

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**CRESCIMENTO E QUALIDADE DA MADEIRA DE PLANTAS
JOVENS DE HÍBRIDOS DE *Eucalyptus grandis* X *E.*
*urophylla***

**Tseng Yao Hsing
Tecnólogo em Biocombustíveis**

2013

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**CRESCIMENTO E QUALIDADE DA MADEIRA DE PLANTAS
JOVENS DE HÍBRIDOS DE *Eucalyptus grandis* X *E.*
*urophylla***

Tseng Yao Hsing

Orientador: Prof. Dr. Rinaldo César de Paula

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Nadia Figueiredo de Paula

**Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp,
Câmpus de Jaboticabal, como parte das
exigências para a obtenção do título de Mestre
em Agronomia (Gnética e Melhoramento de
Plantas)**

2013

Yao Hsing, Tseng
Y25c Crescimento e qualidade da madeira de plantas jovens de híbridos
de *Eucalyptus grandis* X *E. urophylla* / Tseng Yao Hsing. --
Jaboticabal, 2013
viii, 29 p. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2013
Orientador: Rinaldo César de Paula
Co-orientadora: Nadia Figueiredo de Paula
Banca examinadora: Sergio Valiengo Valeri, Bruno Ettore Pavan
Bibliografia

1. Eucalipto. 2. Produção. 3. Densidade básica da madeira. 4.
Constituintes químicos da madeira I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade
de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 634.0.2

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

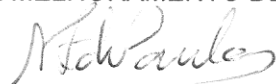
TÍTULO: CRESCIMENTO E QUALIDADE DA MADEIRA DE PLANTAS JOVENS DE HÍBRIDOS DE *Eucalyptus grandis* X *E. urophylla*

AUTOR: TSENG YAO HSING

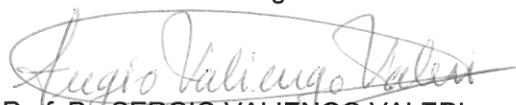
ORIENTADOR: Prof. Dr. RINALDO CESAR DE PAULA

CO-ORIENTADORA: Profa. Dra. NADIA FIGUEIREDO DE PAULA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA (GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS) , pela Comissão Examinadora:



Profa. Dra. NADIA FIGUEIREDO DE PAULA
Faculdade de Tecnologia de Jaboticabal / Jaboticabal/SP



Prof. Dr. SERGIO VALIENGO VALERI
Departamento de Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal



Prof. Dr. BRUNO ETTORE PAVAN
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Data da realização: 25 de novembro de 2013.

O Mestre disse: “Se o Homem Nobre não é grave, não pode ter autoridade; ao estudar, não terá convicção. [Deve] considerar lealdade e confiabilidade o principal. Não deve fazer amizade com pessoas que não sejam como ele próprio. Se comete erros, não deve ter medo de corrigi-los”.

Confúcio – Os Analectos

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

TSENG YAO HSING– Filho de Tseng Hui Ping e Li Hsiu Shih, nasceu aos 29 dias do mês de abril do ano de 1988, na cidade de Tainan, Taiwan. É Tecnólogo em Biocombustíveis, formado pela Faculdade de Tecnologia de Jaboticabal, tendo concluído o curso no mês de julho de 2011. Iniciou o curso de Mestrado em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas), na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, da Universidade Estadual Paulista (FCAV/UNESP), em agosto de 2011, sendo bolsista da Capes.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer ao Professor Rinaldo, sempre como um pai, está firme e presente em todos os momentos para orientar e educar.

À Professora Nádia, sempre como uma mãe, está o tempo todo dedicando a sua imensa atenção e carinho.

Aos meus pais e minha irmã que sempre me deram apoio em todos momentos.

Às minhas amigas, Aretha, Milene, Regiane e Laís, que sempre foram presentes nos momentos de alegria e de dificuldade.

Aos amigos do laboratório, Hélio, Rafael, Antônio, Danilo e Camila que dedicaram seus tempos para o auxílio da realização do experimento.

Ao Roberto Carlos que auxiliou no corte das árvores.

A todos os professores e à FCAV pela oportunidade.

Com certeza não é possível escrever todo o meu agradecimento dentro desse espaço, portanto, talvez a forma mais correta seja agradecer a Deus, por tudo e por todos.

Gratidão!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	v
ABSTRACT	vi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Melhoramento Florestal.....	3
2.2 Qualidade da Madeira.....	5
2.2.1 Densidade básica da madeira.....	5
2.2.2 Constituintes químicos da madeira.....	7
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	11
3.1 Descrição do Experimento e Características do Meio Físico.....	11
3.2 Determinação da Densidade Básica da Madeira e da Casca e da Biomassa dos Componentes das Árvores.....	13
3.3 Determinações Químicas da Madeira.....	14
3.3.1. Teor de extrativos.....	14
3.3.2. Teor de cinzas.....	14
3.3.3. Teor de lignina.....	14
3.3.4. Teor de celulose total e holocelulose.....	15
3.5 Análises Estatísticas.....	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
4.1 Características de Crescimento e Produção.....	16
4.2 Densidade Básica da Madeira em Diferentes Posições da Árvore.....	20
4.3. Características Químicas da Madeira.....	23
5. CONCLUSÕES.....	27
6. REFERÊNCIAS	28

CRESCIMENTO E QUALIDADE DA MADEIRA DE PLANTAS JOVENS DE HÍBRIDOS DE *Eucalyptus grandis* X *E. urophylla*

RESUMO - O presente trabalho visou avaliar a produção e caracterizar a madeira de cinco híbridos de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* (C1, C2, C3, C4 e C5), com 2,25 anos de idade, como subsídios ao desenvolvimento de programas de melhoramento de eucalipto. O experimento foi implantado no espaçamento 3,5 x 2 m, no delineamento em blocos casualizados, com 35 repetições de uma planta ("single tree plot"). Foi avaliado o diâmetro à altura do peito (DAP) de todas as plantas do experimento e a partir desta avaliação foram abatidas quatro repetições de cada clone, com DAP em torno da média. Essas árvores foram seccionadas de metro em metro para a cubagem rigorosa (determinação do volume com e sem casca) e obtidos discos de 5 cm de espessura ao longo do fuste (DAP, e a 0, 25, 50, 75 e 100% do comprimento do fuste) para determinação da densidade básica da madeira, da biomassa de madeira e de casca e para caracterização química da madeira (teor de extrativos, teor de lignina e celulose total, holocelulose e teor de cinzas). Também foi quantificada a biomassa de galhos e folhas. Os dados foram submetidos à análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os clones de *E. grandis* x *E. urophylla* diferem entre si, com destaque para o C5 com maior produção. A densidade básica da madeira é maior na base da árvore, com valores semelhantes nas demais posições do tronco. Dentre os clones, o C5 apresenta densidade básica superior ao C3 e C4, e o C2 também tem densidade superior ao C3. As características químicas da madeira variam pouco entre os clones. O clone 5 é promissor para continuidade em programas de melhoramento por apresentar tendência de superioridade aos demais clones avaliados. Apesar da idade jovem de avaliação do experimento, 2,25 anos, os clones demonstram bom potencial produtivo em Jaboticabal, SP.

Palavras-chave: eucalipto, produtividade, densidade básica da madeira, constituintes químicos da madeira.

GROWTH AND QUALITY OF YOUNG PLANTS WOOD FROM *Eucalyptus grandis* *X E. urophylla* HYBRIDS

ABSTRACT - The present study aimed to evaluate the production and to characterization of wood from five hybrids of *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* (2.25 years old) with application in development of eucalypt improvement program. The experiment was implemented in 3.5 x 2 meters spacing in a randomized block design with 35 replications of a plant (single tree plot). We evaluated all plants with a diameter at breast height (DBH) in the experiment. From this evaluation four replicates of each clone were sampled in the average DBH. These trees were cut on each meter to guarantee rigorous cubage (volume was calculated with and without bark). Besides it was obtained discs along the stem (DBH, and 0, 25, 50, 75 and 100% of stem length) for the determination of wood density, biomass and wood bark and chemical characterization of wood (percentage of extractives, lignin and total cellulose, holocellulose and ash content). Was also quantified the biomass of branches and leaves. Data were subjected to analysis of variance and comparison of means by Tukey's test at 5% probability. Clones of *E. grandis* x *E. urophylla* exhibited different growth highlighting the C5 with greater production. The wood density was higher in the base of tree, but it was verified similar values in other positions of the stem. Among the clones, the basic density of C5 was higher than C3 e C4 and the C2 was higher than C3. The chemical wood characteristics has showed little variation among the clones. The C5 is promising to continue in breeding programs by presenting trend of superiority to the other clones. Despite the evaluation have been performed on young plants, 2.25 years, the clones have demonstrated satisfactory reproductive potential in Jaboticabal, São Paulo state, Brazil.

Keywords: eucalyptus, productivity, wood density, chemical constituents of wood.

1. INTRODUÇÃO

As florestas sempre estiveram presentes na vida do homem ao longo da história da humanidade, tanto com o fornecimento de produtos como de serviços ambientais. Com o passar do tempo e a evolução da sociedade, das suas necessidades, e dos processos industriais, as florestas foram sendo suprimidas para dar lugar a outras formas de uso do solo, ou manejadas de modo a ofertar os seus produtos, mantendo, em certa medida, a sua capacidade de produzir serviços ambientais (MOREIRA, 2011).

O eucalipto (*Eucalyptus* sp.) é originário da Austrália e ilhas vizinhas e obteve boa adaptação às condições edafoclimáticas brasileiras, sendo que seus primeiros cultivos, em escala econômica, foram iniciados por Edmundo Navarro de Andrade, no início do século XIX, cujo objetivo compreendia fornecermadeira, para uso como combustível para as locomotivas a vapor e para produção de dormentes, para as ferrovias. No entanto, somente a partir do final da década de 1960 e início da década de 1970 é que o cultivo do eucalipto teve um desenvolvimento significativo, impulsionado por incentivos fiscais (Lei nº 5.106/66: Lei de Incentivos Fiscal a Empreendimentos Florestais) e pela Lei nº 4.771/65 (Antigo Código Florestal Brasileiro), promovendo assim, um avanço na silvicultura brasileira (ARAÚJO; FONSECA; HENDGES, 2010).

A cadeia produtiva do setor brasileiro de base florestal associado às florestas plantadas caracteriza-se pela grande diversidade de produtos, compreendendo a produção, a colheita e o transporte de madeira, além da obtenção dos produtos finais nos segmentos industriais de Papel e Celulose, Painéis de Madeira Industrializada, Madeira Processada Mecanicamente, Siderurgia a Carvão Vegetal e Biomassa, entre outros. Em 2012, a área ocupada por plantios florestais de *Eucalyptus* e *Pinus* no Brasil totalizou 6.664.812 ha, sendo 76,6% correspondente à área de plantios de *Eucalyptus* e 23,4% de plantios de *Pinus* (ABRAF, 2013).

No âmbito social, as atividades da cadeia produtiva do setor contribuíram para a geração de 4,4 milhões de empregos e para um investimento de BRL 149,0 milhões em programas de inclusão social, educação e meio ambiente, beneficiando

1,3 milhão de pessoas e aproximadamente mil municípios localizados nas regiões de influência das empresas, consolidando o setor brasileiro de base florestal como indutor de desenvolvimento econômico e social do país. Em 2012, os tributos arrecadados pelo setor florestal corresponderam a 7,6 bilhões de reais (0,5% da arrecadação nacional). O saldo da balança comercial da indústria nacional de base florestal ampliou a sua participação no superávit da balança comercial nacional de 19,1% para 28,1% (ABRAF, 2013).

Diante da importância nacional e internacional do setor florestal brasileiro, a necessidade da busca de novas tecnologias, que promovam a agilidade e a qualidade na produção, se tornam indispensáveis para o mercado florestal. Com isso, as pesquisas e os estudos para apoiar o avanço do setor são fundamentais nesse momento.

Neste sentido, o presente trabalho teve por objetivo estimar a produção e avaliar a constituição química da madeira de plantas jovens de *Eucalyptus grandis* X *E. urophylla* como subsídios para a o desenvolvimento de programas de melhoramento com espécies do gênero *Eucalyptus*.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Melhoramento Florestal

Os programas de melhoramento genético florestal constituem-se em ferramentas estratégicas para a silvicultura intensiva. No Brasil, a maioria das empresas florestais tem nos programas de melhoramento florestal uma atividade regular, atribuindo-se a estes programas boa parte do sucesso da silvicultura nacional, notadamente aquela pautada em espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*. Cabe ao melhoramento florestal, definir os genótipos mais adequados às condições ecológicas de atuação das empresas de acordo com o objetivo final de uso da madeira ou de qualquer matéria-prima em específico.

Por tratar-se de espécies de ciclo longo e perenes, o melhoramento florestal demanda muito tempo e recursos para a sua implementação e consolidação, o que exige por parte dos melhoristas florestais grande atenção na identificação correta dos genótipos superiores. Assim, num primeiro momento, nos programas de melhoramento florestal houve a preocupação básica com a adaptação das principais espécies e procedências e com o aumento da produtividade, principalmente, em termos de aumento de volume e, posteriormente, ao aumento de biomassa florestal. Num passado mais recente, outras características foram incorporadas aos programas de melhoramento florestal, a exemplo da tolerância a estresses bióticos e abióticos e caracteres de qualidade da madeira (PAULA; PAULA; MARINO, 2012). Desta forma, o melhoramento genético aplicado, por exemplo, ao gênero *Eucalyptus*, é uma das principais opções para o aumento simultâneo da produção e da qualidade da madeira devida a variabilidade inter e intra-específica presentes no gênero associadas a diferentes propriedades anatômicas, físicas, mecânicas e químicas da madeira (BOTREL et al., 2007). De acordo com estes autores, outros pontos fundamentais na implementação de um programa de melhoramento são a existência de variabilidade e o grau de controle genético na expressão das características de interesse.

Como nem sempre as espécies florestais mais produtivas são as de melhor qualidade da madeira, a hibridação interespecífica assume papel de destaque na

área florestal, visto que esta busca a complementaridade de características de crescimento e produção com as características tecnológicas da madeira, de tolerância a estresses bióticos e abióticos, bem como a manifestação de heterose, como verificado em vários cruzamentos híbridos (ASSIS; MAFIA, 2007). Uma vez obtidas combinações híbridas favoráveis, os indivíduos superiores podem ser multiplicados, com certa facilidade, via propagação vegetativa. Diante disto, a clonagem associada à hibridação, tem-se constituído na forma adequada de fixação das características de interesse, garantindo uniformidade no plantio com ganhos percebidos em toda a cadeia produtiva (PAULA; PAULA; MARINO, 2012).

Conforme já comentado, um dos maiores entraves no desenvolvimento de programas de melhoramento florestal é o número de anos para se completar um ciclo seletivo. Para diminuir o tempo gasto em cada ciclo de seleção e melhoramento florestal, a identificação e seleção de genótipos superiores nos primeiros anos de produção assume grande importância. Esta alternativa é denominada no melhoramento como seleção precoce e tem sido tema de várias pesquisas conduzidas em diferentes países, inclusive no Brasil, as quais evidenciam ser a seleção precoce viável (REZENDE; BERTOLUCCI; RAMALHO, 1994; XIANG; LI; ISIK, 2002; DEAN; STONECYPHER, 2006; WENG et al., 2007; MASSARO et al., 2010). Para que a seleção precoce possa ser praticada é importante que seja monitorado, em algumas situações, o crescimento e caracteres de qualidade da madeira em diferentes idades, desde as mais jovens até a idade de rotação, para se conhecer a variação destas características ao longo do ciclo da cultura. Assim, a avaliação de caracteres de crescimento das árvores e químicos da madeira em idades jovens poderá permitir a identificação de características das árvores em idade juvenil que estejam relacionadas com aquelas de interesse econômico na fase de rotação, isto é, predizer nas árvores em estádios o mais juvenil possível o desempenho de um indivíduo adulto, diminuindo assim o tempo para se completar um ciclo de seleção, resultando em maior ganho genético por unidade de tempo (PEREIRA et al., 1997; GONÇALVES et al., 1998).

Como na maioria dos programas de melhoramento florestal buscou-se o aumento da produtividade, é possível que a seleção para qualidade da madeira, de forma indireta e não intencional, tenha atuado pouco, o que garantiria, a princípio, a existência de grande variabilidade para os caracteres que definem a qualidade da madeira para um dado objetivo possibilitando, por outro lado, a obtenção de ganhos consideráveis nos programas de melhoramento florestal.

2.2 Qualidade da Madeira

A madeira é um material heterogêneo, possuindo diferentes tipos de células, adaptadas a desempenharem funções específicas. Numa descrição geral, a madeira é constituída primordialmente por células alongadas, cilíndricas, ocas e fechadas nas extremidades denominadas fibras, as quais correspondem de 60 a 95% do volume da madeira. Outros tipos de células também encontrados na madeira são, principalmente, os elementos de vasos e as células de parênquima (GOMIDE; COLODETTE, 2007).

A qualidade dos produtos derivados da madeira está intimamente associada à qualidade da própria madeira que é usada para a sua produção que, por sua vez, depende de um conjunto de características químicas, físicas, mecânicas e anatômicas da mesma. Essas propriedades, ao serem adequadamente avaliadas, são parâmetros indicativos que auxiliam no emprego de determinada espécie vegetal para um fim específico. A densidade básica e a constituição química estão entre os principais critérios de seleção da madeira para diversas finalidades (FREDERICO, 2009).

2.2.1 Densidade básica da madeira

A densidade básica da madeira é uma característica de grande importância nas indústrias siderúrgicas, conferindo maior poder calorífico ao carvão vegetal, e de celulose, onde exerce forte influência no consumo específico (m^3 de madeira/tonelada de celulose), e também nas propriedades e qualidade da polpa. É uma característica muito utilizada em programas de melhoramento florestal e na seleção de árvores, por causa da alta herdabilidade e da relativa facilidade de determinação (FERNANDES et al., 2011)

A densidade básica é uma característica complexa da madeira, pois, varia entre espécies, entre árvores de mesma espécie, radial e longitudinalmente numa mesma árvore ao longo do tronco, com a idade das árvores, espaçamento e local dos plantios (MOKFIENSKI et al., 2003)

Em estudo com *E. grandis*, avaliados aos 24, 36 e 72 meses de idade, foi observado que a densidade básica, as dimensões das fibras e o diâmetro tangencial dos vasos do lenho das árvores, aumentaram com o avanço da idade e que o comportamento e as variações observadas nestas características, até 72 meses de idade, indicam que o meristema cambial está formando o lenho juvenil (SETTE JÚNIOR et al., 2012). Para estes autores, o aumento da densidade do lenho ocorre em função das alterações do meristema cambial e das exigências mecânico-fisiológicas resultantes do processo de desenvolvimento das árvores, representadas pelo aumento da espessura da parede das fibras e redução da frequência e do número de vasos, à medida que é formado o lenho adulto no tronco das árvores de eucalipto.

Apesar da densidade ter aumentado com a idade em árvores de *E. saligna*, observou-se uma tendência de redução da taxa de incremento da densidade básica com o avanço da idade. Isso pode ser explicado perfeitamente, pois apesar das células estarem, ainda, aumentando a espessura de suas paredes e, conseqüentemente, aumentando a largura das fibras, outras características como comprimento e diâmetro do lúmen, que possuem tendência semelhante à densidade básica, contribuem para a ocorrência desse fenômeno. Também, pelo fato dos teores de lignina e de holocelulose tenderem à estabilização (TRUGILHO; LIMA; MENDES, 1996). Esses autores também observaram que a relação funcional entre a densidade básica e o teor de extrativos totais foi não significativa, o que sugere que, apesar da densidade básica sofrer influência de alguns tipos de extrativos, especialmente daqueles de elevado peso molecular, não é indicado estimar a densidade básica levando-se em consideração a informação contida somente na quantidade de extrativos totais da madeira. Pode-se, ainda, observar que as características que mais influenciaram a estimativa da densidade básica foram o comprimento e a espessura da parede da fibra e os teores de holocelulose e de lignina da madeira.

Ao avaliar a madeira de *E. grandis* e *E. urophylla* com 34, 48, 61, 74 e 86 meses de idade, Santana (2009) verificou que a densidade básica tendeu a aumentar com a idade, porém ocorreu estabilização entre 74 e 86 meses de idade, o

que pode representar o início de um período de transição de mudança entre a fase juvenil e adulta.

Em *E. grandis* a densidade aumentou não só em função da idade, mas também em função da variação radial, no sentido medula-casca (SILVA et al., 2005).

2.2.2 Constituintes químicos da madeira

Quimicamente, a madeira pode ser definida como um biopolímero tridimensional, formado por celulose, hemicelulose e lignina, e uma menor quantidade de extrativos e materiais inorgânicos (SANTOS, 2008).

A celulose é um polissacarídeo de cadeia linear consistindo única e exclusivamente de unidades de D-glicopiranoses unidas por ligações β do tipo (1-4) e possui estrutura organizada e parcialmente cristalina (GOMIDE; COLODETTE, 2007). É o principal componente da parede celular dos vegetais, e o mais abundante composto orgânico da natureza. Nos vegetais superiores aparece, principalmente, sob a forma de fibras, ao lado de outros componentes fundamentais e acidentais (TRUGILHO; LIMA; MENDES, 1996).

As hemiceluloses são polissacarídeos das paredes celulares, de baixo peso molecular, sempre associadas à lignina e à celulose. São constituídas de vários açúcares e ácidos unidos por diferentes tipos de ligações químicas, formando estruturas ramificadas e amorfas. A função primária das hemiceluloses não é completamente compreendida. É possível que elas sirvam como um intermediário entre celulose e lignina, talvez facilitando a incrustação das microfibrilas (GOMIDE; COLODETTE, 2007).

A lignina é outro componente estrutural da madeira, a qual está presente entre células individuais e dentro da parede celular. Dentro da parede celular, ela está intimamente associada com celulose e hemicelulose, dando rigidez à célula (BOWYER; SHMULSKY; HAYGREEN, 2007). Quimicamente, é um material heterogêneo, ramificado, amorfo e polifenólico, oriundo de uma polimerização desidrogenativa de três monômeros de fenilpropanóides, os alcoóis p-cumarílico, coniferílico e sinapílico mediada por uma enzima. A lignina apresenta um conteúdo

de carbono cerca de 50% maior que o encontrado nos polissacarídeos, apresentando alto potencial para produção de energia (VITAL; CARNEIRO; PEREIRA, 2013).

Os extrativos são componentes da madeira não pertencentes à parede celular, de baixo ou médio peso molecular, extraíveis em água e, ou, solventes orgânicos neutros. Alguns extrativos, porém, podem ser de alto peso molecular, como os taninos. De acordo com Gomide e Colodette (2007), os extrativos exercem um papel importante na utilização da madeira, pois influenciam suas propriedades físicas, além de, em alguns casos, promoverem efeito estético devido à coloração e resistência a fungos e insetos, pela sua natureza fenólica. Os extrativos tem reconhecida importância em várias situações, atuam como componentes complementares e apresentam grande variabilidade em sua quantidade e constituição (FREDERICO, 2009).

Normalmente há grandes variações nas composições químicas, físicas e anatômicas da madeira entre espécies, embora dentro da mesma espécie elas também ocorram, em função principalmente da idade, fatores genéticos e ambientais. Dentro de uma mesma espécie, ocorrem variações significativas ao longo do tronco, tanto no sentido da base ao topo, quanto na direção da medula até a casca. Além disso, existem diferenças entre o cerne e o alburno, madeira de início e fim de estação de crescimento e, em escala microscópica, entre células individuais (TRUGILHO; LIMA; MENDES, 1996).

De maneira geral, a madeira apresenta uma rápida elevação dos valores de densidade e comprimento de fibra, dentre outros, da fase juvenil até atingirem a maturidade, onde os valores permanecem mais ou menos constantes. Na fase juvenil, a taxa de incorporação de biomassa é crescente, tendendo a se estabilizar, quando a árvore atinge a fase adulta. Essa taxa de variação da biomassa seca sintetizada com a idade é chamada de ritmo de crescimento, e depende dos fatores genéticos, edáficos e climáticos (TRUGILHO; LIMA; MENDES, 1996).

Em diversos estudos têm sido encontrados padrões diferentes de alteração dos constituintes químicos ao longo tempo. Por exemplo, em árvores de *E. saligna*, avaliadas aos 12, 24, 36 e 48 meses, foi observada redução nos teores de cinzas, extrativos totais e de lignina e aumento nos teores de holocelulose, porém com

tendência de estabilização entre 36 e 48 meses da idade. Isto está relacionado com o início da formação da madeira adulta, sendo que a elevação do gradiente de variação dentro da zona juvenil tende a diminuir com o passar do tempo, demonstrando que as características químicas da madeira estão sujeitas a grandes variações iniciais na madeira juvenil, tendendo a valores mais estáveis, na madeira adulta (TRUGILHO; LIMA; MENDES, 1996)

Em madeira de eucalipto o teor de glicanas e, conseqüentemente o de celulose, bem como o de extrativos, tendem a aumentar com a idade das árvores (MORAIS, 2008). Em clones de *Eucalyptus* spp. houve diminuição do teor de holocelulose com o aumento da idade. Esse fenômeno é benéfico para a produção de carvão vegetal e para a combustão direta da madeira, uma vez que a celulose e as hemiceluloses são mais instáveis termicamente e resultam em menor rendimento gravimétrico em carvão vegetal (NEVES et al., 2013).

Resultados semelhantes foram obtidos por Silva et al. (2005), que observaram em *E. grandis* com 10, 14, 20 e 25 anos de idade, que o teor de holocelulose apresentou tendência inversamente proporcional à idade. Por outro lado, Santana (2009), estudando *E. grandis* e *E. urophylla* com 34, 48, 61, 74 e 86 meses de idade, concluiu que os teores de holocelulose e de lignina total variaram pouco com a idade das árvores.

Silva et al. (2005), estudando *E. grandis* de 10, 14, 20 e 25 anos de idade, observaram um aumento sistemático do teor de lignina total da madeira com a idade, havendo uma tendência de estabilização, após certa idade da árvore; também verificaram que o teor de extrativos aumentou com a idade e no sentido base–topo, porém com tendência de estabilização a partir 20 anos. Porém, Trugilho, Lima e Mendes (1996) observaram que em *E. saligna* avaliado aos 12, 24, 36 e 48 meses de idade, ocorre uma redução nos teores de lignina com o aumento da idade da árvore, encontrando também correlação negativa do teor de lignina com a densidade básica e com o teor de holocelulose, sugerindo que madeiras mais densas teriam menores teores lignina. Estes autores, observaram ainda redução linear do teor de extrativos com o aumento da idade.

Avaliando um clone de *E. grandis* e um de *E. grandis* x *E. urophylla*, Morais (2008) observou tendência de queda no teor de extrativos com o aumento da idade

até os cinco anos e elevação após esta idade. Esta mudança na tendência de queda se deve ao processo conhecido como cernificação, que é a deposição de extrativos com conseqüente formação do cerne. O autor ressalta que nos clones avaliados, o processo de cernificação se intensifica a partir dos cinco anos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Descrição do Experimento e Características do Meio Físico

Foi avaliado um experimento envolvendo cinco clones de eucaliptos (híbridos de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*), implantando em 27 de abril de 2010 no espaçamento 3,5 x 2 m, no município de Jaboticabal-SP, em área localizada a 21°13'55" S e 48°16'48" O e altitude média de 604 m. O clima do local é do tipo Cwa, segundo a classificação de Koppen, com valores médios anuais de precipitação de 1425 mm, temperatura de 22,2 °C e 75% de umidade relativa. O solo é classificado como Latossolo Vermelho distrófico, típico, textura argilosa (ANDRIOLI; CENTURION, 1999). O preparo do solo constituiu da eliminação da cultura anterior, gradagem e abertura de sulcos. Após a análise química do solo (Tabela 1), realizou-se a adubação de plantio que consistiu na aplicação de 100 g de superfosfato simples por planta. Aos 180 dias após o plantio aplicou-se em cobertura, 50 g de cloreto de potássio e 50 g de ureia por planta.

Tabela 1. Resultados da análise química de uma amostra composta de solo (0 – 20 cm) coletado no local do experimento.

pH (CaCl ₂)	MO	P resina	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al	Al ³⁺	SB	T	V
	(g.dm ⁻³)	(mg.dm ⁻³)				(mmol.c.dm ⁻³)				
6,5	17	29	1,4	44	24	12	0	69,0	81,0	85

O experimento foi estabelecido no delineamento em blocos casualizados, com 35 repetições de uma planta ("single tree plot"), totalizando 175 plantas.

Em 21 de julho de 2012 (2,25 anos de idade), após avaliação do diâmetro à altura do peito (DAP) de todas as plantas do experimento, foram amostradas quatro repetições de cada clone, com DAP em torno da média, totalizando o abate de 20 árvores do experimento (Figura 1).



FIGURA 1 - Híbridos de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* com 27 meses de idade (2,25 anos).

Para a amostragem da madeira, inicialmente mediu-se o DAP das 20 árvores que, após derrubadas tiveram determinadas a altura total (m) e a comprimento do fuste (m), este definido como o comprimento do fuste desde a base até o diâmetro com casca igual a 4 cm. As árvores foram destopadas, desganhadas e seccionadas de metro em metro para cubagem rigorosa. Após a medição do diâmetro com e sem casca ao longo do fuste, foram retirados seis discos de aproximadamente 5 cm de espessura correspondentes a 0%, 25%, 50%, 75% e 100% do comprimento do fuste ena altura do DAP.

Os discos foram divididos, sendo uma parte destinada para determinação da densidade da madeira e outra para análises químicas. A parte destinada à análise química foi moída em moinho tipo Willey.

Ainda no campo, todas as árvores foram desfolhadas e desganhadas e determinadas a massa de matéria fresca de folhas e de galhos. Amostras de folhas e de galhos foram tomadas, acondicionadas em sacos de plásticos, que foram vedados e levados ao laboratório para determinação da massa de matéria fresca da amostra. Posteriormente, essas amostras foram transferidas para sacos de papel e secas em estufa de ventilação forçada a 65 °C por 7 dias para a determinação da massa de matéria seca.

Para a cubagem rigorosa do fuste, foi usada a fórmula de Smallian, dada pela seguinte expressão (SOARES; PAULA NETO; SOUZA, 2006):

$$V_{fuste} = \frac{\pi}{8} l \left[\sum d_e^2 + 2 \left(\sum d_i^2 \right) \right] + \frac{\pi}{8} l_n (d_{n-1}^2 + d_n^2)$$

Em que:

d_e = diâmetro nas extremidades (ou externos, ou extremos);

d_i = diâmetros internos (ou intermediários)

l = comprimento dos toretes (1 m)

l_n = comprimento do último torete, variável de árvore para árvore.

De posse dos valores de diâmetro com e sem casca ao longo do fuste, determinou-se o volume come sem casca e, por diferença entre estes, o volume de casca.

3.2 Determinação da Densidade Básica da Madeira e da Casca e da Biomassa dos Componentes das Árvores

A densidade da madeira e da casca foram determinadas pelo método da imersão em água, de acordo com Vital (1984), em quatro repetições, ao longo do fuste, correspondentes aos pontos de retiradas dos discos, ou seja, a 0, 25, 50, 75 e 100% da altura comercial e no DAP.

De posse dos valores de densidade e dos volumes do fuste sem casca e de casca, obteve-se a biomassa do lenho sem casca e a biomassa de casca.

A biomassa de folhas foi determinada por regra de três a partir dos valores de massa de matéria fresca total de folhas e da massa de matéria fresca e seca da amostra. De forma semelhante obteve-se a biomassa de galhos.

A biomassa total da árvore foi obtida a partir do somatório das biomassas do lenho, da casca, das folhas e dos galhos.

3.3 Determinações Químicas da Madeira

3.3.1 Teor de extrativos

Para determinação do teor de extrativos, tomou-se 1 g de amostra seca que após acondicionados em cartuchos de papel de filtro foram pesados e levados para ferver em água por 30 min. Após esse tempo a água foi eliminada e substituída por outra, repetindo-se o procedimento por três vezes. Após essa extração em água, os cartuchos com amostras foram levados à extração em solução com tolueno e álcool etílico (1:2 v/v). Depois o material foi lavado com água deionizada quente e mantido em estufa a 105 °C até massa constante. Os cartuchos foram então retirados da estufa esfriados em dessecador e pesados.

3.3.2 Teor de cinzas

Amostras de 5 g de madeira moída foram colocadas em cadinhos de porcelana, secos e pesados, e levada à mufla a 525 °C. Após o material entrar em combustão, aguardou-se o fim das chamas e a mufla foi fechada. Depois de 2 h 30 a mufla foi desligada, os cadinhos retirados, esfriados em dessecador e pesados.

3.3.3. Teor de lignina

Amostras compostas a partir de madeira oriunda de todas as posições de amostragem das árvores (0, 25, 50, 75 e 100% do comprimento do fuste e no DAP), foram picadas e moídas conforme a norma TAPPI T 257 cm-85 (1996) e preparadas conforme TAPPI T 264 om-88 (1996).

Após eliminação dos extrativos, o teor de lignina foi determinado pelo método Klason, modificado de acordo com o procedimento proposto por Gomide e Demuner (1986).

3.3.4 Teores de celulose total e de holocelulose

A celulose total foi determinada segundo método descrito em Santos e Sangígolo (2000). As amostras de madeira moída foram levadas a refluxo com solução de ácido nítrico-ácido acético glacial por 25 min. Depois de esfriadas as amostras foram filtradas em funil de Buchner previamente tarado, lavadas com cerca de 500 mL de água quente e em seguida com 25 mL de etanol. O cadinho foi levado à estufa a 105 °C até massa constante e posteriormente pesado.

O teor de holocelulose (HOLO) foi obtido por diferença em relação ao total (100%), conforme a expressão: $HOLO = 100 - \text{LIG-T} - \text{EXT} - \text{Cinzas}$, em que LIG-T corresponde ao teor de lignina total, EXT – teor de extrativos e Cinzas – teor de cinzas.

3.6 Análises Estatísticas

Os dados de crescimento, produção e dos constituintes químicos da madeira foram submetidos à análise de variância e teste F , segundo o delineamento de blocos ao acaso, com cinco tratamentos (clones) e quatro repetições. Os dados de densidade básica da madeira ao longo do tronco, foram submetidos à análise de variância e teste F , segundo o delineamento de blocos ao acaso, em esquema fatorial 5 x 6 (cinco clones e seis posições de amostragem ao longo do tronco) e quatro repetições. As médias de clones, e posições de amostragem ao longo do tronco para a densidade básica da madeira, foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Características de Crescimento e Produção

Houve diferenças entre os clones para todas as características avaliadas, à exceção do volume de casca (VCasca) e da biomassa de folhas (Tabelas 1 e 2). De uma maneira geral, o clone 5 apresenta-se como superior, os clones 4 e 2 como intermediários e os clones 3 e 1 como de desempenho inferiores.

Tabela 1 – Resumo da análise de variância para os caracteres altura total (HT, m), comprimento do fuste (CF, m), diâmetro à altura do peito (DAP, cm) e volume do fuste ($m^3\text{árvore}^{-1}$) com casca (VCC) e sem casca (VSC) e volume de casca (VCasca), em cinco clones de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* aos 2,25 anos de idade. Jaboticabal, 2012.

FV	Valores de F					
	HT	CF	DAP	VCC	VSC	VCasca
Clone	4,91*	6,23**	4,37*	4,56*	4,91*	3,03 ^{ns}
CV(%)	6,47	10,35	10,35	28,05	26,94	36,92
Média	14,97	11,55	11,48	0,0738	0,0632	0,0107
Média	Médias de clones ¹					
1	13,70 b	9,91 b	10,00 b	0,0478 b	0,0418 b	0,0060
2	15,68 ab	11,90 ab	11,75 ab	0,0863 ab	0,0731 ab	0,0132
3	13,95 ab	10,06 b	10,43 ab	0,0557 ab	0,0477 b	0,0081
4	15,46 ab	12,81 a	12,31 ab	0,0776 ab	0,0653 ab	0,0124
5	16,08 a	13,06 a	12,93 a	0,1018 a	0,0882 a	0,0137

^{ns} – valor não significativo a 5%; * e ** - valor significativo a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste F.

¹ - médias seguidas por uma mesma letra, para cada característica, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

As estimativas dos coeficientes de variação (CV, %) estão dentro da faixa normalmente encontrada na literatura (TOLFO et al. 2005; MASSARO et al. 2010; MAGALHÃES et al., 2012), e coerentes com as características avaliadas, com valores superiores para as características de volume e biomassa (Tabelas 1 e 2). Isto se deve, em parte, à forma como essas características foram obtidas, em geral, a partir de outras características avaliadas diretamente nas árvores, a exemplo dos

valores de biomassa do lenho, resultante do produto entre o volume sem casca pela densidade básica da madeira.

Tabela 2 – Resumo da análise de variância para os caracteres biomassa (kg árvore^{-1}) do componentes da árvore, em cinco clones de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* aos 2,25 anos de idade. Jaboticabal, 2012.

Fonte de Variação	Valores de F				
	Biomassa (kg árvore^{-1})				
	Lenho	Casca	Folhas	Galhos	Total
Clone	4,95*	3,92*	2,05 ^{ns}	5,41**	4,79*
CV(%)	29,71	34,08	25,61	21,66	27,17
Média	28,737	4,062	4,851	6,072	43,722
Clones	Médias				
1	18,607 b	2,082 b	4,066	4,736 b	29,490 b
2	33,772 ab	4,814 ab	4,972	5,777 ab	49,334 ab
3	20,517 b	3,299 ab	3,992	5,547 b	33,354 b
4	29,208 ab	4,572 ab	5,044	5,585 b	44,409 ab
5	41,584 a	5,545 a	6,182	8,714 a	62,024 a

^{ns} – valor não significativo a 5%; * e ** - valor significativo a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste F.

¹- médias seguidas por uma mesma letra, para cada característica, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Apesar de jovem, o experimento apresentou bom desempenho, demonstrando a boa adaptação e potencial dos clones ao local. A média do diâmetro a altura do peito (DAP) e do comprimento do fuste (CF) de vários clones de *Eucalyptus* spp, na região de Luiz Antônio (SP), com 6 anos de idade foi 20,70 cm e de 22 m, respectivamente, representando quase o dobro dos valores aqui encontrados (TOLFO et al., 2005). Avaliando a qualidade da madeira de clones de *Eucalyptus*, aos 55 e 67 meses de idade, para a produção de bioenergia, Neves et al. (2013) observaram que a média do DAP variou de 15,44 a 18,57 cm, da altura total (HT) de 18,85 a 23,95 m e de CF de 15,10 a 21,07 m, aos 4,5 anos de idade; aos 5,5 anos, a variação foi de 14,56 a 19,64 cm, para o DAP, de 18,87 a 26,47 m para HT e de 16,77 m a 24,45 m para CF. Massaro et al. (2010), avaliando dois testes clonais em Luiz Antônio (SP), encontraram aos 25 meses de idade valores médios de DAP, altura e de volume, respectivamente, de 10,92 cm, 13,91 m e $0,0627 \text{ m}^3 \text{ árvore}^{-1}$, num teste clonal, e de 10,21 cm, 11,91 m e $0,0400 \text{ m}^3 \text{ árvore}^{-1}$, no outro teste, valores semelhantes aos encontrados no presente trabalho. Também,

Santana (2009) estudando o crescimento de um clone de *E. grandis* x *E. urophylla* aos 34, 48, 61, 74 e 86 meses de idade, encontrou que o DAP variou de 12,42 a 16,56 cm e a altura de 21,29 a 24,77 m entre as idades de 34 e 86 meses.

Vários fatores podem afetar o crescimento e a produtividade do eucalipto, a exemplo do genótipo, do espaçamento de plantio, do tipo de solo e clima e a própria idade da floresta, dentre outros. Apesar de alguns trabalhos não terem encontrado efeito do espaçamento de plantio no crescimento em altura de plantas de eucalipto (MAGALHÃES et al., 2006) para o DAP e volume por árvore, em geral, há uma redução nestas características com o adensamento de plantio (MAGALHÃES et al., 2006). Desta forma, os trabalhos citados anteriormente servem para demonstrar o potencial de crescimento dos cinco híbridos de *E. grandis* x *E. urophylla* na região de Jaboticabal, SP.

Quanto aos valores de biomassa, o C5 apresentou de maneira geral, valores superiores aos clones C1 e C3, sendo o C2 e C4 de comportamento intermediário (Tabela 2). A biomassa do tronco (lenho + casca) variou de 12,257 $\text{tha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ para o C1 a 27,921 $\text{tha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ para o C5, com média de 19,432 $\text{tha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ entre os cinco clones. Esses valores são comparáveis aos obtidos por Santana (2009), com um híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla*, aos 34 meses de idade, que foi de 15,17 $\text{tha}^{-1}\text{ano}^{-1}$, no espaçamento 3 x 2,8 m.

Em termos percentuais, a casca representa 14,5% do volume do tronco, porém 12,4% da sua biomassa. A variação entre os clones foi de 12,5% no C1 a 15,9% no C4, em termos de volume, e de 10,1% no C1 a 13,8% no C3 para biomassa (Figuras 2 e 3). A participação percentual média na biomassa total foi de 65,7% do lenho, 9,3% da casca, 11,1% das folhas e 13,9% de galhos, o que representa em termos de biomassa aérea 75% para o tronco e 25% para a copa. Dos cinco clones, o C1 apresentou menor porcentagem de casca e maiores de folhas e galhos, sendo, portanto, o de maior proporção de copa na parte aérea; por outro lado, o C4 apresentou a menor proporção de biomassa de copa (21,4%) e, portanto, a maior de tronco (78,6%); apesar de não ser o clone de maior destaque em termos de produtividade, a menor proporção de copa para o C4 pode indicar que o mesmo é eficiente na conversão dos recursos disponíveis na produção de madeira e, portanto, permanecendo esta

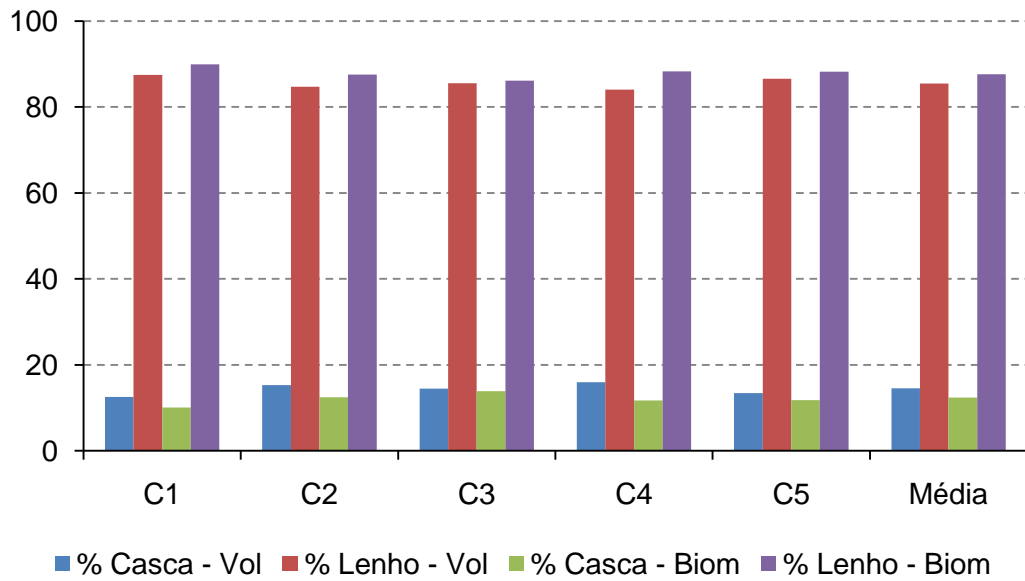


Figura 2 – Participação percentual de casca e lenho, na produção em volume (Vol) e em biomassa (Biom), de cinco clones de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* e na média dos cinco clones, aos 2,25 anos de idade. Jaboticabal-SP, 2012.

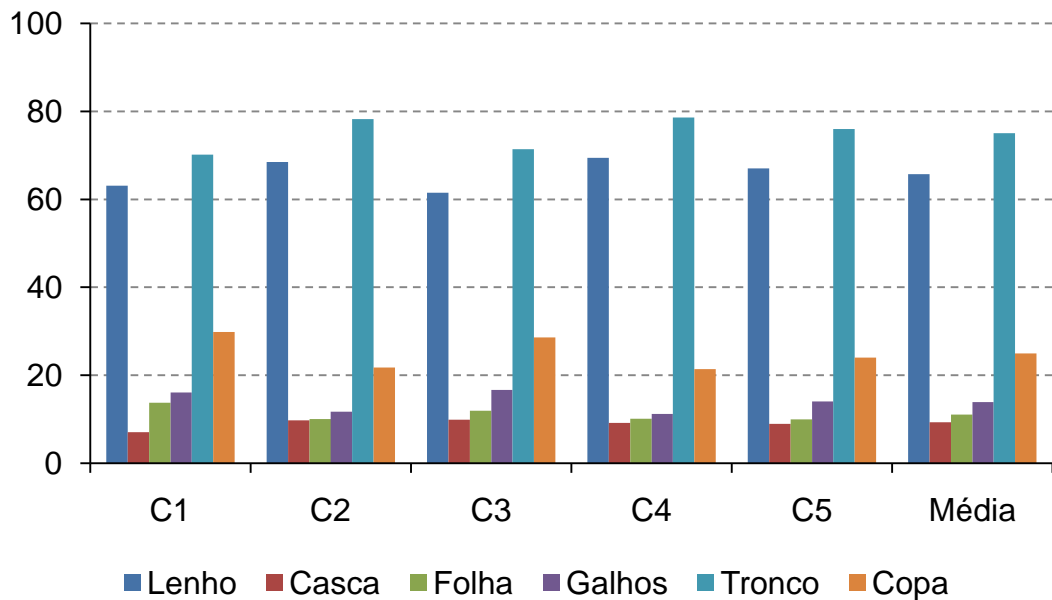


Figura 3 – Participação percentual de lenho, casca, folhas, galhos, tronco (lenho + casca) e copa (folhas + galhos), na produção em biomassa, de cinco clones de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* e na média dos cinco clones, aos 2,25 anos de idade. Jaboticabal-SP, 2012.

tendência, este clone pode ser importante em um programa de melhoramento. O C5, de maior produtividade, apresentou 76% de tronco e 24% de copa (Figura 3). Considerando-se que o experimento encontra-se em uma idade jovem, a tendência é que a participação percentual de folhas e galhos diminua com a idade da floresta, em detrimento do aumento da participação do tronco, conforme observado por Santana et al. (2008).

4.2. Densidade Básica da Madeira em Diferentes Posições da Árvore

Houve diferenças significativas na densidade básica da madeira entre clones e entre as posições de amostragem ao longo do tronco, porém a interação entre estes fatores foi não significativa. Diferenças entre clones ocorreram entre o C5 com o C3 e C4 e entre o C2 e C3; entre as posições de amostragem, houve diferenças apenas entre a densidade básica na base em relação aos demais pontos de amostragem ao longo do tronco (Tabela 3). De uma forma geral, os valores de densidade básica da madeira estão coerentes com os obtidos em outros trabalhos, com idades semelhantes. Avaliando a densidade básica, ao nível do DAP, em seis clones de *E. grandis* x *E. urophylla*, plantados em quatro locais, com 3 anos de idade, Gouvêa et al. (2011) encontraram que a densidade média foi de $0,444 \text{ gcm}^{-3}$, com variação de $0,377$ a $0,470 \text{ gcm}^{-3}$ entre os clones. Ao analisarem a influência da idade em diferentes características da madeira de *E. saligna*, Trugilho, Lima e Mendes(1996) observaram que a densidade básica da madeira aumentou de $0,375 \text{ gcm}^{-3}$ para $0,518 \text{ gcm}^{-3}$, dos 12 para os 48 meses de idade. Sette Junior et al. (2012) observaram aumento na densidade básica da madeira de *E. grandis* de $0,43$ para $0,46 \text{ gcm}^{-3}$ dos 24 para os 72 meses de idade, sendo que este aumento foi acompanhado por aumento no diâmetro tangencial e redução na área ocupada e na frequência dos vasos no lenho.

Os clones apresentaram padrões diferentes de variação da densidade básica ao longo do tronco (Figura 4), porém, todos apresentaram maiores valores de densidade na base. O C1 e C3 apresentaram valores pouco variáveis a partir de 25% da altura comercial; o C2 reduziu a densidade de 0 para 25% da altura, com aumento de 25 para 50% e novamente redução a

Tabela 3 – Resumo da análise de variância para densidade básica da madeira (g cm^{-3}), ao longo do tronco de cinco clones de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* aos 2,25 anos de idade. Jaboticabal, 2012.

Fonte de Variação	Valores de "F"
Clone (C)	5,81**
Posição (P)	8,75**
C x P	0,74 ^{ns}
CV (%)	7,52
Média	0,449

Clone	Posição ao longo do tronco (% da altura comercial)					DAP	Média
	0%	25%	50%	75%	100%		
1	0,481	0,438	0,434	0,437	0,452	0,480	0,445 abc
2	0,518	0,432	0,469	0,460	0,431	0,449	0,460 ab
3	0,475	0,418	0,412	0,417	0,431	0,417	0,429 c
4	0,462	0,440	0,410	0,454	0,434	0,443	0,441 bc
5	0,532	0,467	0,442	0,472	0,445	0,466	0,471 a
Média	0,494 A	0,439 B	0,434 B	0,448 B	0,439 B	0,441 B	

^{ns} – valor não significativo a 5%; ** - valor significativo 1% pelo teste F.

Médias seguidas por uma mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si ($P > 0,05$) pelo teste de Tukey.

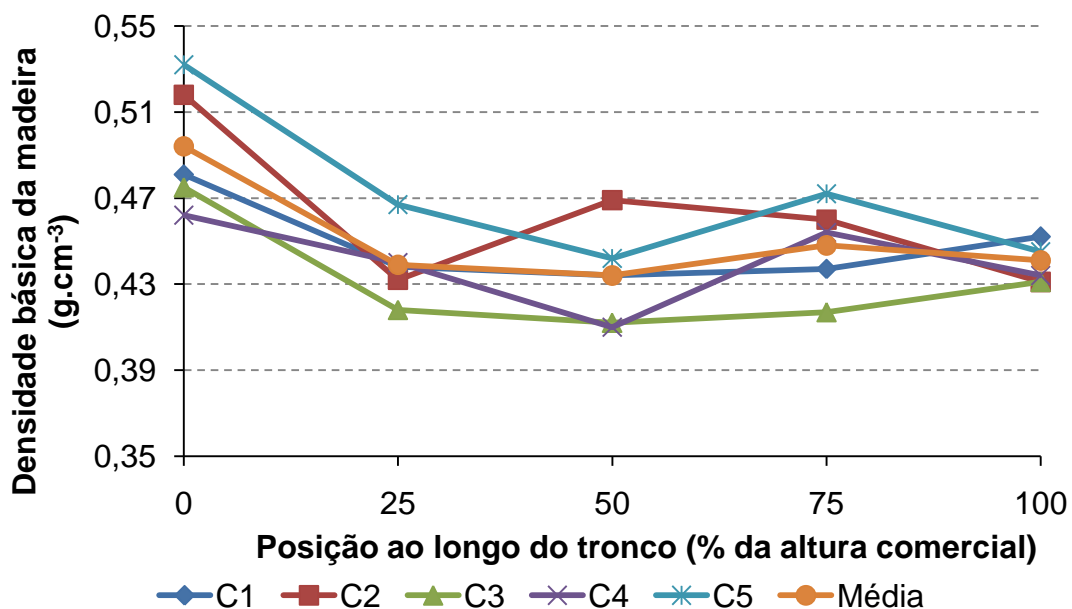


Figura 4 – Variação da densidade básica da madeira ao longo do tronco em cinco clones de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* e na média dos cinco clones, aos 2,25 anos de idade. Jaboticabal-SP, 2012.

partir de 50% da altura comercial; o C4 e C5 apresentaram redução da base até 50% com aumento entre 50 e 75% seguidos de nova redução de 75 para 100% da altura comercial. Na média dos cinco clones, o maior valor de densidade ocorreu na base, sem haver grandes variações entre 25 e 100% da altura comercial.

Diferenças de densidade básica ocorrem devido às diferenças na estrutura celular, principalmente na espessura da parede celular (Bowling, 1963 citado por SANTANA, 2009), e diâmetro do lumen, além da composição química da madeira, por exemplo, quanto aos teores de holocelulose, lignina e de extrativos (TRUGILHO; LIMA, MENDES, 1996). Neste sentido, maiores valores de densidade básica da madeira são encontrados em genótipos com maior espessura da parede celular, menor diâmetro de células e menor lumen (VITAL, 1984; SETTE JUNIOR et al., 2012) e, dentro de certos limites, com menores teores de holocelulose e extrativos e maiores de lignina (TRUGILHO; LIMA, MENDES, 1996).

Os valores médios de densidade básica encontrados neste trabalho indicam que os clones avaliados tem boa qualidade da madeira, apesar da idade jovem do povoamento. Ainda, tem-se observado que a densidade da madeira aumenta, dentro de certos limites, com a idade das árvores. De acordo com Sette Junior et al. (2012), este aumento ocorre em função das alterações do meristema cambial e das exigências mecânico-fisiológicas resultantes do processo de desenvolvimento das árvores, representadas pelo aumento da espessura da parede das fibras e redução da frequência e do número de vasos, à medida em que o lenho adulto é formado.

As propriedades do lenho variam entre gêneros, espécies, árvores e ao longo do tronco, tanto no sentido longitudinal quanto no radial (SILVA et al., 2004). Segundo Kollmann e Côté (1968), citados por Sette Juniores et al. (2012), as variações da densidade estão relacionadas às diferenças na estrutura anatômica do lenho e na quantidade de substâncias extrativas presentes por unidade de volume em razão principalmente, da idade da árvore, genótipo, índice de sítio, clima, localização geográfica e tratamentos silviculturais, porém não há consenso na forma como esta variação ocorre. Assim, pode ocorrer pelo menos três padrões de variação da densidade básica da madeira ao longo do tronco: (i) decrescente uniformemente com a altura, (ii) decrescente até certo ponto e crescente daí até o topo da árvore e (iii) crescente da base para o topo, não obedecendo a um padrão uniforme de

variação (Panshin; Zeeuw, 1970, citados por SETTE JUNIOR et al., 2012). Sette Junior et al. (2012) encontraram para *E. grandis* que a densidade básica da madeira, avaliada aos 24, 36 e 72 meses de idade, decresceu da base até a porção intermediária, aumentando a partir daí até o ápice do tronco, resultados em parte concordantes com os obtidos no presente trabalho. Por outro lado, Gonçalves (2006) encontrou que a densidade apresentou tendência de aumento linear, tanto no sentido medula-casca, quanto com a altura de árvores de um híbrido de *E. urophylla* x *E. grandis*, com 70 e 166 meses de idade.

4.3. Características Químicas

Não houve diferença entre os clones quanto às propriedades químicas da madeira, à exceção do teor de lignina solúvel - LIG-S (Tabela 4). A proporção entre os principais constituintes químicos da madeira varia significativamente entre classes de plantas, dentro de gêneros, dentro de espécies e dentro de uma mesma árvore além de ser afetada também por variações de microclima, de solo, de precipitação, de adubação e de idade da árvore, dentre outros (GOMIDE; COLODETTE, 2007).

Os teores de celulose, em média 49%, foram superiores àqueles encontrado por Morais (2008) em dois clones de híbridos *E. grandis* x *urophylla* com um (39,2%) e três anos de idade (42,4%). Os valores encontrados estão mais próximos aos obtidos por Gomide et al. (2005), também em clones de *E. grandis* x *urophylla*, entre 44,1 e 49,7%, e por Ferreira et al. (2006), 46,7 a 49,7%, em híbridos com 7 anos. Uma das funções da celulose é estrutural, sendo o principal componente da parede celular dos vegetais, portanto grande quantidade de celulose é requerida para que as árvores cresçam.

Os teores de holocelulose estão na mesma faixa encontrada em madeiras de maior idade em híbridos de *E. urophylla* x *E. grandis*. Por exemplo, Ferreira et al. (2006) encontraram de 64,4 a 70,3% de holocelulose em árvores entre 7 e 9 anos de idade. Alencar et al. (2001), obtiveram 67,54% de holocelulose aos 6 anos e Gomide et al. (2005), de 64,5 a 70,2%, aos 7 anos de idade. Isso evidencia que a porcentagem de holocelulose na madeira é alcançada ainda jovem e não varia muito ao longo do tempo. Alguns autores avaliando esta característica tem observado uma

tendência de estabilização com o aumento da idade. Santana (2009) estudando híbridos de *E. urophylla* x *E. grandis*, com 34, 48, 61,76 e 86 meses de idade, observou que dentro desse período os teores de holocelulose mantiveram-se estáveis. Trugilho, Lima e Mendes (1996) também observaram esta tendência de estabilização dos teores de holocelulose entre 12 e 48 meses em *E. camaldulensis*, e concluíram que isso demonstra que as características químicas da madeira estão sujeitas a grandes variações iniciais na madeira juvenil, tendendo a valores mais estáveis, na madeira adulta.

Tabela 4 – Resumo da análise de variância para os teores (%) de celulose (CEL), de holocelulose (HOLO), de lignina insolúvel (LIG-I), lignina solúvel (LIG-S), lignina total (LIG-T=LIG-I+LIG-S), de extrativos (EXT) e de cinzas (Cinzas) na madeira de cinco clones de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* aos 2,25 anos de idade. Jaboticabal, 2012.

FV	Valores de "F"						
	CEL	HOLO	LIG-I	LIG-S	LIG-T	EXT	Cinzas
Clone	3,32 ^{ns}	1,56 ^{ns}	1,05 ^{ns}	9,78 ^{**}	1,04 ^{ns}	1,29 ^{ns}	0,43 ^{ns}
CV(%)	3,80	3,95	9,64	8,19	9,58	20,70	21,76
Média	49,04	71,15	21,55	0,169	21,72	6,45	3,39
Clones			Média	de Clones			
1	50,12	72,33	20,85	0,159 bc	21,01	5,95	0,70
2	49,42	70,60	22,40	0,155 bc	22,55	6,21	0,64
3	49,90	71,58	21,17	0,149 b	21,32	6,47	0,63
4	49,75	68,39	22,93	0,184 ab	23,11	7,75	0,75
5	46,04	72,82	20,41	0,199 a	20,61	5,89	0,68

^{ns} – valor não significativo a 5%; ^{**} - valor significativo a 1% pelo teste F.

¹ - médias seguidas por uma mesma letra, para cada característica, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Entretanto, os teores de lignina obtidos neste trabalho encontram-se abaixo tanto de madeiras mais velhas quanto de mais jovens, encontrados em outros trabalhos com híbridos de *E. urophylla* x *E. grandis*. Alencar et al. (2001), obtiveram 28,18% de lignina aos 6 anos, São Teago (2012) encontrou 29% aos 6,25 anos, Gomide et al. (2005) encontraram de 27,5 a 31,7% aos 7 anos; Ferreira et al. (2006), também em árvores com 7 anos, encontraram 29,5%, Tolfo et al. (2005), avaliando

diferentes clones de *E. grandis* x *E. urophylla*, com 6 anos, encontraram em média 30,36% de lignina e Morais (2008), encontrou teores de lignina de 30,70 e 31,63% em madeira de 1 e 3 anos, respectivamente. De acordo com Trugilho, Lima e Mendes (1996), em geral, árvores mais jovens apresentam maior teor de lignina por apresentarem maior proporção de madeira juvenil.

Os teores de extrativos estão significativamente acima da faixa encontrada por outros autores que varia de 1,09 a 4,28% (ALENCAR et al. 2001; TOLFO et al., 2005; FERREIRA et al., 2006; SÃO TEAGO, 2012). O alto teor de extrativos também contraria o fato de que na madeira avaliada é visível a baixa proporção de cerne em relação ao alburno. Sabe-se que o processo de cernificação (transformação de alburno em cerne) é caracterizado, entre outras coisas, pelo acúmulo de extrativos. Portanto, numa madeira com baixa proporção de cerne normalmente há menor teor de extrativos. A divergência entre esses resultados poderia ser devido à diferenças nas formas de extração dos extrativos ou aos tipos de solventes utilizados.

Os teores de cinzas, embora ligeiramente superiores aos encontrados em outros trabalhos, por exemplo, 0,3 a 0,5% em árvores de 1 e 3 anos (MORAIS, 2008) e 0,22 e 0,70 em madeira de 1 e 4 anos de idade (TRUGILHO; LIMA; MENDES, 1996) podem ser explicados, pois as árvores avaliadas encontram-se ainda em fase de crescimento, fase na qual o metabolismo mais acelerado demanda maior quantidade de minerais. Em muitos trabalhos tem-se observado uma redução nos teores de cinzas com o aumento da idade (MORAIS, 2008; SANTANA, 2009). Isto ocorre porque com o avanço da idade a redução do ritmo de crescimento diminui a atividade fisiológica, reduzindo ou mantendo estável a demanda por materiais inorgânicos.

Para Morais (2008), há uma forte correlação entre idade da árvore e os componentes químicos da madeira, sendo que os teores de lignina, hemicelulose e cinzas seguem uma ordem decrescente e os de celulose, extrativos e densidade básica uma ordem crescente com a idade.

Ao analisarem a influência da idade em diferentes características da madeira de *E. saligna*, Trugilho, Lima e Mendes(1996) observaram que a densidade básica da madeira e o teor de holocelulose aumentaram, respectivamente, de 0,375 gcm⁻³ para 0,518 gcm⁻³ e de 68,52% para 72,48%, dos 12 para aos 48 meses de idade.

Por outro lado, houve redução nos teores de cinzas de 0,70% para 0,22%, de extrativos de 5,24% para 3,68% e de lignina de 27,04 para 24,49%.

Contudo, resultados opostos a estes foram obtidos por Silva et al. (2005) em que os teores de extrativos e de lignina apresentaram tendência de aumento com a idade. Ressalta-se, porém, que a idade das árvores avaliadas por estes autores variaram entre 10 e 25 anos, portanto, bem superiores às idades das árvores nos trabalhos anteriormente citados. Assim, observa-se que a composição química da madeira de eucalipto apresenta comportamento variável com a idade, o que pode estar associado com a espécie, local do plantio e a própria idade de avaliação.

De acordo com Foekel (2009) diferenças significativas encontradas em relação à composição química das madeiras de eucaliptos provavelmente devem-se em parte às diferenças em metodologias, na forma de se amostrar a madeira e também de como os resultados são relatados (base madeira original ou base madeira isenta de extrativos).

Enfim, uma série de fatores exerce influência sobre as características químicas da árvore, dentre eles a idade, os fatores genéticos e as condições do ambiente, de forma que deve-se monitorar estas características ao longo da rotação florestal, para praticar seleção na idade adequada visando-se a obtenção de estimativas de ganhos genéticos confiáveis e a identificação correta dos genótipos superiores para continuidade nos programas de melhoramento.

5. CONCLUSÕES

Os clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* diferem quanto ao crescimento, densidade, produção e pouco quanto às características químicas da madeira, sendo o clone 5 o mais promissor para região de Jaboticabal, SP.

6. REFERÊNCIAS

ABRAF – Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. 2013. **Anuário Estatístico da ABRAF 2013 ano base 2012**. 146p.

ALENCAR, G.S.B.; BARRICHELO, L.E.G.; SILVA JUNIOR, F.G. Qualidade da madeira de híbrido de *Eucalyptus grandis* x *E.urophylla* e seleção precoce In: 34º Congresso Anual. ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 6 p., 2001. Disponível em: <http://www.celso-foelkel.com.br/artigos_outros22.html>. Acesso em: 06 setembro 2013.

ANDRIOLI, I.; CENTURION, J. F. Levantamento detalhado dos solos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27., 1999, Brasília, DF. Resumos... Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. CD-ROM.

ARAÚJO, A. R. A.; FONSECA, F. S. T.; HENDGES T. L. Análise de Viabilidade Econômica da Produção de Eucalipto na Cidade de Balsas-MA para a Geração de Energia. **Revista Científica da Faculdade de Balsas** . Ano I, n. 1, 2010.

ASSIS, T.F.; MAFIA, R.G. Hibridação e clonagem. In: BORÉM, A. (Ed.) **Biotecnologia florestal**. Viçosa: Suprema Gráfica e Editora Ltda. 2007. p.93-121.

BOTREL, M. C. G.; TRUGILHO, P. F. S.; ROSADO, C. S.; SILVA, J. R. M. S. Melhoramento genético das propriedades do carvão vegetal de *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 391-398, 2007.

BOWYER, J. L.; SHMULSKY, R.; HAYGREEN, J. G. **Forest products and wood science: an introduction**. Ames-Iowa: 2007. Blackwell Publishing. 558p.

DEAN, C. A.; STONECYPHER R. W. Early selection of Douglas-Fir across South Central Coastal Oregon, USA. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 55, n. 3, p. 135-141, 2006.

FERNANDES, E. F.; GOMIDE, J. L.; COLODETTE, J. L.; FERREIRA, M. Z. Influência da produtividade de clones híbridos de eucalipto na densidade da madeira e na polpação Kraft. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 90, p. 143-150, jun. 2011.

FERREIRA, C. R.; FANTINI JUNIOR, M.; COLODETTE, J. L.; GOMIDE, J. L.; CARVALHO, A. M. M. L. Avaliação tecnológica de clones de eucalipto: parte 1 - qualidade da madeira para produção de celulose Kraft. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 70, p. 161-170, abr. 2006.

FOELKEL, C.E.B. **Individualização das fibras da madeira do eucalipto para a produção de celulose kraft**. 2009. Disponível em: <<http://www.eucalyptus.com.br>>. Acesso em: 02 setembro 2013.

FREDERICO, P. G. U. **Efeito da região e da madeira de eucalipto nas propriedades do carvão vegetal**. 2009. 85 f. (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

GOMIDE, J. L.; COLODETTE, J. L. Qualidade da madeira. In: BORÉM, A. (Ed.). **Biotecnologia florestal**. Viçosa-MG: 2007. p. 25-54.

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

GOMIDE, J. L.; DEMUNER, B. J. Determinação do teor de lignina em material lenhoso: método Klason modificado. **O papel**, v. 47, n. 8, p. 36-38, 1986.

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

GONÇALVES, J. L. M.; VAN RAIJ, B.; GONÇALVES, J. Q. Florestas. In: VAN RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. p. 247-259. (Boletim Técnico, 100)

GONÇALVES, P. S.; BORTOLETTO, N.; FONSECA, F. S., BATAGLIA, O. C.; ORTOLANI, A. A. Early selection for growth vigor in rubber tree genotypes in northwestern São Paulo State (Brazil). **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 21, n. 4, p. 1-15, 1998.

GOUVÊA, A. F. G.; TRUGILHO, P. F.; GOMIDE, J. L.; SILVA, J. R. M.; ANDRADE, C. R. ; ALVES, I. C. N. Determinação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus* por diferentes métodos não destrutivos. **Revista Árvore**, Viçosa, v.35, n.2, p.349-358, 2011.

MAGALHÃES, W. M.; MACEDO, R. L. G., VENTURIM, N.; HIGASHIKAWA, E. M., YOSHITANI JÚNIOR, M. Desempenho silvicultural de espécies de *Eucalyptus* spp. em quatro espaçamentos de plantio na região noroeste de Minas Gerais. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, V.12, n.2, p. 01 - 07, 2006

MASSARO, R. A. M.; BONINE, C. A. V.; SCARPINATI, E. A.; PAULA, R. C. Viabilidade de aplicação da seleção precoce em testes clonais de *Eucalyptus* spp. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 20, n. 4, p. 597-609, 2010

MOKFIENSKI, A.; GOMIDE, J. L.; COLODETTE, J. L.; OLIVEIRA, R. C. Importância da densidade e do teor de carboidratos totais da madeira de eucalipto no desempenho da linha de fibra. In: COLÓQUIO INTERNACIONAL SOBRE CELULOSE KRAFT DE EUCALIPTO, 2003, Viçosa. **Anais...** Viçosa: 2003. p. 15-28

MORAIS, P. H. D. **Efeito da idade da madeira de eucalipto na sua química e polpabilidade, e branqueabilidade e propriedades físicas da polpa.** 2008. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

MOREIRA, J. M. M. A. P. Potencial e participação das florestas na matriz energética. **Pesq. flor. bras.**, Colombo, v. 31, n. 68, p. 363-372, abr./jun. 2011

NEVES, T. A.; PROTÁSIO, T. P.; TRUGUILHO, P. F.; VALLE, M. L. A.; SOUZA, L. C.; VIEIRA, C. M. M. Qualidade da madeira de clones de *Eucalyptus* em diferentes idades para a produção de bioenergia. **Revista Ciências Agrárias**, Lavras-MG , v. 56, n. 2, p. 139-148, 2013.

PAULA, R.C.; PAULA, N.F.; MARINO, C.L. Breeding Perennial Species for Abiotic Stress. In: FRITSCHÉ-NETO, R.; BORÉM, A. **Plant Breeding for Abiotic Stress Tolerance**. Springer, 2012, p.157-172.

PEREIRA, A. B.; MARQUES JÚNIOR, O. G.; RAMALHO, M. A. P.; ALTHOFT, P. Eficiência da seleção precoce em famílias de meios-irmãos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn., avaliadas na região noroeste do estado de Minas Gerais. **Cerne**, Lavras, v. 3, n. 1, p. 67-81, 1997.

REZENDE, G. D. S. P.; BERTOLUCCI, F. L. G.; RAMALHO, M. A. P. Eficiência da seleção precoce na recomendação de clones de eucalipto avaliados no norte do Espírito Santo e sul da Bahia. **Cerne**, Lavras, v. 1, n. 1, p. 45-50, 1994.

SANTANA, W. M. **Crescimento, produção e propriedades da madeira de um clone de *Eucalyptus grandis* e *E. urophylla* com enfoque energético**. 2009. 95 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

SANTANA, R. C.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; LEITE, H. G.; COMERFORD, N. B. Alocação de nutrientes em plantios de eucalipto no Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, número especial, p. 2724-2734, 2008.

SANTOS, C. R., SANSÍGOLO, C. A. Métodos não-normatizados para determinação de celulose como parâmetro de seleção de árvores matrizes visando a produção de polpa Kraft-AQ. **Iberoamerican Congress on Pulp and Paper**, 2000, 13p. 2000

SANTOS, I. D. **Influência dos teores de lignina, holocelulose e extrativos na densidade básica, contração da madeira e nos rendimentos e densidade do carvão vegetal de cinco espécies lenhosas do cerrado**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

SÃO TEAGO, G. B. **Qualidade das madeiras de acácia e eucalipto provenientes de cultivo misto visando a produção de celulose**. 2012. 111 P. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2012.

SETTE JUNIOR, C. R.; OLIVEIRA, I. R.; TOMAZELLO FILHO, M.; YAMAJI, F. M.; LACLAU, J. P. Efeito da idade e posição de amostragem na densidade e características anatômicas da madeira de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa-MG , v.36, n.6, p.1183-1190, 2012.

SILVA, J. C; MATOS, J.L.M.; OLIVEIRA, J.T.S.; EVANGELISTA, W.V. Influência da idade e da posição ao longo do tronco na composição química da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa- MG, v. 29, n. 3, p. 455-460, 2005.

SILVA, J.C.; OLIVEIRA, J.T.S.; TOMAZELLO FILHO, M.; KEINERT JUNIOR, S.; MATOS, J.L.M. Influência da idade e da posição radial na massa específica da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Revista Floresta**, v.34, n.1, p.13-22, 2004.

SOARES, C.P.B.; PAULO NETO, F.; SOUZA, A.L. **Dendrometria e inventário florestal**. Viçosa: Ed. UFV, 2006. 276p.

TAPPI - **Technical Association of the Pulp and Paper Industry**. TAPPI test methods T 264 om-88: preparation of wood for chemical analysis. Atlanta: Tappi Technology Park, 1996.

TAPPI - **Technical Association of the Pulp and Paper Industry**. TAPPI test methods T 257 cm-85: sampling and preparing wood for analysis. Atlanta: Tappi Technology Park, 1996.

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

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Cerne**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 94-116, jan./jun. 1996.

WENG, Y. H.; TOSH, K. J; PARK, Y. S.; FULLARTON, M. S. Age-related trends in genetic parameters for jack pine and their implications for early selection. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 56, n. 5, p. 242-252, 2007.

XIANG, B.; LI, B.; ISIK, F. Time trend of genetic parameters in growth traits of *Pinus taeda* L. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 52, n. 3-4, p. 114-121, 2002.

VITAL, B. R. **Métodos de determinação de densidade da madeira**. Viçosa: SIF, 1984. 21p. (Boletim técnico,1).

VITAL, B. R.; CARNEIRO, A. C. O.; PEREIRA, B. L. C. Qualidade da madeira para fins energéticos. In: SANTOS, F.; COLODETTE, J. L.; QUEIROZ, J. H. **Bioenergia e Biorrefinaria: cana-de-açúcar e espécies florestais**. Viçosa-MG: 2013. p. 321-354.