

CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS, QUÍMICAS E DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA DE HÍBRIDOS DE *Eucalyptus grandis* X *Eucalyptus urophylla*

DENDROMETRIC AND CHEMICAL TRAITS AND BASIC DENSITY WOOD OF *Eucalyptus grandis* X *Eucalyptus urophylla* HYBRIDS

Tseng Yao Hsing¹ Nadia Figueiredo de Paula² Rinaldo César de Paula³

RESUMO

O presente trabalho avaliou características dendrométricas, químicas e a densidade básica da madeira de cinco híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, com 2,25 anos de idade. O experimento foi implantando no espaçamento 3,5 x 2 m, com 35 repetições e parcelas de uma planta. Quatro repetições do experimento foram cortadas avaliando-se o diâmetro a altura do peito (DAP, a 1,3 m do solo), altura total e comercial, biomassa seca de folhas, galhos, madeira e casca, volume com e sem casca e volume de casca. Das árvores abatidas foram retirados discos de 5 cm de espessura no DAP e a 0 (base), 25, 50, 75 e 100% da altura comercial, para determinação da densidade básica e caracterização química da madeira. Os dados foram submetidos à análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* diferiram quanto ao volume e biomassa com destaque para o C5 com valores superiores aos demais clones. A densidade básica da madeira foi maior na base da árvore; nas demais posições de amostragem, os valores de densidade foram semelhantes entre si; dentre os clones, o C5 apresentou densidade básica da madeira superior ao C3 e ao C4, assim como o C2 superou o C3. As características químicas da madeira foram semelhantes entre os clones e, apesar da avaliação ter sido realizada em plantas jovens, os clones demonstraram bom potencial em Jaboticabal - SP. **Palavras-chave:** eucalipto; biomassa; volume; densidade básica da madeira; constituintes químicos da madeira.

ABSTRACT

The present study evaluated the dendrometric, chemical and basic density wood from five hybrids of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* at 2.25 years old. The experiment was implemented in 3.5 x 2 meters spacing, with 35 replicates of a single tree. Four replicates were harvester, we evaluated the diameter at breast height (DBH, 1.3 m above the ground), total and commercial height, biomass of leaves, branches, wood and bark, volume with and no bark and volume of bark. Besides it was obtained discs at 0, 25, 50, 75 e 100% of commercial height and at DBH for the determination of wood density and chemical characterization of wood. Data were subjected to analysis of variance and comparison of means by Tukey's test at 5 % probability. Clones of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* exhibited different growth highlighting the C5 with greater volumetric and biomass. The basic density wood is higher when assessed at base of tree, but it was verified similar values in other positions of the stem. Among the clones, the basic density wood of C5 is higher than C3 and C4 and C2 is higher than C3. The chemicals wood characteristics were similar among clones of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. Despite the evaluation have

1 Tecnólogo em Biocombustíveis, Msc., Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, CEP 14884-900, Jaboticabal (SP), Brasil. yao.htse@yahoo.com.br

2 Engenheira Florestal, Dr., Professora da Faculdade de Tecnologia de Jaboticabal, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, CEP 14884-900, Jaboticabal (SP), Brasil. nadfigueiredo@gmail.com

3 Engenheiro Florestal, Dr., Professor Adjunto da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, CEP 14884-900, Jaboticabal (SP), Brasil. Bolsista PQ 2-CNPq. rcapaula@fcav.unesp.br

been performed on young plants, 2.25 years old, the clones have demonstrated satisfactory potential in Jaboticabal, SP.

Keywords: eucalyptus; biomass; volume; wood density; chemical constituents of wood.

INTRODUÇÃO

O gênero *Eucalyptus* constitui-se no principal grupo de espécies arbóreas usadas comercialmente no Brasil para a produção de madeira, sendo que, em 2012, a área ocupada por plantios de eucalipto no país totalizou aproximadamente 5,1 milhões de ha (ABRAF, 2013). É, portanto, um grupo de espécies de grande importância para o setor florestal brasileiro, sendo sua madeira usada para diversos fins, como produção de bioenergia, celulose e papel, madeira sólida, móveis, dentre outros.

O amplo uso da madeira de eucalipto deve-se à sua qualidade e versatilidade de aplicação para obtenção de diferentes produtos, cuja qualidade está intimamente associada à matéria-prima usada para a sua produção que, por sua vez, depende de um conjunto de características químicas, físicas, mecânicas e anatômicas da madeira (FREDERICO, 2009). 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). Desses, a celulose é o principal componente da parede celular e o mais abundante composto orgânico da natureza (TRUGILHO et al., 1996); as hemiceluloses são polissacarídeos da parede celular, de baixo peso molecular, sempre associadas à lignina e à celulose, cuja função primária não é completamente compreendida (GOMIDE e COLODETTE, 2007). A lignina está presente entre células individuais e na parede celular, na qual está intimamente associada com celulose e hemicelulose, dando rigidez à célula (BOWYER et al., 2007), já os extrativos exercem um papel importante na utilização da madeira, influenciando suas propriedades físicas, estéticas e de resistência a fungos e insetos, pela sua natureza fenólica (GOMIDE e COLODETTE, 2007).

Dos parâmetros de qualidade da madeira, a densidade básica é um dos principais, pois reflete a associação de várias características simultaneamente, contudo, é uma característica complexa, variando entre espécies, entre árvores da mesma espécie, radial e longitudinalmente em uma mesma árvore, ao longo da idade, com o espaçamento e local dos plantios (MOKFIENSKI et al., 2003).

Em estudo realizado com *Eucalyptus grandis* 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 a idade e que as variações observadas nessas características, até 72 meses de idade, indicaram que o meristema cambial estava formando o lenho juvenil (SETTE JÚNIOR et al., 2012). Em *Eucalyptus saligna*, a densidade básica da madeira aumentou com a idade, porém, com taxas decrescentes ao longo dos anos, sendo que o comprimento e a espessura da parede da fibra e os teores de holocelulose e de lignina foram os que mais influenciaram os valores de densidade (TRUGILHO et al., 1996).

Em árvores de *Eucalyptus saligna*, avaliadas entre 12 e 48 meses de idade, houve reduções nos teores de extrativos totais e de lignina e aumento nos teores de holocelulose, porém, com tendência de estabilização entre 36 e 48 meses, quando ocorreu o início da formação da madeira adulta; também foi observada correlação negativa do teor de lignina com a densidade básica e com o teor de holocelulose (TRUGILHO et al., 1996). Por outro lado, Silva et al. (2005) e Neves et al. (2013) observaram redução no teor de holocelulose com o aumento da idade de clones de *Eucalyptus* spp e Santana (2009) concluiu que os teores de holocelulose e de lignina total variaram pouco em clones de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*, entre 34 e 86 meses de idade. Silva et al. (2005) encontraram aumento do teor de lignina total da madeira de *Eucalyptus grandis*, avaliada entre 10 e 25 anos de idade, porém, com tendência de estabilização nas idades mais avançadas.

A caracterização da madeira de plantas jovens é, atualmente, de grande importância, haja vista a tendência de colheita de árvores em idade precoce verificada, por exemplo, para a produção de pellets de madeira e quando da adoção de espaçamentos adensados. Também, em alguns estudos, em que as propriedades da madeira foram avaliadas em diferentes idades, a exemplo dos citados anteriormente, observou-se pequena variação destas ao longo dos anos, apesar da pequena produção de madeira. Diante disto, o presente trabalho objetivou avaliar características dendrométricas, químicas

e densidade básica da madeira de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, aos 2,25 anos de idade.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado em 27 de abril de 2010, em área localizada a 21°13'55"S e 48°16'48"O, no município de Jaboticabal - SP, com cinco híbridos comerciais de eucalipto, resultantes de cruzamento entre *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (C1, C2, C3, C4 e C5). O clima do local é do tipo Cwa, segundo a classificação de Köppen, com valores médios anuais de precipitação de 1425 mm, temperatura de 22,2°C e 75% de umidade relativa e altitude média do município de 604 m. O solo é um Latossolo Vermelho distrófico, textura argilosa típica (ANDRIOLI e CENTURION, 1999) e o seu preparo consistiu na eliminação da cultura anterior, gradagem e abertura de sulcos. No plantio, aplicaram-se 100 g de superfosfato simples por planta e em cobertura, 180 dias após o plantio, foram aplicados 50 g de cloreto de potássio e 50 g de ureia por planta.

O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com 35 repetições, parcelas de uma única árvore e espaçamento de 3,5 x 2 m. Aos 2,25 anos de idade foram cortadas quatro repetições do experimento que deram origem aos dados do presente trabalho. Nessas árvores foi avaliado o diâmetro a altura do peito (DAP, a 1,30 m do solo) e, após o corte das mesmas, determinou-se a altura total e a altura comercial até o diâmetro mínimo de 4 cm; as árvores foram então desfolhadas, desganhadas, destopadas e seccionadas de metro em metro, avaliando-se o diâmetro com e sem casca para a determinação dos respectivos volumes por cubagem rigorosa, mediante o método de Smalian (SOARES et al., 2006); por diferença, entre esses, obteve-se o volume de casca. Após a determinação da biomassa fresca total de folhas e de galhos, foram tomadas amostras desses componentes, as quais foram acondicionadas em sacos de plástico vedados e levados ao laboratório para determinação da biomassa fresca da amostra; posteriormente, essas foram transferidas para sacos de papel e secas em estufa de ventilação forçada a 65°C para a determinação da biomassa seca.

Ainda no campo, foram retirados discos de aproximadamente 5 cm de espessura no DAP e a 0 (base), 25, 50, 75 e 100% da altura comercial para determinação da densidade básica da madeira e

constituição química. Em laboratório, foram obtidas cunhas desses discos, sendo uma destinada para determinação da densidade e outra para as análises químicas. As densidades básicas da madeira e da casca foram determinadas pelo método da imersão em água, de acordo com Vital (1984), para cada um dos pontos de amostragem ao longo do fuste. De posse dos valores de densidade básica ponderada, da madeira e da casca, e do volume destes componentes, foram obtidas as respectivas biomassas.

As biomassas secas totais de folhas e de galhos foram determinadas a partir dos valores de biomassa fresca total e da biomassa fresca e seca da amostra, do respectivo componente (folhas ou galhos), de acordo com expressão geral: Biomassa seca total = (biomassa fresca total do componente x biomassa seca da amostra do componente)/biomassa fresca da amostra do componente. A biomassa seca total da árvore foi obtida a partir do somatório da biomassa do lenho, casca, folhas e galhos.

O teor de extrativos foi obtido por diferença de massa nas amostras de serragem de madeira antes e depois da extração, seguindo a norma TAPPI T 264 om-88 (1996), utilizando etanol/tolueno como solvente. O teor de cinzas foi determinado em uma mufla a 525°C, conforme norma TAPPI T 211 om-02 (1993), porém, usando-se 5 g de madeira moída. Para a determinação dos teores de lignina, celulose total e holocelulose, as amostras 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 de acordo com o procedimento proposto por Gomide e Demuner (1986). Estas análises foram feitas em três determinações por árvore, usando-se amostras compostas pelas diferentes posições de amostragem ao longo do fuste. A celulose total foi determinada segundo método descrito em Santos e Sansígolo (2000) e o teor de holocelulose foi obtido por diferença em relação ao total (100%) e os teores de lignina, extrativos e cinzas.

Os dados de volume, biomassa e dos teores de lignina, celulose, holocelulose, extrativos e cinzas foram submetidos à análise de variância e teste *F*, segundo o delineamento de blocos ao acaso, com cinco tratamentos (clones) e quatro repetições. Já os dados de densidade básica da madeira 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 fuste), com quatro

repetições. As médias de clones e, ou de posição de amostragem ao longo do fuste, para a densidade básica da madeira, quando significativas pelo teste F, foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Características dendrométricas

Houve diferenças entre os clones para todas as características avaliadas, à exceção do volume de casca e da biomassa de folhas. De uma maneira geral, o clone 5 foi superior, os clones 4 e 2 intermediários e os clones 3 e 1 de desempenhos inferiores (Tabelas 1 e 2). As estimativas dos coeficientes de variação (CV, %) estão dentro da faixa normalmente encontrada na literatura (TOLFO et al., 2005; MASSARO et al., 2010) e coerentes com as características avaliadas, com valores superiores para os volumes e biomassas (Tabela 1).

Apesar de jovens, os clones apresentaram bom desempenho, demonstrando a boa adaptação e potencial ao local. Em dois testes clonais conduzidos

próximos ao local do presente experimento, Massaro et al. (2010) 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 m³.árvore⁻¹, em um teste clonal, e de 10,21 cm, 11,91 m e 0,0400 m³.árvore⁻¹. Da mesma forma, Santana (2009), estudando um clone de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* com 34 meses de idade, encontrou DAP médio de 12,42 cm e altura de 21,29 m, valores semelhantes aos encontrados no presente trabalho.

Vários fatores podem afetar 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. Embora, em alguns trabalhos, o espaçamento de plantio não tenha afetado o crescimento em altura de plantas de eucalipto, há em geral, redução no DAP e no volume com o adensamento de plantio (MAGALHÃES et al., 2006). Dessa forma, os resultados obtidos indicam o potencial de crescimento dos cinco híbridos interespecíficos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, na região de Jaboticabal - SP.

Quanto aos valores de biomassa, o clone 5

TABELA 1: Resumo da análise de variância para os caracteres altura total (HT, m), altura comercial (HC, m), diâmetro a altura do peito (DAP, cm) e volume do fuste (m³.árvore⁻¹) com casca (VCC) e sem casca (VSC) e volume de casca (VCasca), em cinco clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* aos 2,25 anos de idade. Jaboticabal - SP, 2012.

TABLE 1:- Summary of analysis of variance for the characters total height (HT, m), commercial length (HC, m), diameter at breast height (DAP, cm) and stem volume (m³.árvore⁻¹) with bark (VCC) and without bark (VSC) and bark volume (VCasca) in five clones of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* at 2.25 years old. Jaboticabal, 2012.

FV	Valores de "F"					
	HT	HC	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
Clones	Médias ¹					
1	13,70 b	9,91 b	10,00 b	0,0478 b	0,0418 b	0,0060 a
2	15,68 ab	11,90 ab	11,75 ab	0,0863 ab	0,0731 ab	0,0132 a
3	13,95 ab	10,06 b	10,43 ab	0,0557 ab	0,0477 b	0,0081 a
4	15,46 ab	12,81 a	12,31 ab	0,0776 ab	0,0653 ab	0,0124 a
5	16,08 a	13,06 a	12,93 a	0,1018 a	0,0882 a	0,0137 a

Em que: ^{ns} = valor não significativo a 5% pelo teste F. * 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 ($P > 0,05$) pelo teste de Tukey.

TABELA 2: Resumo da análise de variância para biomassa (kg.árvore⁻¹) do lenho, da casca, de folhas, de galhos e total, em cinco clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* aos 2,25 anos de idade. Jaboticabal - SP, 2012.

TABLE 2: Summary of analysis of variance for biomass (kg.árvore⁻¹) of the stem, bark, leaves, branches and total in five clones *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* at 2.25 years old. Jaboticabal, 2012

FV	Valores de “F” para Biomassa				
	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				
1	18,607 b	2,082 b	4,066 a	4,736 b	29,490 b
2	33,772 ab	4,814 ab	4,972 a	5,777 ab	49,334 ab
3	20,517 b	3,299 ab	3,992 a	5,547 b	33,354 b
4	29,208 ab	4,572 ab	5,044 a	5,585 b	44,409 ab
5	41,584 a	5,545 a	6,182 a	8,714 a	62,024 a

Em que: ^{ns} = valor não significativo a 5% pelo teste F. * 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 ($P > 0,05$) pelo teste de Tukey.

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 variou de 12,257 t.ha⁻¹.ano⁻¹ para o clone 1 (C1) a 27,921 t.ha⁻¹.ano⁻¹ para o C5, com média de 19,432 t.ha⁻¹.ano⁻¹ entre os cinco clones. Esses valores são semelhantes ao obtido por Santana (2009), com um híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, aos 34 meses de idade, que foi de 15,17 t.ha⁻¹.ano⁻¹, no espaçamento 3 x 2,8 m.

Em termos percentuais, a casca representou 14,5% do volume do fuste, porém, 12,4% da sua biomassa. A variação em volume entre os clones foi de 12,5% de casca no C1 a 15,9% no C4, e em biomassa de 10,1% no C1 a 13,8% no C3 (Figuras 1 e 2). 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. 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%). O C5, de maior produtividade, apresentou 76% de tronco e 24% de copa (Figura 2). Considerando 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).

Densidade básica da madeira em diferentes posições ao longo do tronco

Houve diferenças na densidade básica da madeira entre clones e entre as posições de amostragem ao longo do fuste, porém, a interação entre estes fatores foi não significativa. Entre os clones, o C5 diferiu do C3 e do C4 e o C2 diferiu do C3; a base apresentou maior densidade básica que os demais pontos de amostragem no tronco (Tabela 3). Os resultados aqui obtidos estão coerentes com outros estudos em idades semelhantes, a exemplo do realizado por Trugilho et al. (1996) que encontraram valores médios de 0,436 g.cm⁻³ em *Eucalyptus saligna* com 24 meses de idade; também Gouvêa et al. (2011) obtiveram 0,444 g.cm⁻³, na média de seis clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* com 3 anos de idade e Sette Junior et al. (2012), estudando *Eucalyptus grandis* com 24 meses de idade, observaram densidade básica média da madeira de 0,430 g.cm⁻³.

O padrão de variação da densidade básica ao longo do tronco foi diferente entre os clones

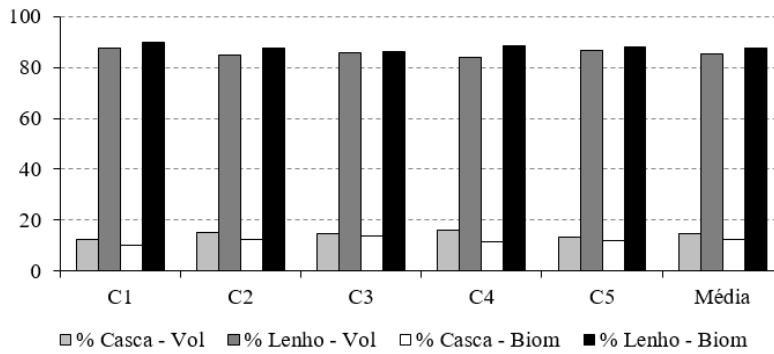


FIGURA 1: Participação percentual de casca e lenho, na produção em volume (Vol) e em biomassa (Biom), de cinco clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e na média dos cinco clones, aos 2,25 anos de idade. Jaboticabal - SP, 2012.

FIGURE 1: Percentage of bark and wood, in the production in volume (Vol) and biomass (Biom), of the five clones of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* and the average of the five clones at 2.25 years old. Jaboticabal, 2012.

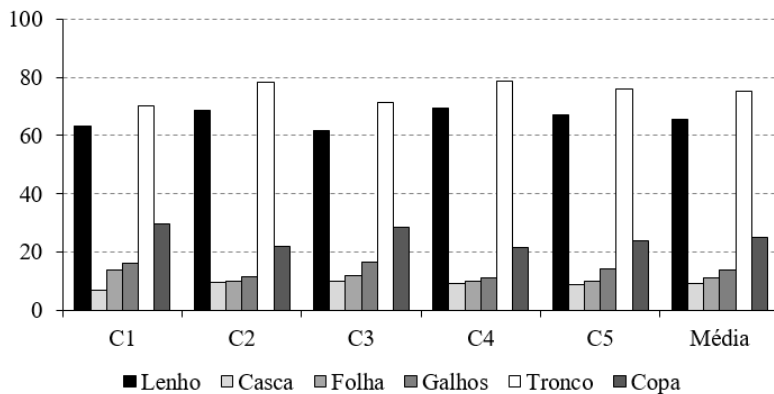


FIGURA 2: Participação percentual de lenho, casca, folhas, galhos, tronco (lenho + casca) e copa (folhas + galhos), na produção em biomassa, de cinco clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e na média dos cinco clones, aos 2,25 anos de idade. Jaboticabal - SP, 2012

FIGURE 2: Percentage of wood, bark, leaves, branches, trunk (wood + bark) and canopy (leaves + stems) in biomass production, of the five clones of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* and the average of the five clones at 2.25 years old. Jaboticabal, 2012.

(Tabela 3), porém, com maiores valores na base das árvores (0% da altura comercial). Os clones 1 e 3 reduziram a densidade da base para 25% da altura comercial, mantendo valores pouco variáveis nas demais posições; o C2 reduziu a densidade de 0 para 25% da altura, com aumento de 25 para 50% e novamente redução a partir de 50%; os clones 4 e 5 apresentaram redução da base até 50% do comprimento do fuste, com aumento entre 50 e 75% seguidos de nova redução. Na média dos cinco clones, o maior valor de densidade ocorreu na base, sem grandes variações nas demais posições ao longo do fuste. Esses resultados são

semelhantes aos obtidos por São Teago (2012), que encontrou tendência de decréscimo dos valores de densidade básica da madeira de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, em plantios puros ou em consórcio com *Acacia mangium*, da base para o DAP, com comportamentos distintos a partir do DAP. Por outro lado, a densidade básica da madeira de clones do híbrido do *E. grandis* x *E. urophylla*, aos 8 anos de idade, aumentou no sentido base-topo (ALZATE et al., 2005). De acordo com Chies (2005), é esperada uma redução da densidade básica no sentido base-topo da árvore, em razão da diminuição da porcentagem de lenho adulto e,

TABELA 3: Resumo da análise de variância para densidade básica da madeira ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$), ao longo do fuste de cinco clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* aos 2,25 anos de idade. Jaboticabal – SP, 2012.

TABLE 3: Summary of analysis of variance for basic wood density ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$), along the stem of the five clones *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* at 2.25 years old. 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	Médias de densidade básica da madeira ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$) ao longo do fuste e no DAP ¹						Média
	0%	DAP	25%	50%	75%	100%	
1	0,481	0,480	0,438	0,434	0,437	0,452	0,445 abc
2	0,518	0,449	0,432	0,469	0,460	0,431	0,460 ab
3	0,475	0,417	0,418	0,412	0,417	0,431	0,429 c
4	0,462	0,443	0,440	0,410	0,454	0,434	0,441 bc
5	0,532	0,466	0,467	0,442	0,472	0,445	0,471 a
Média	0,494 A	0,441 B	0,439 B	0,434 B	0,448 B	0,439 B	

Em que: ^{ns} = valor não significativo ($P > 0,05$) pelo teste F. ** = valor significativo ($P \leq 0,01$), pelo teste F.

¹ = Médias seguidas por uma mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si ($P > 0,05$) pelo teste de Tukey.

consequentemente, da maior proporção de madeira juvenil, de menor densidade. Os dados disponíveis na literatura de variação da densidade básica da madeira ao longo do tronco não seguem um padrão definido, contudo, tem-se verificado para o gênero *Eucalyptus* valores decrescentes até 50% da altura da árvore e crescentes desse ponto até o topo ou corredução próximo ao topo (GOULART et al., 2003).

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

Os valores médios de densidade básica

da madeira encontrados nesse trabalho são semelhantes aos obtidos em outros estudos em idades mais avançadas. De acordo com Sette Junior et al. (2012), há tendência de aumento da densidade básica da madeira com a idade, o que se deve a 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 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., 2005). Segundo Kollmann e Côté (1968), citados por Sette Junior 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, porém, não há consenso na forma como esta variação ocorre. Assim, podem 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 (PANSIN; ZEEUW, 1970, citados por SETTE JUNIOR et al., 2012). Sette Junior et al. (2012) encontraram para *Eucalyptus 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 na altura de árvores de um híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, com 70 e 166 meses de idade.

Características químicas

Não houve diferença entre os clones quanto às propriedades químicas da madeira, à exceção do teor de lignina solúvel (Tabela 4). A proporção entre os principais constituintes químicos da madeira varia entre gêneros, entre 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 e COLODETTE, 2007).

Os teores de celulose apresentaram uma média de 49%, sendo estes superiores àqueles encontrado por Morais (2008) em dois clones de híbridos *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* com um (39,2%) e três anos de idade (42,4%). Os valores encontrados no estudo são semelhantes aos obtidos por Gomide et al. (2005), em clones de híbridos *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, entre 44,1 e 49,7%, e por Ferreira et al. (2006), de 46,7 a 49,7%, em híbridos com 7 anos. Estes altos valores de celulose na madeira são desejáveis, uma vez que a função da celulose é estrutural, sendo o principal componente da parede celular dos vegetais, requerida para que as árvores cresçam.

Os teores de holocelulose estão na mesma faixa encontrada em madeiras de maior idade em híbridos de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. Por exemplo, Ferreira et al. (2006) encontraram valores entre 64,4 e 70,3% em árvores entre 7 e 9 anos de idade. Alencar et al. (2001) obtiveram teor de 67,54% 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 têm observado uma tendência de estabilização com o aumento da idade. Santana (2009), estudando híbridos de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, com 34, 48, 61,76 e 86 meses de idade, observou que, dentro desse período, os teores mantiveram-se estáveis. Da mesma forma, Trugilho et al. (1996) observaram a mesma tendência de estabilização entre 12 e 48 meses, para *Eucalyptus saligna*, e concluíram que isso demonstra que as características químicas da madeira estão sujeitas a variações iniciais na madeira juvenil, tendendo a valores mais estáveis, na madeira adulta.

Entretanto, os teores de lignina aqui encontrados encontram-se abaixo dos observados em outros estudos com *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, independentemente da idade de avaliação. 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) obtiveram 29,5% em árvores com 7 anos; Tolfo et al. (2005), avaliando diferentes clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, com 6 anos, encontraram em média 30,36% e Morais (2008) relatou teores de 30,70 e 31,63% em madeira de 1 e 3 anos, respectivamente.

Os teores de extrativos estão acima da faixa relatada por outros autores, entre 1,09 e 4,28% (ALENCAR et al. 2001; FERREIRA et al., 2006; GOMIDE et al., 2005; TOLFO et al., 2005; SÃO TEAGO, 2012) e contraria o fato de que em árvores jovens há baixa proporção de cerne em relação ao alburno. O processo de cernificação (transformação de alburno em cerne) é caracterizado, entre outras coisas, pelo acúmulo de extrativos, portanto, em uma madeira com baixa proporção de cerne normalmente há menor teor de extrativos. A divergência entre esses resultados pode ser devido a diferenças nas formas de extração ou aos tipos de solventes utilizados.

Os teores de cinzas, embora ligeiramente superiores aos obtidos em outros estudos, 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 et al., 1996) sugerem que as árvores avaliadas ainda estão em fase de crescimento, em que o metabolismo mais acelerado demanda maior quantidade de minerais. Em muitos estudos, tem-se observado uma redução nos teores de cinzas com o aumento da idade (MORAIS, 2008; SANTANA, 2009), em decorrência da redução do ritmo de crescimento e da atividade fisiológica, com

TABELA 4: Resumo da análise de variância para os teores (%) de celulose, de holocelulose, de lignina insolúvel (Lignina-I), lignina solúvel (Lignina-S), lignina total (Lignina-T), de extrativos e de cinzas na madeira de cinco clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* aos 2,25 anos de idade. Jaboticabal - SP, 2012.

TABLE 4: Summary of analysis of variance for contents (%) of cellulose, holocellulose, insoluble lignin, soluble lignin, total lignin, extractives and ash on wood of five clones *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* at 2.25 years old. Jaboticabal, 2012.

FV	Valores de "F"						
	Celulose	Holocelulose	Lignina-I	Lignina-S	Lignina-T	Extrativos	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	Médias						
1	50,12 a	72,33 a	20,85 a	0,159 bc	21,01 a	5,95 a	0,70 a
2	49,42 a	70,60 a	22,40 a	0,155 bc	22,55 a	6,21 a	0,64 a
3	49,90 a	71,58 a	21,17 a	0,149 b	21,32 a	6,47 a	0,63 a
4	49,75 a	68,39 a	22,93 a	0,184 ab	23,11 a	7,75 a	0,75 a
5	46,04 a	72,82 a	20,41 a	0,199 a	20,61 a	5,89 a	0,68 a

Em que: ^{ns} = valor não significativo ($P > 0,05$) pelo teste F. ** = valor significativo ($P \leq 0,01$), pelo teste F.

¹ = médias seguidas por uma mesma letra, para cada característica, não diferem entre si ($P > 0,05$) pelo teste de Tukey.

o avanço da idade, 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 *Eucalyptus saligna*, Trugilho et al. (1996) observaram que a densidade básica da madeira e o teor de holocelulose aumentaram, respectivamente, de 0,375 g.cm⁻³ para 0,518 g.cm⁻³ e de 68,5% para 72,5%, 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 esses foram obtidos por Silva et al. (2005) em que os teores de extrativos e de lignina apresentaram tendência de aumento com a idade, porém, em árvores com idades entre 10 e 25 anos, ou seja, bem superiores às idades dos estudos anteriormente citados.

De acordo com Foekel (2009), variações encontradas na composição química das madeiras de eucaliptos provavelmente devem-se em parte às diferenças em metodologias, na forma de se amostrar a madeira e como os resultados são expressos

(base madeira original ou base madeira isenta de extrativos), da mesma forma, outros fatores como a idade das árvores, características dos locais de crescimento e fatores genéticos, exercem influência sobre a formação das características químicas da árvore.

CONCLUSÕES

Os clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* apresentaram características dendrométricas diferentes com destaque para o C5 com maiores valores de volumes e biomassa.

A densidade básica da madeira foi maior na base da árvore, com valores semelhantes nas demais posições do fuste, porém, com padrão de variação diferente entre os clones. Os clones 1 e 3 reduziram a densidade da base para 25% da altura comercial, mantendo valores pouco variáveis nas demais posições; o C2 reduziu a densidade de 0 para 25% da altura, com aumento de 25 para 50% e novamente redução a partir de 50%; os clones 4 e 5 apresentaram redução da base até 50% do comprimento do fuste, com aumento entre 50 e 75% seguidos de nova redução. Dentre os clones, o C5 apresentou densidade básica superior ao C3 e ao C4 e o C2 superou o C3.

As características químicas da madeira

foram semelhantes entre os clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*.

Os clones demonstraram bom potencial na região de estudo, contudo, sugerem-se novas avaliações em idades mais avançadas para monitoramento das características de interesse.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- ALZATE, S. B.; TOMAZELLO FILHO, M.; PIEDADE, S. M. de S. Variação longitudinal da densidade básica da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, *E. saligna* Sm. e *E. grandis* x *urophylla*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 68, p. 87-95, ago-2005.
- 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.
- BOWYER, J. L.; SHMULSKY, R.; HAYGREEN, J. G. **Forest products and wood science: an introduction**. Ames-Iowa: 2007. Blackwell Publishing. 558p.
- CHIES, D. **Influência do espaçamento sobre a qualidade e o rendimento da madeira serrada de *Pinus taeda* L.** 2005. 137 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.
- FERREIRA, C. R. et al. 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.
- FOEKEL, 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. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.
- GOMIDE, J. L. et al.. 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.; COLODETTE, J. L. Qualidade da madeira. In: BORÉM, A. (Ed.). **Biotecnologia florestal**. Viçosa-MG: 2007. p. 25-54.
- 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.
- GOULART, M. et al.. Massa específica básica e massa seca de madeira de *Eucalyptus grandis* sob o Efeito do espaçamento de plantio e da posição axial no tronco. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 2, p. 167-175, 2003.
- GOUVÊA, A. F. G. et al.. 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. et al.. Desempenho silvicultural de espécies de *Eucalyptus* spp. em quatro espaçamentos de plantio na região noroeste de Minas Gerais. **Floresta e Ambiente**, v.12, n.2, p. 01 - 07, 2006
- MASSARO, R. A. M. et al. Viabilidade de aplicação da seleção precoce em testes clonais de *Eucalyptus* spp. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 4, p. 597-609, 2010
- MOKFIENSKI, A. et al. 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.
- NEVES, T. A. et al. Qualidade da madeira de clones de *Eucalyptus* em diferentes idades para a produção

- de bioenergia. **Revista Ciências Agrárias**, v. 56, n. 2, p. 139-148, 2013.
- SANTANA, R. C. et al. Alocação de nutrientes em plantios de eucalipto no Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, número especial, p. 2724-2734, 2008.
- 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.
- 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 JR., C. R. et al. Efeito da idade e posição de amostragem na densidade e características anatômicas da madeira de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.36, n.6, p.1183-1190, 2012.
- SILVA, J. C. et al. Influência da idade e da posição ao longo do tronco na composição química da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 455-460, 2005.
- 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 211 om-02: ash in wood, pulp, paper and paperboard: combustion at 525° C. Atlanta: Tappi Technology Park, 1993.
- 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. et al. Parâmetros genéticos para caracteres de crescimento, de produção e tecnológicos da madeira em clones de *Eucalyptus* spp. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, 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**, v. 2, n. 1, p. 94-116, jan./jun. 1996.
- VITAL, B. R. **Métodos de determinação de densidade da madeira**. Viçosa: SIF, 1984. 21p. (Boletim Técnico, 1).