



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

PERFIL DENSITOMÉTRICO RADIAL DA MADEIRA DE EUCALIPTO CULTIVADO EM QUATRO REGIÕES DE MINAS GERAIS

Thiago Leite Barbosa¹
Maria Naruna Felix de Almeida¹
Sofia Maria Gonçalves Rocha¹
Lourdes Maria Hilgert Santos¹
José Tarcísio da Silva Oliveira¹
Graziela Baptista Vidaurre Dambroz¹
Mario Tomazello Filho²

¹ Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Ciências Florestais e da Madeira

² Universidade de São Paulo, Departamento de Ciências Florestais



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

PERFIL DENSITOMÉTRICO RADIAL DA MADEIRA DE EUCALIPTO CULTIVADO EM QUATRO REGIÕES DE MINAS GERAIS

Resumo: O cultivo de eucalipto vem sendo realizado no Brasil para atender diversas finalidades, porém ainda são escassos estudos que avaliam os efeitos da variação dos fatores climáticos na qualidade da madeira. Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito do regime de precipitação no perfil densitométrico radial da madeira de clones de eucalipto cultivados em quatro localidades em Minas Gerais. Foram estudados dois clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, provenientes de plantios instalados em regiões com diferentes índices pluviométricos. Foram amostradas cinco árvores de cada clone em cada localidade, sendo retirados discos no DAP. Para determinação do perfil de densidade aparente da madeira, utilizou-se técnica de densitometria de raios X, sendo obtidos perfis densitométricos e determinada a densidade aparente média. Foram construídos gráficos de tendência entre o comportamento da densidade aparente e a precipitação mensal, e também determinou-se o índice de uniformidade. A densidade aparente comportou-se de forma distinta para os dois clones, com o clone A sendo mais influenciado pela variação pluviométrica e o clone B apresentando característica mais plástica. Nos perfis densitométricos dos clones, observou-se a tendência de aumento da densidade aparente em função da ocorrência de menores índices pluviométricos, e houve indícios de que locais com maiores valores de precipitação podem apresentar perfis de densidade aparente mais uniformes. Já os valores dos índices de uniformidade de ambas as localidades mostraram que a variação pluviométrica influencia a homogeneidade da madeira, sendo que maiores índices de chuvas auxiliaram na produção de matéria prima mais homogênea.

Palavras chave: Densitometria de raios-X. Densidade. Madeira de eucalipto. Precipitação.

RADIAL DENSITOMETRIC PROFILE OF CULTIVATED EUCALYPTUS WOOD IN FOUR REGIONS OF MINAS GERAIS STATE

Abstract: Eucalyptus cultivation has been carried out in Brazil to serve several purposes, but there are still few studies that evaluate the effects of variation of climatic factors on wood quality. Thus, the objective of this work was to evaluate the effect of the precipitation regime on the radial densitometric profile of the wood of eucalyptus clones grown in four localities in Minas Gerais. Two clones of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* were studied from plantations located in regions with different rainfall indexes. Five trees of each clone were sampled in each locality, and discs were removed in the DAP. To determine the apparent density profile of the wood was used X-ray densitometry technique, obtaining densitometric profiles and determining the mean apparent density. Trend graphs were constructed between the apparent density behavior and the monthly precipitation, and the uniformity index was also determined. The density behaved differently for the two clones, with clone A being more influenced by the rainfall variation and clone B presenting more plastic characteristics. In the densitometric profiles of the clones, there was a tendency to increase the density due to the occurrence of lower rainfall indexes, and there were indications that sites with higher rainfall values may present more uniform density profiles. On the other hand, the values of the uniformity indices of both localities showed that the rainfall variation influences the homogeneity of the wood, and higher rainfall indices helped the production of more homogeneous raw material.

Keywords: X-rays densitometry. Density. Eucalypt wood. Precipitation.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, plantios de *Eucalyptus* são cultivados para atender diversas finalidades, como produção de lenha, estacas, moirões, dormentes, carvão vegetal, celulose e papel, chapas de fibras e de partículas, fabricação de casas, móveis e estruturas (PEREIRA et al., 2000). Essa ampla utilização impulsiona o desenvolvimento de estudos que objetivam conhecer a qualidade da madeira produzida, sendo a interação do genótipo/ambiente um fator que influencia nas características anatômicas, físicas, químicas e mecânicas da madeira.

As espécies de eucalipto possuem a característica de se adaptarem à diversas condições ambientais. Entretanto, essas condições influenciam na atividade cambial e consequentemente nas propriedades da madeira, podendo alterar a destinação do produto final. Apesar disso, ainda são escassos estudos que avaliam os efeitos da variação dos fatores climáticos na qualidade da madeira produzida (OLIVEIRA et al., 2011).

A densidade da madeira é uma propriedade muito utilizada para determinação de sua qualidade, devido à alta correlação com sua composição anatômica e química. Uma das metodologias de obtenção da densidade da madeira é a densitometria de raios X, técnica que possibilita a determinação contínua dos valores de densidade na imagem radiográfica em uma amostra de madeira. A densitometria de raios X gera um perfil de densidade que possibilita detectar a resposta da exposição da árvore à diferentes tratamentos de gestão: controle, irrigação e fertilização / irrigação (TOMAZELLO et al., 2008).

As variações da densidade da madeira no sentido radial (medula-casca) têm forte influência na qualidade do produto, sendo que para madeiras destinadas a produção de serrados a homogeneidade é fundamental na a confecção das peças. Essas variações pontuais são devidas ao genótipo da espécie e aos fatores externos, sejam de natureza climática, dendrológica ou tecnológica. A correlação dos picos de densidade com esses parâmetros, possibilita uma melhor compreensão do comportamento das propriedades da madeira quanto ao perfil desejado (KANOWSKI, 1985 citado por MOYA ROQUE, 2005).

Downes et al. (2014) encontraram uma relação na qual em sítios que apresentavam menores índices de precipitação anual foram observados maiores valores de densidade da madeira de *Eucalyptus globulus* ($0,648 \text{ g cm}^{-3}$). Sendo essa relação também encontrada nos trabalhos de Gouvea et al. (2012) e Meneses et al. (2015), e explicada por Oliveira et al. (2012) pela redução da atividade fisiológica e cambial das árvores em condições ambientais desfavoráveis.

Existe, ainda, uma demanda de seleção de materiais genéticos que apresentem bons resultados não somente em um local específico, mas em diferentes locais de crescimento. Portanto, são necessários estudos que avaliem a utilização desses materiais oriundos de diversos ambientes, a fim de identificar quais genótipos possuem melhores parâmetros para as diferentes condições em que serão implantados.

Desse modo, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito do regime de precipitação do local de crescimento no perfil densitométrico radial da madeira de dois clones híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, cultivados em quatro regiões de Minas Gerais.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





2 MATERIAL E MÉTODOS

A madeira utilizada foi obtida de árvores de dois clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (A e B) aos seis anos de idade, provenientes de plantios comerciais com espaçamento 3 x 3 metros que cresceram em quatro regiões do estado de Minas Gerais. As informações de precipitação das localidades são embasadas na série histórica dos anos de 2005 a 2011 em que os plantios foram conduzidos, sendo elas: Belo Oriente (1320,84 mm ano⁻¹); Ferros (1323,17 mm ano⁻¹); Itabira (1409,40 mm ano⁻¹) e Santa Bárbara (1631,33 mm ano⁻¹).

Foram selecionadas cinco árvores para cada clone em cada sítio e retirados discos no DAP. Os discos foram lixados e polidos para melhor identificação da região e retirada de defeitos existentes nas amostras. Para determinação do perfil da densidade aparente dos dois clones de *E. grandis* x *E. urophylla*, pela técnica de densitometria de raios X, aplicou-se a metodologia descrita por Amaral e Tomazello Filho (1998), sendo as análises realizadas no Laboratório de Anatomia e Anéis de Crescimento do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ-USP.

As amostras foram demarcadas e extraídas no diâmetro central do disco com dimensões de 20 x 10 mm (altura x largura) e foram armazenadas em câmara de climatização com temperatura de 20°C e umidade de 50% por um período de 12 horas, condições essas adequadas para que a madeira atingisse 12% de umidade.

Introduziram-se as amostras no equipamento e esse foi calibrado para iniciar a varredura ao longo do diâmetro por um feixe de raio X colimado. A densidade aparente foi determinada ponto a ponto por toda a amostra, com intervalos de 40 µm entre os pontos. Os valores de raio X que atravessaram as amostras foram transformados em densidade aparente pelo software QMS que possibilitou a construção de perfis radiais de densidade aparente do lenho das árvores. Com a obtenção dos perfis de densidade para cada árvore foi realizada a média entre as cinco árvores de cada região e clone, a fim de determinar uma densidade aparente média da madeira de eucalipto.

Foram construídos gráficos de tendência entre o comportamento da densidade aparente e a ocorrência de precipitação mensal em cada local para cada clone. Para isso, foram calculados o incremento médio em raio por mês e a média dos dados de densidade obtidos pela densitometria nesse intervalo, sendo que o eixo X do gráfico corresponde a idade em meses e equivale a distância radial em cm, no sentido medula-casca.

Também foi determinado o índice de uniformidade (IU), o qual prevê a separação dos perfis de densidade aparente em classes de variação (i) com intervalos de 0,05 g cm⁻³. O método para determinação desse índice foi proposto por Echols (1973) e é calculado pela Equação 1. Esse índice representa a qualidade da madeira em termos de homogeneidade no sentido radial, e leva em consideração a porcentagem de madeira existente em cada classe de densidade (Xi) em relação a um desvio padrão médio existente individualmente nessa classe de variação (Ki).

$$IU = \sum_{i=1}^i Xi \times Ki \quad (1)$$

Em que:

IU = Índice de uniformidade;

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ξ = Porcentagem de madeira em cada classe de variação da densidade;
 K_i = Coeficiente de ponderação para a classe de densidade;
 i = Número de classes estabelecidas.

Para análise estatística, os valores médios dos parâmetros analisados foram submetidos a ANOVA, e aplicou-se o teste de Tukey em nível de 5% de significância para comparação de médias quando verificada diferença significativa.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A densidade aparente comportou-se de forma distinta para os dois clones, onde, o clone B não foi influenciado pela variação em precipitação do local de cultivo, evidenciando característica mais plástica desse clone. Em relação ao clone A, o cultivado em Itabira foi o que apresentou maior valor de densidade aparente, porém essa região apresenta características climáticas intermediárias em relação as demais localidades e embora a densidade aparente do clone A tenha se diferenciado das outras, o seu incremento foi de apenas 7% maior (Tabela 1).

Tabela 1. Densidade aparente média por densitometria de raios X e índice de uniformidade no sentido radial no DAP dos clones de *E. grandis* x *E. urophylla* aos seis anos de idade em diferentes locais de crescimento

Clone	Local	Densidade aparente (g.cm ⁻³)	Índice de uniformidade (IU)
A	Belo Oriente	0,57 b* (2,29)**	247 a (7,13)
	Ferros	0,58 b (2,23)	223 b (2,14)
	Itabira	0,61 a (1,52)	212 b (9,76)
	Santa Bárbara	0,57 b (3,28)	207 b (6,96)
B	Belo Oriente	0,52 a (2,97)	202 a (4,43)
	Ferros	0,54 a (5,99)	189 ab (8,44)
	Itabira	0,53 a (2,85)	184 ab (5,11)
	Santa Bárbara	0,50 a (7,64)	176 b (7,80)

* Valores seguidos de mesma letra na coluna, para o mesmo clone, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

** Valores correspondem ao coeficiente de variação (%).

Oliveira (2003) relatou que a densidade aparente da madeira do gênero *Eucalyptus* normalmente varia de 0,40 a 1,20 g cm⁻³. Arango Alzate (2004), ao avaliar a densidade aparente da madeira de árvores de clones de *E. grandis* x *E. urophylla* com oito anos de idade, encontrou um valor médio de 0,53 g cm⁻³, com variação entre os indivíduos de 0,45 a 0,63 g cm⁻³. Ao utilizar a técnica de densitometria de raios X em árvores de *E. grandis* aos 10 anos, Silva (2002) encontrou para as árvores uma densidade aparente de 0,46 g cm⁻³.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

É possível perceber que mesmo que os dois clones sejam influenciados pela diferença pluviométrica entre as regiões, a densidade aparente média para os dois materiais genéticos encontra-se dentro dos intervalos mencionados na literatura científica.

Apesar de os valores médios de densidade aparente apresentarem diferenças estatísticas significativas para os locais de crescimento, a densidade ao longo do raio não necessariamente está distribuída em classes de variação, de forma equivalente entre as mesmas. Essa afirmação é comprovada através dos resultados do índice de uniformidade na madeira para os dois clones de eucalipto, apresentados na Tabela 1.

Nas indústrias de celulose, o índice de uniformidade (IU) é considerado um parâmetro de qualidade da madeira, sendo que quanto mais homogênea as características da matéria prima, melhor será a qualidade da polpa produzida. Nesse contexto, a madeira apresentará maior homogeneidade quanto mais próximos de 100 forem os valores desse índice. A Tabela 1 denota que os dois clones cultivados em Santa Bárbara foram mais homogêneos quando comparado às outras regiões. Esse fato está relacionado com a variação pluviométrica entre as regiões, visto que maiores índices de chuvas auxiliaram na produção de matéria prima mais homogênea.

Com relação ao perfil de variação radial da densidade aparente da madeira, para os dois clones em todas as localidades é perceptível que há tendência de aumento da densidade aparente em função da ocorrência de menores índices pluviométricos. Por outro lado, a região de Santa Bárbara, com maior precipitação, foi a que apresentou menor influência aos valores de densidade aparente, indicando que locais com maiores índices pluviométricos podem apresentar perfis densitométricos mais uniformes (Figura 2).

Frederico (2009), ao estudar um clone do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* aos três anos de idades em três regiões do Vale do Aço Mineiro, inclusive uma delas em Santa Bárbara, identificou que essa região por possuir o maior índice pluviométrico apresentou também menor valor em densidade básica e constatou que a relação entre precipitação e densidade da madeira foi inversamente proporcional.

Em seu estudo com *Gmelina arborea* (Roxb.), Moya Roque (2005) apresentou o comportamento do perfil radial para a densidade aparente em função da precipitação ao longo do crescimento das árvores em dois locais distintos, e identificou que além de o local com menor precipitação apresentar menores valores para densidade aparente, essa propriedade também foi maior em épocas mais secas do período de crescimento.

É notório que os diferentes índices de precipitação influenciam na densidade da madeira, entretanto, esse evento pode ser suscitado pelo ritmo de crescimento e composição anatômica da madeira, o que carece de mais estudos para ser melhor explicada a variação da densidade aparente.

Destaca-se que em posições mais próximas a casca os valores de densidade aparente da madeira de ambos os clones foram ligeiramente maiores, indicando que a variação dessa propriedade em virtude de diferenças pluviométricas se mostra mais expressiva em madeiras mais jovens e que o clone A foi mais influenciado pela variação pluviométrica que o clone B (Figura 2).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

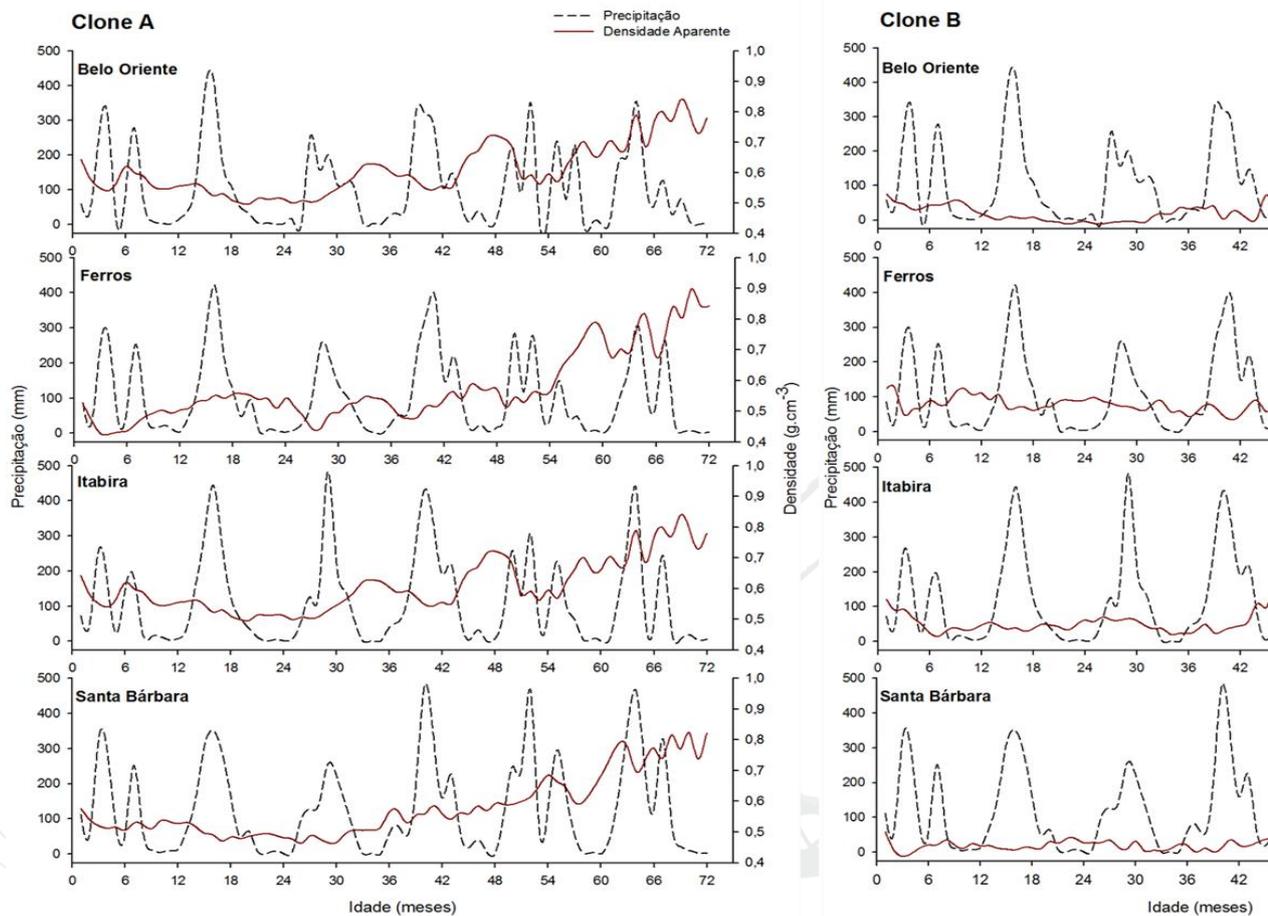


Figura 2. Comportamento da densidade aparente radial da madeira dos clones de *E. grandis* x *E. urophylla* da variação pluviométrica em diferentes locais de crescimento. No eixo X, a idade em meses equivale a medula-casca.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Ferreira e Kageyama (1978) definem que o perfil radial de densidade da madeira não é uniforme e apresenta tendência de aumento no sentido medula-casca em virtude da formação de madeiras mais jovens.

Henriques (2012) identificou para vários clones de *Eucalyptus urophylla* S. T Blake aos sete anos de idade, que houve crescimento constante da densidade aparente no sentido medula-casca conforme o perfil radial da madeira, de forma que as porções mais externas do lenho representam madeiras jovens formadas em idades mais avançadas.

É possível inferir que as madeiras formadas em posições mais externas apresentam maiores densidades aparentes e expressam melhores as variações quanto a influência do regime de precipitação.

4 CONCLUSÃO

A precipitação apresenta relação significativa com a variação da densidade aparente, de forma que a diferença é denotada entre regiões e no perfil radial das árvores.

O clone B mostrou-se mais plástico que o clone A, evidenciando menor influência do regime de precipitação.

O índice de uniformidade para este estudo representou bem a homogeneidade dos materiais genéticos estudados, de acordo com as respectivas variações.

Além da interação genótipo ambiente existente no estudo, a interação entre idade e aumento em densidade aparente é explícita.

5 AGRADECIMENTOS

A Empresa CENIBRA (Celulose Nipo Brasileira S.A.) pelo material de estudo, ao Laboratório de Anatomia e Anéis de Crescimento do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ-USP, pelas análises de densitometria de raios-X, à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela bolsa de estudo, e a FAPES (Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo) pelo financiamento da pesquisa.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, A. C. B.; TOMAZELLO FILHO, M. Avaliação das características dos anéis de crescimento de *Pinus taeda* L. segundo microdensitometria de raios X. REVISTA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, Piracicaba, v. 11, p. 17-23, 1998

ARANGO ALZATE, S. B. Caracterização da madeira de árvores de clones de *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* e *E. grandis* x *E. urophylla*. 2004. 151 p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

DOWNES, G. M., et al. Wood properties of *Eucalyptus globulus* at three sites in Western Australia: effects of fertilizer and plantation stocking. AUSTRALIAN FORESTRY, Australia, v. 77, n. 3-4, p.179-188, 2014.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ECHOLS, R. M. Uniformity of wood density assessed from X-rays of increment cores. *WOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY*, v. 7, p. 34-44, 1973.

FERREIRA, M.; KAGEYAMA, P. Y. Melhoramento genético da densidade da madeira de eucalipto. Piracicaba: IPEF, v. 6, n. 20, p. 1-25, 1978. (Boletim Informativo).

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

GOUVEA, A. F. G., et al. Efeito do sítio nas características tecnológicas da madeira de *Eucalyptus* para produção de celulose kraft. *CIÊNCIA DA MADEIRA (BRAZIL JOURNAL WOOD SCIENCE)*, Pelotas, v. 03, n. 02, p. 102-115, 2012.

HENRIQUES, E. P. Variabilidade genética em progênies de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake para carvão vegetal. 2012. 95f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu, 2012.

MENESES, V. A., et al. Efeito da idade e do sítio na densidade básica e produção de massa seca de madeira em um clone do *Eucalyptus urophylla*. *SCIENTIA FORESTALIS*, Piracicaba, v. 43, n. 105, p. 101-116, 2015.

MOYA ROQUE, R. A. M. Variação da anatomia e da densidade básica da madeira de *Gmelina arborea* (Roxb.), em diferentes condições de clima e de manejo na Costa Rica. 2005. 181 p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

OLIVEIRA, B. R. U. et al. Correlações dendroclimatológicas do *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden na Região de Rio Claro, RJ. *CIÊNCIA FLORESTAL*, v. 21, n. 3, p. 499-508, 2011.

OLIVEIRA, G. M. V. Efeito do ambiente sobre a densidade básica da madeira de diferentes fitofisionomias do Estado de Minas Gerais. *CERNE*, Lavras, v. 18, n. 2, p. 345-352, abr./jun. 2012.

PEREIRA, J. C. D. et al. Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. (Documentos, 38).

SILVA, J. C. Caracterização da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden, de diferentes idades, visando a sua utilização na indústria moveleira. 2002. 181 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

TOMAZELLO, M. et al. Application of x-ray technique in nondestructive evaluation of eucalypt wood. *MADERAS*, v. 10, n. 2, p. 139-149, 2008.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO

