produção de papel.

As médias do coeficiente de flexibilidade variam de 42%, para T29, a 50%, para T26. Esses valores podem ser considerados baixos, se comparados aos valores médios encontrados para dois clones de *E. grandis* x *E. urophylla* (62,8 e 67,62%) estudados por Menegazzo (2012). Este autor, citando D'almeida (1988) diz que quanto maior o coeficiente de flexibilidade, mais flexíveis são as fibras e maior é a probabilidade de ligação entre elas, conseqüentemente, aumentam o comprimento de autoruptura e/ou índice de tração. Santos (2005) também encontrou valores superiores de coeficiente de flexibilidade para a madeira de *E. grandis* x *E. urophylla* (62,79 a 67,82%).

Já os valores da fração parede encontram-se na faixa de 50% a 58%, para T26 e T29, respectivamente. Esses tratamentos, apresentaram diferença significativa entre si ( $p \leq 0,05$ ), correspondendo, respectivamente, ao limite inferior e superior desta variável. Os valores encontrados neste trabalho são altos se comparados aos de Santos (2005) e Menegazzo (2012) para a madeira de *E. grandis* x *E. urophylla*. Via de regra, admite-se que quando a fração parede é maior que 40%, as fibras serão extremamente rígidas, pouco flexíveis e haverá dificuldades na interligação das mesmas. Esta relação mantém maior proporcionalidade com resistência ao rasgo e menor com tração, ao arrebatamento e peso específico aparente (FOELKEL e BARRICHELO, 1975 apud MENEGAZZO, 2012). Por isso, pode-se inferir que, em relação à variável fração parede, as madeiras analisadas não apresentam comportamento favorável para a produção de papel.

As relações entre as dimensões das fibras são bastante utilizadas na produção de papel e são mais importantes que a análise das dimensões das fibras de forma isolada, pois se relacionam melhor com as características e propriedades do produto (MENEGAZZO, 2012).

O Índice de Runkel e a fração parede são variáveis relacionadas à rigidez da fibra e se associam diretamente com as propriedades da celulose e do papel, pois o grau de rigidez das fibras exerce efeito nas propriedades mecânicas do papel. O coeficiente de flexibilidade mede o grau de flexibilidade das fibras e sua capacidade de entrelaçamento, sendo também importantes para fabricação de polpa e papel (CASTELO, 2007).

## 5 CONCLUSÃO

O genótipo poliploide não apresentou influência significativa sobre as dimensões de vasos e fibras.

Os vasos das madeiras analisadas apresentaram-se numerosos, sendo que os tratamentos T29 e T27 os que apresentaram maior frequência. Já o diâmetro tangencial não apresentou diferença significativa entre tratamentos.

As madeiras analisadas neste trabalho apresentaram fibras curtas, estreitas, de diâmetro considerável com paredes mais espessas. No entanto, não houve diferença significativa entre tratamentos em relação às dimensões das fibras.

O clone de 7 anos amostrado em um latossolo vermelho distrófico foi o que apresentou maior índice de *Runkel* e fração parede e menor coeficiente de flexibilidade. Porém, todos os tratamentos mostraram comportamento desfavorável para a produção de papel, em relação ao índice de *Runkel*, coeficiente de flexibilidade e fração parede.

Devido à falta de significância entre tratamentos, sugere-se que este ensaio seja repetido com uma população amostral maior, para capturar melhor a variação entre tratamentos.

## 6 REFERÊNCIAS

- ALZATE, S. B. A. **Caracterização da madeira de árvores de clones de *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* e *E. grandis* x *E. urophylla***. 2004. 151f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade Federal de São Paulo, Piracicaba, 2004.
- ALMEIDA, M. de, DIAS, R.Z., BACCARIN, L. de A., ALMEIDA, C.V. de. **Estabelecimento de protocolo para a poliploidização de *Eucalyptus***. In: Simpósio Internacional de Iniciação científica da USP, 21, Piracicaba, 2013.
- ANDRADE, A. S. DE. **Qualidade da madeira, celulose e papel em *Pinus taeda* L.: Influência da idade e classe de produtividade**. 2006. 107f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.
- BIAZUS, A., HORA, A. B. da, LEITE, B. G. P. O potencial de investimento nos setores florestal, de celulose e de papel. IN: **Papel e Celulose: Perspectivas do Investimento (2010-2013)**, BNDES, 2010. Disponível em: [http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes\\_pt/Institucional/Publicacoes/Paginas/perspectivas\\_investimento2010.html](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Publicacoes/Paginas/perspectivas_investimento2010.html). Acesso em: 20 out 2015.
- BOM, P. **Estrutura da Madeira**. Centro Universitário de União da Vitória. 38p. 2011.
- BRACELPA - Associação Brasileira de Celulose e Papel. Publicação mensal – Março 2014. **Conjuntura**. v. 793, n. 1, p. 1–5, 2014.
- BRACELPA - Associação Brasileira de Celulose e Papel. Dados do Setor. **Revista Abinee**, v. Março 2011, n. 60, p. 38–42, 2011.
- BRAZ, R. L., OLIVEIRA, J. T. DA S., ROSADO, A. M., VIDAURRE, G. B., PAES, J. B., TOMAZELLO FILHO, M., LOIOLA, P. L. Caracterização anatômica, física e química da madeira de clones de *Eucalyptus* cultivados em áreas sujeitas à ação de ventos. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 05, n. 02, p. 127-137, 2014.
- BURGER, L.M.; RICHTER, H.G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel S.A., 1991. 154p.

CASTELO, P. A. R. **Avaliação da qualidade da madeira de *Pinus taeda* em diferentes sítios e espaçamentos através do método não destrutivo de ondas de tensão.** 2007, 151f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

CAVALCANTE FILHO, G.J.F. **Indução de poliploidia *in vitro* com aplicação de colchicina em *Heliconia bihai* (L) L.** 64f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011.

CIF – Centro de Inteligência em Floresta. **Eucalipto.** s.d. Disponível em: <http://www.ciflorestas.com.br/texto.php?p=eucalipto>. Acesso em: 20 out 2015.

DIAS, O. A., SIMONELLI, G. Qualidade da madeira para a produção de celulose e papel. **Eciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.9, n.17, 2013.

EMBRAPA FLORESTAS. **Cultivo de Eucalipto.** Disponível em: [www.atividaderural.com.br/artigos/4e8891c190d4e.pdf](http://www.atividaderural.com.br/artigos/4e8891c190d4e.pdf) Acesso em: 20 out 2015.

FANTUZZI NETTO, H. **Qualidade da madeira de eucalipto para produção de celulose Kraft.** 2012. 119f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

TOMAZELLO FILHO, M. Estrutura anatômica da madeira de oito espécies de eucalipto cultivadas no brasil. **Ipef**, v. 29, n. 1914, p. 25–36, 1985.

FOELKEL, C. E. B. **Individualização das fibras da madeira do eucalipto para produção de celulose Kraft.** Grau Celsius, 2009a. Disponível em: [http://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/P16\\_IndividualizacaoFibras.pdf](http://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/P16_IndividualizacaoFibras.pdf). Acesso em: 25 jun. 2016.

FOELKEL, C. E. B. **Elementos de vaso e celulosas de eucalipto.** Grau Celsius, 2009b. Disponível em: [http://www.eucalyptus.com.br/eucaliptosPT04\\_vasos.pdf](http://www.eucalyptus.com.br/eucaliptosPT04_vasos.pdf). Acesso em: 25 jun. 2016.

FOELKEL, C. **Fibras e polpas.** Disponível em: [www.celso-foelkel.com.br/artigos/Palestras/Fibras%20e%20polpas.pdf](http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Palestras/Fibras%20e%20polpas.pdf). Acesso em: 20 out 2015.

GUSTAFSSON, A., MERGEN, F. Some principles of tree cytology and genetics IN: **Unasylyva - No. 73-74 - FAO/IUFRO meeting on forest genetics**, Quebec, v. 18(2-3), 1964.

IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores. **Celulose**. 2015. Disponível em: <http://www.iba.org/pt/produtos/celulose>. Acesso em: 20 out 2015.

KLOCK, U.; MUÑIZ, G. I. B.; HERNANDEZ, J. A.; ANDRADE, A. S. **Química da madeira**. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

MENEGAZZO, M. L. **Características morfológicas de celuloses branqueadas de *Pinus* e *Eucalyptus* em analisador óptico automático de fibras**. 2012. 77f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Faculdade de Ciências Agrômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2012.

MELO, V. M. **Variação nas produtividades da madeira de clones de *Eucalyptus* cultivados em diferentes topografias e sujeitas a tempestade**. 2004. 115f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2004.

MERGEN, F. Colchicine-induced polyploidy in pines. **J. For.** v. 57, p.180-190, 1959.

MIRANDA, M. C. DE, CASTELO, P. A. R. Avaliações anatômicas das fibras da madeira de *Parkia gigantocarpa* Ducke. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 03, n. 02, 2012.

NISGOSKI, S. MUÑIZ, G. I. B. DE, TRIANOSKI, R., MATOS, J. L. M. DE, VENSON, I. Características anatômicas da madeira e índices de resistência do papel de *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake proveniente de plantio experimental. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 94, p. 203-211, 2012.

ODA, S., MELLO, E. J. DE, MENCK, A. L. M., GONZÁLEZ, E. R., SOUZA, I. C. G. DE, SIQUEIRA, L. DE, CARVALHO, C. R. **Induction and identification of polyploidy *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* plants**. (Poster de Conferência). Acacia 2014: Sustaining the Future of Acacia Plantation Forestry, March 18-21, 2014, Hue, Vietnam, 2014, pp. 9.

- PIO, L. A. S. **Indução e identificação de poliploidia em bananeira (*Musa acuminata*, Colla)**. 82f. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.
- PEREIRA, R. C., DAVIDE, L. C., TECHIO, V. H., TIMBÓ, A. L. O. Chromosome doubling of grasses: an alternative to plant breeding, **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.7, p. 1278-1285, 2012.
- PRYOR, L. D. Aspectos da cultura do eucalipto no Brasil. **Ipef**, n.2/3, p. 53-59, 1971.
- QUEIROZ, S.C.S., GOMIDE, J.L., COLODETTE, J.L., OLIVEIRA, R.C. 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. Black. **Revista Árvore**, v. 28, n. 6, p. 901-909, 2004.
- RAMALHO, R. S. **O uso do macerado no estudo anatômico de madeiras**. Viçosa: UFV, 1987.
- ROCHA, C. B. R.; POTIGUARA R. C. V. Morfometria das fibras das folhas de *Astrocaryum murumuru* var. *murumuru* Mart. (ARECACEAE). **Acta Amazônica**, vol.37, no.4, p.511-516, 2007.
- SANTOS, S. R. dos. **Influência da qualidade da madeira de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e do processo Kraft de polpação na qualidade da polpa branqueada**. 2005. 178f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.
- SCHIFINO-WITTMANN, M. T., DALL'AGNOL, M. Indução de poliploidia no melhoramento de plantas. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 9, n. 1-2, p. 155-164, 2003.
- SCHIFINO-WITTMANN, M. T. Poliploidia e seu impacto na origem e evolução das plantas silvestres e cultivadas. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.10, n. 2, p. 151-157, 2004.
- SILVA, J. C. Cresce presença do eucalipto no Brasil. **Revista da Madeira**, n.92, p.61-66, 2005.

SILVA, J. C.; TOMAZELLO FILHO, M.; OLIVEIRA, J. T. S.; CASTRO, V. R. Influência de idade e da posição radial nas dimensões das fibras e dos vasos da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **Árvore**. Viçosa, v.31, n.6, p.1081-1090, 2007.

SIMIONI, C. **Seleção para aumento da produção de gametas não reduzidos e poliploidização sexual em trevo vermelho (*Trifolium pratense* L.)**. 223f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande Sul, Porto Alegre, 2004.

STEBBINS, G.L. Artificial polyploidy as a tool in plant breeding. In: **Genetics in plant breeding**. Brook-haven Symposia in Biology 1956. 1956 pp. 37-52 pp.

VICHIATO, M. R. M. VICHIATO, M., PASQUAL M., CASTRO, D. M. Indução e identificação de tetraplóides em *Dendrobium nobile* Lindl. (Orchidaceae), **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.38, n.4, p.385-390, 2007.