

## Caracterização físico-mecânica da madeira de brotação de *Eucalyptus urograndis* para sistemas construtivos em Wood Frame.

Rodrigo Bastos Alvarenga Pereira<sup>1</sup>, Saulo Rocha Ferreira<sup>2</sup>, Vitória Serra Bernardes<sup>2</sup>, Paulo Junio Duarte<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira / Universidade Federal de Lavras; Mestrado em Estruturas da Madeira. <sup>2</sup>Departamento de Engenharia/ Universidade Federal de Lavras

**Resumo:** Com o aumento da oferta de madeira de reflorestamento no Brasil, sistemas construtivos em *wood frame* podem se tornar viáveis quando comparadas às construções convencionais em alvenaria. A fim de avaliar a viabilidade do uso da madeira de brotação de *Eucalyptus urograndis*, foi realizada a caracterização física e mecânica da madeira. Obteve-se resultados médios de 0,429 g.cm<sup>-3</sup> e 0,591 g.cm<sup>-3</sup> para densidades básica e aparente respectivamente, e coeficiente de anisotropia de 1,18. A resistência à compressão paralela às fibras foi de 33,43 MPa e módulo de elasticidade, de 6.656,60 Mpa, classe C30. Nos ensaios de flexão, MOR e MOE apresentaram valores de 85,48 MPa e 11.947 MPa, respectivamente. Pelo método não destrutivo, o MOE apresentou valor de 13.645,8 MPa. Observou-se que as propriedades encontradas são próximas do *Pinus sp.* de 15 anos de idade, tradicionalmente utilizados em quadros estruturais de *wood frame*.

**Palavras-chave:** Madeira Jovem, Estruturas de Madeira, Habitações.

### Physical-mechanical characterization of *Eucalyptus urograndis* sprouting wood for construction systems in Wood Frame.

**Abstract:** With the increasing supply of reforestation wood in Brazil, wood frame constructions system may become viable comparing to the conventional constructions in masonry. With the objective of evaluating the viability of the use of *Eucalyptus urograndis* sprouts, physical and mechanical characterizations of wood was carried out. Average results of 0.429 g.cm<sup>-3</sup> and 0.591 g.cm<sup>-3</sup> were obtained for basic and apparent densities respectively, and anisotropy coefficient of 1.2. The compressive strength parallel to the fibers was 33.43 MPa and modulus of elasticity was 6,656,60 MPa, C30 class. In the flexing tests, MOR and MOE presented values of 85.48 MPa and 11.947 Mpa, respectively. By the non-destructive method, the MOE presented a value of 13,645.8 Mpa. It was observed that the properties found are close to *Pinus sp.* with 15 years old, traditionally used in wood frame structures.

**Keywords:** Young wood, wood structures, housing.

## 1. INTRODUÇÃO

O crescimento das áreas de florestas plantadas no Brasil e maior exigência de qualidade e matéria prima por parte da indústria, propiciaram otimização nas plantações e nos processos industriais de processamento da madeira. O melhoramento genético propiciou uniformidade e qualidade do produto final, para utilização em diversos segmentos industriais tais como carvão vegetal, celulose e papel, madeira sólida e painéis.

Os gêneros *Pinus* e *Eucalyptus* ocupam maior parte de área de árvores plantadas no Brasil. O investimento em melhoramento genético proporcionou alta produtividade, comparado a países de clima temperado.

Para aplicação da madeira jovem de *Eucalyptus*, árvores com menos de 7 anos de idade, incluindo brotações, em estruturas para construção civil, é essencial avaliar as propriedades, uma vez que as propriedades podem diferenciar da madeira de árvores adultas. O desempenho e a resistência da madeira são influenciados pela densidade básica, aumentando rapidamente quando jovem e depois se estabiliza.

Devido ao alto impacto ambiental gerado por construções em alvenaria e concreto, a madeira de reflorestamento é uma alternativa sustentável. Amplamente utilizado na América do Norte e Europa, a técnica *wood frame* é utilizada no Brasil em baixa escala na região sul, utilizando madeira de *Pinus sp.* O sistema *wood frame*, ou plataforma, é formado por peças de madeira de madeira maciça de pequena seção formando quadros estruturais com a função de estrutural. Construções em *wood frame* proporcionam rapidez de construção, flexibilidade e conforto. Com a seleção do gênero e estudo das propriedades da madeira de *Eucalyptus*, a utilização mesmo quando jovem pode se tornar viável.

Diante desse cenário, o objetivo do trabalho é caracterizar físico e mecanicamente a madeira jovem de *Eucalyptus urograndis* verificando sua viabilidade para desenvolvimento de sistemas construtivos *wood frame*.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Coleta do material

O material utilizado no estudo é proveniente de fazenda localizada na zona rural da cidade de Luminárias/MG, localizada nas coordenadas 21°27'46" S e longitude 44°58'37" W com acesso pela rodovia MG 354.

Foram coletadas brotações com 5 anos de idade do gênero *Eucalyptus*, espécie *Eucalyptus*

*urograndis*, híbrido das espécies *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, clone denominado GG100. O plantio foi realizado em janeiro de 2008 e o primeiro corte feito em 2013. O corte da brotação foi realizado em junho de 2018.

## 2.2 Secagem

O material foi seco ao ar livre, nos meses de junho, julho e agosto, protegido da incidência direta dos raios solares, armazenado sob cobertura e sem contato direto com o piso. Com umidade média das peças em de 30%, obtida a partir de determinação de umidade de amostras, as brotações foram processadas para montagem de protótipo em estrutura de *wood frame*. Os corpos de prova para caracterização do material foram armazenados em câmara de climatização para ensaios posteriores.

## 2.3 Caracterização físico-mecânica da madeira

As propriedades físico-mecânicas da madeira foram determinadas de acordo com as especificações da norma NBR 7190 (ABNT, 1997) e ASTM D143 (1994) para a caracterização simplificada da madeira. Foram realizados ensaios para determinação de umidade, densidade básica e aparente a 12% de umidade, estabilidade dimensional, de acordo com procedimentos da NBR 7190 (ABNT, 1997), e compressão paralela e flexão estática da madeira de acordo com procedimentos da ASTM D143 (1994). Foram executados ensaios não destrutivos utilizando o Sonelastic para obtenção do MOE. Os ensaios são necessários para caracterização do material utilizado, por se tratar de material não convencional para estruturas. Foram utilizados 12 corpos de prova para cada ensaio, acondicionados em câmara de aclimação.

## 3. RESULTADOS

Os dados referentes à caracterização física da madeira de brotação do *Eucalyptus Urograndis* estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Propriedades físicas da madeira de *E. urograndis*.

<i>Eucalyptus Urograndis</i>	U (%)	$\rho_{bas}$ (g.cm <sup>-3</sup> )	$\rho_{ap}$ (g.cm <sup>-3</sup> )	$\epsilon_r$ Radial (%)	$\epsilon_i$ Radial (%)	$\epsilon_r$ Tangencial (%)	$\epsilon_i$ Tangencial (%)	CA
<b>Média</b>	15,809	0,429	0,591	7,229	7,809	8,542	9,359	1,18
<b>Desvio Padrão</b>	1,12	0,01	0,04	1,25	1,44	1,33	1,59	-
<b>CV (%)</b>	7,07	1,45	7,29	17,33	18,43	15,60	17,04	-

CV% = Coeficiente de Variação.

Os dados referentes à caracterização mecânica da madeira de brotação do *Eucalyptus Urograndis* estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Ensaio de compressão paralela da madeira de *E. urograndis*.

<i>Eucalyptus Urograndis</i>	Carga max. (kN)	Def. max. (mm)	Resistência (MPa)	Carga 1ª fissura (MPa)	Def. 1ª fissura (mm)	Rigidez (MPa)
<b>Média</b>	26,39	0,03	33,43	38,82	0,01	6.656,60
<b>Desvio Padrão</b>	1,61	0,04	3,85	2,05	0,00	881,152
<b>CV (%)</b>	6,09	138,71	11,51	5,29	30,73	13,24

Na Tabela 3 estão apresentados os resultados médios dos ensaios de flexão estática na forma de módulo de elasticidade (MOE) e módulo de ruptura (MOR). Também é apresentado MOE obtido pelo método *Sonelastic*.

**Tabela 3.** Ensaio de flexão estática da madeira de *E. urograndis*.

<i>Eucalyptus Urograndis</i>	MOR (MPa)	MOE (MPa)	MOE Sonelastic (MPa)
<b>Média</b>	85,48	11.947	13.645,8
<b>Desvio Padrão</b>	7,22	380,40	1.373,8
<b>CV (%)</b>	8,45	3,18	10,07

#### 4. DISCUSSÃO

Os valores da densidade básica e aparente encontrados foram de 0,429 g.cm<sup>-3</sup> e 0,591 g.cm<sup>-3</sup> respectivamente. Avaliando um híbrido clonal de *Eucalyptus urograndis*, Motta et al. (2014) obteve resultado de densidade básica média de 0,478g cm<sup>-3</sup>. Ao analisar a madeira de *Eucalyptus camaldulensis* com 4 anos de idade, Torres et al. (2016) observou densidade básica de 0,470 g.cm<sup>-3</sup> e densidade aparente de 0,581 g.cm<sup>-3</sup>. Os trabalhos citados apresentam características físico mecânicas das madeiras, mas sem citar a utilização em construções em *wood frame*.

Quando comparado com espécies do gênero *Pinus*, o *Eucalyptus urograndis* apresentou valores superiores para densidade. Ao avaliar madeiras com 25 anos de idade de *Pinus patula*, *Pinus elliotti* e *Pinus taeda*, Melchiorretto e Eleotério (2003) observaram densidades básicas médias de 0,370g cm<sup>-3</sup> para as três.

Apresentados na Tabela 1, os valores de retração radial e tangencial, inchamento radial e



tangencial e o coeficiente de anisotropia de contração são as principais características para a avaliação da estabilidade dimensional. O coeficiente de anisotropia obtido foi de 1,18, próximo de 1,0. Anisotropia de contração igual a 1 representa alteração igual de dimensões nos sentidos radial e tangencial, situação considerada ideal e que não provocaria formação de tensões internas. Madeiras com coeficiente de anisotropia de 1,2 a 1,5 são consideradas excelentes. Em estudo com madeira de *Eucalyptus urograndis* de 4 anos de idade, Medeiros et al. (2016), apresentou valores médios de contração radial de 4,17% e contração tangencial de 8,56%, sendo este último estatisticamente igual ao observado no presente estudo. Em relação ao coeficiente de anisotropia, o mesmo observou valor superior a 2.

Os valores médios de contração radial e tangencial encontrados por Gonzalez et al. (2006) ao avaliar madeiras de *Eucalyptus grandis* e de *Eucalyptus cloeziana*, foram próximos aos valores observados no presente estudo. Observou-se no *Eucalyptus grandis* valores de 10,86%, 6,86% e 1,58 para contração tangencial e radial e coeficiente de anisotropia, respectivamente, e 10,09%, 5,51% e 1,83 para o *Eucalyptus cloeziana*.

A média da resistência do presente estudo foi inferior às médias da madeira seca encontradas por Gonçalves (2009), que avaliou árvores de um clone entre as espécies *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* em diferentes extratos (talhadia aos 6 anos, reforma aos 14 anos e reforma aos 6 anos), obtendo valores médios entre 50,99 MPa e 68,94 MPa. Analisando árvores de *E. grandis* com 28 anos, Benjamin (2006) observou que as amostras de *E. grandis* apresentaram valor médio de resistência à compressão paralela às fibras de 32,81 MPa na condição saturada e a 12% de umidade a média das árvores foi 56,05 MPa. Clones de *Eucalyptus grandis* e *E. urophylla* com idade de 6,5 anos foram estudados por Hein e Campos (2009), que obteve média para o módulo de elasticidade (rigidez) de 7847,64 MPa.

O ensaio de flexão das amostras de comprimento de 410 mm gerou médias para MOR de 85,48 e MOE de 11947,00. As médias do estudo foram superiores às encontradas por Veiga et al. (2018), ao avaliar três materiais genéticos com sete anos de idade, sendo dois clones de híbridos naturais de *Eucalyptus urophylla* (VM4 e MN463) e um de *Corymbia citriodora*, obteve valores médios para o MOE de 9.116 MPa, 6.654 MPa e 6888 MPa para as respectivas espécies. A média do MOE encontrada no presente estudo se mostrou inferior à média encontrada por Cruz, Lima e Muniz (2003) de 16.542 MPa, que utilizou árvores de sete clones híbridos naturais do gênero *Eucalyptus* com idades de 5,5 e 10,5 anos em diferentes posições ao longo do tronco.

## 5. CONCLUSÕES

Com base nas interpretações dos resultados e comparações com valores de caracterização da madeira de outros autores apresentados neste trabalho, pode-se concluir que a madeira jovem de *Eucalyptus urograndis* apresenta potencial para uso em sistemas construtivos *wood frame* no Brasil. Uma vez que os resultados de estabilidade dimensional e flexão estática apresentaram-se superiores ou muito próximos dos resultados de espécies de *Pinus* utilizadas no país.

## 6. REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT 11942: Madeira – determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 6 p. 2003.

Baker TR, et al. Variation in wood density determines spatial patterns in Amazonian forest biomass. *Global Change Biology*, 2004, 10 (5): 545-562.

Bergès L, Nepveu G, Franc A. Effects of ecological factors on radial growth and wood density components of sessile oak (*Quercus petraea* Liebl.) in Northern France. *Forest Ecology and Management*, 2008, Amsterdam, 255 (4): 567-579.

Castelo PAR, Matos JLM, Dedecek RA, Lavoranti OJ. Influência de diferentes sítios de crescimento sobre a qualidade da madeira de *Pinus taeda*. *Floresta*, 2008, 38 (3):495-506.

Cherelli, S. G. Cerne e alburno em eucaliptos: influência da espécie e da idade nas propriedades tecnológicas. Dissertação (mestrado) – Botucatu: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, 2015.

Ferreira M, Kageyama PY. Melhoramento genético da densidade básica da madeira de eucalipto. *Silvicultura*, 1978, 2 (2):148-52.

Foelkel C. Qualidade da madeira do Eucalipto – Reflexões acerca da utilização da densidade básica como indicador da qualidade da madeira no setor de base florestal. *Eucalyptus Online Book & Newsletter*. n. 41. Jun. 2015.

Indústria Brasileira de Árvores. Anuário estatístico 2014. Brasília, 100p. 2014.

Indústria Brasileira de Árvores. Anuário estatístico 2014. Anuário estatístico 2017. Brasília, 80p. 2017.

Latorraca JV, Albuquerque CEC. Efeito de rápido crescimento sobre as propriedades da madeira. *Revista Floresta e Ambiente, Seropédica*, 2000, 7 (1): 279-291.

Menezes VA, Trugilho PF, Calegario N, Leite HG. Efeito da idade e do sítio na densidade básica e produção de massa seca de madeira em um clone do *Eucalyptus urophylla*. *Scientia Forestalis*, 2015, 43 (105): 101-116.

Monteiro TC, Silva RV, Lima JT, Baraúna EEP, Carvalho DM, Lima MT. Influência do lenho de tração nas propriedades físicas da madeira de *Eucalyptus* sp. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, 2010; 1: 6-11.

Roque RM, Tomazello Filho M. Variação radial da estrutura anatômica do lenho de árvores de *Gmelina arborea* em diferentes condições de clima e de manejo na Costa Rica. *Scientia Forestalis*, 2009, 37 (83): 273-285.

Santana WMS, Calegario N, Arantes MDC. Trugilho, P. F. Effect of age diameter class on the properties of wood from clonal *Eucalyptus*. *Cerne*, Lavras, 2012, 18 (1):1-8.

Silva JC. Influência da idade e da posição radial na massa específica da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. *Revista Floresta*, 2004, 34 (1): 13-22.

Soares VC, Bianchi ML, Trugilho PF, Hofler J, Pereira AJ. Análise das propriedades da madeira e do carvão vegetal de híbridos de eucalipto em três idades. *Cerne*, Lavras. 2015, 21 (2): 191-197.

