

Qualidade da madeira juvenil de um híbrido clonal (*Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* – H13)

Laércio Serenine Junior¹ Rafael Rodolfo Melo^{2*} Vinicius Gomes de Castro² Maila Janaína Coelho de Souza³
Felipe Gomes Batista³

¹ Universidade Federal de Mato Grosso, Av. Fernando Correa da Costa, 2367, Boa Esperança, Cuiabá-MT, 78060-900

² Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Av. Francisco Mota, 572, Bairro Costa e Silva, Mossoró RN, 59.625-900

³ Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rodovia RN 160, Km 03, s/n - Distrito de Jundiá, Macaíba-RN, 59280-000

*Author for correspondence: rrmelo2@yahoo.com.br

Received: April 2018 / Accepted: February 2019 / Published: March 2019

Resumo

O gênero *Eucalyptus* incluem diversas espécies importantes para a silvicultura florestal do Brasil. Além dessas, os híbridos de *Eucalyptus* spp. vem apresentando elevado potencial para uso estrutural, porém muitas de suas propriedades ainda são desconhecidas, em especial de madeiras oriundas de árvores mais jovens. Logo, a caracterização tecnológica da sua madeira é de grande importância. O objetivo desse trabalho foi avaliar as propriedades tecnológicas da madeira de um híbrido clonal (*Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*) com cinco anos de idade, plantado na região norte do estado de Mato Grosso. Para isso foram coletadas 10 árvores, sendo retirados oito corpos de prova de cada indivíduo, as quais foram avaliadas suas propriedades físicas e mecânicas. Concluiu-se que o híbrido clonal estudado se enquadra dentro da classe C40 da norma brasileira regulamentadora de estruturas de madeiras.

Palavras-chave: Tecnologia da madeira, Compressão paralela, Caracterização simplificada.

Abstract

Eucalyptus is an important genus in Brazilian forestry. *Eucalyptus* hybrid is showing up with potential for wood structures, however, many features are unknown, in particular of wood from younger trees. So, the wood technological characterization this clone is very important. The work aimed evaluated technological characterization of the *Eucalyptus* hybrid clone H13 (*Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*) cultivated in North of Mato Grosso State - Brazil. For this, were harvested ten trees and manufactured eight samples for each. The samples were utilized for physical and mechanical assays. The hybrid evaluated was ranked in C40 grade, according to Brazilian Standard of Wood Structures.

Keywords: Wood technology, Parallel compression to grain, Wood characterization.

Introdução

A cada ano verifica-se um aumento na pressão para que o uso de madeiras de espécies florestais nativas seja reduzido, de modo que haja uma maior conservação dos recursos naturais. Para evitar um déficit futuro de matéria-prima, pesquisas referentes ao uso de espécies alternativas, provenientes de plantios florestais renováveis de ciclo curto estão cada vez mais frequentes. Dentre as espécies mais utilizadas, as do gênero *Eucalyptus* têm se destacado. Um dos motivos para esse destaque, são os programas de melhoramento genético, que produzem clones específicos para diferentes condições ambientais, resistentes a doenças bióticas e abióticas, bem como para a produção de madeira de qualidade para inúmeros fins (Gonzalez et al. 2014).

A madeira como material estrutural apresenta como característica a variabilidade de suas propriedades, mesmo de peças oriundas de uma mesma árvore. Deste modo, um dos

fatores mais importantes e valorizados para o seu uso estrutural é a uniformidade de um lote de madeira quanto às suas propriedades físicas e mecânicas. As variações verificadas nas espécies ocorrem de forma diferenciada, fazendo com que dificilmente se consiga encontrar grupos de árvores ou indivíduos dotados de características sempre desejáveis e que sejam favoravelmente correlacionadas. A associação dessas características é um fator muito importante para a seleção de espécies, de forma que se tenha uma madeira com propriedades tecnológicas mais adequadas para uso estrutural (Lobão et al. 2010, 2011; Melo et al. 2013a).

Dentre as propriedades físicas, a densidade tem se destacada, por ser correlacionável as demais propriedades da madeira. A densidade é uma quantificação da massa de um material lenhoso por unidade de volume, estando relacionada a muitas propriedades tecnológicas da madeira, sendo considerada a propriedade física da madeira mais importante (Melo et al. 2013b; Melo 2015; Zaque et al. 2018). As propriedades mecânicas da madeira são dependentes da densidade, porcentagem de madeira juvenil, largura dos anéis, inclinação da grã, dentre outros, sendo o teor de umidade um dos fatores que mais afeta estas propriedades. Essas características podem variar entre espécies, como dentro de uma mesma espécie ou clone. Isso se deve as características biológicas das árvores, local de crescimento e da interação genótipo-ambiente, fontes naturais de variação e que não podem ser eliminadas (Hung et al. 2015; Rocha et al. 2016).

As fibras são os elementos mais importantes na resistência mecânica da madeira, já que desempenham a função de sustentação do tronco da árvore. Para caracterização da resistência da madeira, a norma brasileira regulamentadora NBR 7190, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT 1997), estabelece que sejam determinadas, pelo menos resistência e a rigidez à compressão paralela as fibras e, por meio destas, estimadas as demais propriedades da madeira. Esse procedimento, denominado caracterização simplificada, é recomendado para espécies usuais com comportamento e propriedades conhecidas.

Neste sentido, o estudo e a caracterização das propriedades físicas e mecânicas da madeira de espécies florestais de reflorestamentos é muito importante, principalmente ao se considerar o estado de Mato Grosso, quem ainda está em fase inicial de implantação de grandes áreas de plantios de eucalipto (Azevedo et al. 2015). Outro fator relevante é a idade de corte das árvores, sendo que a maioria dos estudos são realizados com a madeira adulta. Porém os estudos de madeiras juvenis podem trazer informações importantes, que podem ser avaliados juntamente com os parâmetros de madeiras adultas, para que assim a caracterização de uma espécie seja feita

completamente, tanto na fase juvenil quanto na adulta (Batista et al. 2013; Soares et al. 2016).

O presente estudo tem por objetivo realizar a caracterização tecnológica da madeira juvenil de um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (H13), oriunda da região norte do estado de Mato Grosso.

Material e Métodos

Caracterização da área de estudo e seleção do material

O material utilizado nesse estudo foi retirado de um híbrido clonal (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* – H13) selecionado a partir de um teste clonal de eucalipto, com 5 anos de idade, plantado no município de Sinop, estado de Mato Grosso. O teste clonal foi instalado com 4 repetições, sendo utilizado o espaçamento entre árvores de 3 x 2 m. Nenhum desbaste foi realizado na área experimental. Para seleção das árvores foram avaliados o diâmetro a altura do peito (DAP) e a altura (H) de todas as árvores com o auxílio de uma fita métrica e de um hipsômetro, respectivamente. A partir disso foram escolhidas as dez árvores superiores (considerando DAP, altura, volume), que foram abatidas. Nesse trabalho foi utilizado o clone H13, correspondente ao híbrido clonal de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. De cada árvore abatida, foi retirada uma tora de dois metros de comprimento, a partir da base, as quais foram encaminhadas para uma serraria.

Preparo das amostras

As toras encaminhadas a serraria foram desdobradas em serra circular, sendo retirada uma prancha diametral com cerca de 8 cm de espessura. Posteriormente, as pranchas foram submetidas a secagem ao ar livre por 60 dias. Após a secagem, elas foram encaminhadas para uma marcenaria para confecção dos corpos de prova para determinação das propriedades físicas e mecânicas da madeira. De cada prancha diametral foram confeccionados quatro corpos de prova para realização dos ensaios.

Para os testes físicos foram confeccionados corpos de prova com dimensões de 20 x 20 x 50 mm (largura x espessura x comprimento) e para os testes mecânicos foram adotadas as dimensões 50 x 50 x 200 mm (largura x espessura x comprimento). Em seguida, os corpos de prova foram acondicionados em sala climatizada com temperatura de 20°C e umidade relativa de 65% até uma umidade de equilíbrio de aproximadamente 12%, base seca.

Determinação das propriedades físicas

Para a determinação da densidade básica, os corpos de prova foram submersos em água até atingirem massa constante. Em seguida, para cada corpo de prova foi determinado o volume saturado com base no peso do líquido deslocado (princípio de Arquimedes). A massa absolutamente seca da madeira, a 0% de umidade, foi obtida pela pesagem em uma balança de precisão, após os corpos de prova serem secos em estufa a 103°C, até que atingissem massa constante. Adicionalmente determinou-se a densidade aparente das amostras quando estas atingiram a umidade de equilíbrio higroscópico com o ambiente (temperatura de 20°C e umidade relativa de 65%).

Para a avaliação da estabilidade dimensional determinou-se as contrações lineares, a contração volumétrica e o fator anisotrópico de contração. Para isto, os corpos de prova foram submersos em água até atingirem massa constante e, em seguidas, tiveram sua massa e dimensões lineares mensuradas. Posteriormente foram encaminhadas para secagem em estufa a 103°C e, ainda anidras, tiveram sua massa e dimensões lineares absolutamente secas mensuradas. A partir da diferença das dimensões dos corpos de prova úmidos e secos, determinou-se os parâmetros relacionados a

estabilidade dimensional.

Determinou-se também o teor de umidade equilíbrio da madeira (temperatura de 20°C e umidade relativa de 65%) e no momento em que, após imersão, ela atingiu o ponto de saturação das fibras (PSF), por meio da leitura diária do ganho volumétrico de cada amostra.

Compressão paralela às fibras

O teste foi realizado segundo a NBR 7190 (ABNT 1997) em uma máquina universal de ensaios, com capacidade de carga de 30 toneladas. Os testes foram feitos no laboratório de Tecnologia da Madeira da Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT), Campus de Sinop. Foi determinado a resistência ($f_{c0,j}$) e o módulo de elasticidade ($E_{c0,j}$) à compressão paralela às fibras. Depois de realizado esse teste, as amostras foram analisadas com o objetivo de determinar o tipo de ruptura ocorrido pela carga aplicada. Para isso foi levado em consideração os modelos de rupturas sugeridas por Moreschi (2014), que poderão ocorrer com a realização desse teste, sendo elas: a) amassamento; b) rachadura lateral; c) cisalhamento; d) rachadura longitudinal; e) amassamento e cisalhamento paralelo à grã; f) deslizamento na forma de vassoura.

Caracterização simplificada da madeira

Para caracterização da madeira do clone H13, empregou-se o modelo de caracterização simplificada proposto pela NBR 7190 (ABNT 1997), onde foi determinada a compressão paralela às fibras e, a partir deste teste, estimada outras propriedades de resistência características da madeira. Para a determinação do valor característico de resistência à compressão paralela às fibras ($f_{c0,k}$) foi utilizado a Equação 1. A partir da resistência e do módulo de elasticidade à compressão, foram estimadas as outras propriedades mecânicas, conforme Tabela 1.

$$f_{c0,k} = \left(2 * \frac{f_1 + f_2 + \dots + f_{\frac{n}{2}} - 1}{\frac{n}{2} - 1} - \frac{f_n}{2} \right) * 1,1 \quad (\text{Equação 1})$$

Em que: $f_{c0,k}$ = Valor característico de resistência à compressão paralela às fibras; f = Valor de resistência à compressão paralela às fibras de cada amostra; n = Número de amostras

Tabela 1. Relações para estimativa da resistência da madeira por meio da caracterização simplificada.

Notação	Nomenclatura	Relações
$f_{e90,k}$	Resistência à compressão normal às fibras	$f_{e90,k} / f_{c0,k} = 0,25$
$f_{t0,k}$	Resistência à tração paralela às fibras	$f_{c0,k} / f_{t0,k} = 0,77$
$f_{e0,k}$	Resistência ao embutimento paralelo às fibras	$f_{e0,k} / f_{c0,k} = 1,0$
$f_{e90,k}$	Resistência ao embutimento normal às fibras	$f_{e90,k} / f_{c0,k} = 0,25$
$f_{v0,k}$	Resistência ao cisalhamento paralelo às fibras	$f_{v0,k} / f_{c0,k} = 0,12$
$f_{M,k}$	Resistência à flexão estática	$f_{M,k} / f_{t0,k} = 1,00$

Resultados e discussão

Composição Florística

Os valores de densidade básica da madeira do clone H13 variaram entre 0,387 a 0,491 g/cm³, com média de 0,435 g/cm³. Para a densidade aparente os valores variaram entre 0,475 a 0,603 g/cm³, com média de 0,528 g/cm³ (Tabela 2). Tais resultados caracterizam a madeira juvenil do clone testado como sendo de um material de média densidade (Moreschi 2014).

Tabela 2. Densidade básica e aparente, porosidade, teor de umidade ao equilíbrio e no ponto de saturação das fibras da madeira jovem de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (clone H13)

	ρ_b (g/cm ³)	Φ (%)	ρ_a (g/cm ³)	TU _{Eq} (%)	TU _{PSF} (%)
Máximo	0,491	68,12	0,603	11,30	42,19
Médio	0,435	71,75	0,528	9,31	32,08
Mínimo	0,387	74,87	0,475	7,66	22,28
Desvio Padrão	0,027	4,48	0,035	0,482	5,39
CV%	6,240	6,24	6,601	5,181	16,80

ρ_b, ρ_a = massa específica básica e massa específica aparente ao teor de umidade de equilíbrio; Φ = porosidade; TU_{Eq}, TU_{PSF} = teor de umidade ao equilíbrio e teor de umidade no ponto de saturação das fibras.

Gonzalez et al. (2014), avaliando a madeira do mesmo híbrido clonal plantado em Brasília, Distrito Federal, com idade de oito anos, observaram uma densidade média de 0,510 g/cm³, com valores variando entre 0,427 a 0,623 g/cm³. A diferença observada entre os valores de Gonzalez et al. (2014) e os deste trabalho pode ser atribuída a diferença de idade destes estudos. Melo (2015) destaca que a densidade é diretamente influenciada pela idade da árvore, principalmente em espécies florestais de rápido crescimento e quando são usadas ainda jovens. Para estes casos a influência quase sempre é direta, ou seja, a densidade básica aumenta com a idade da árvore.

Os valores médios de contração linear para os diferentes eixos da madeira (longitudinal, radial e tangencial) e contração volumétrica encontram-se na Tabela 3. De forma geral, a madeira de híbrido clonal apresentou um desempenho satisfatório quanto a sua estabilidade dimensional, com médias de contrações nos eixos radial e tangencial de 5,33 e 6,91% e fator anisotrópico de 1,32.

Tabela 3. Contração lineares, volumétrica e fator anisotrópico da madeira jovem de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (clone H13).

	β_L (%)	β_R (%)	β_T (%)	β_V (%)	Fa
Máximo	0,99	7,24	11,84	18,01	2,09
Médio	0,65	5,33	6,91	11,92	1,32
Mínimo	0,11	2,87	4,02	7,74	1,04
Desvio Padrão	0,12	0,85	1,17	1,62	0,25
CV%	18,46	15,88	16,85	13,55	18,74

$\beta_L, \beta_R, \beta_T$ = contrações lineares nos eixos longitudinal, radial e tangencial; β_V = contração volumétrica; fa = fator anisotrópico.

No presente estudo, os valores médios do Módulo de Elasticidade ($E_{c0,m}$) e da resistência ($f_{c0,m}$) obtidos pelo teste de compressão paralela às fibras, para madeira do clone H13, foram de 10.549 MPa e 42,86 MPa respectivamente. Stangerlin et al. (2008), estudando madeira de *Eucalyptus grandis* com idade de 15 anos, encontraram valores médios do módulo de elasticidade a compressão paralela às fibras variando de 13.119 a 16.944 MPa. Silva et al. (2005), caracterizando a madeira de *Eucalyptus grandis* com idades de 10, 14, 20 e 25 anos, encontrou valores médios de módulo de elasticidade a compressão paralela às fibras de 10.131, 13.593, 14.912 e 13.056 MPa, respectivamente, mostrando que a idade tem efeito significativo sobre o módulo de elasticidade. Os valores observados no presente estudo são similares aos observados por estes autores para a madeira das árvores com idade de 10 anos. Com relação ao módulo de ruptura, Santos et al. (2008) encontraram valores para híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus globulus*, com idade de 7,6 anos, de 48,48 MPa.

A NBR 7190 (ABNT 1997) traz valores médios das propriedades de módulo de elasticidade e resistência da madeira para diversas espécies. Para o híbrido *Eucalyptus urophylla*, estudado nesse trabalho, não há essas informações, entretanto, podem ser observadas essas

informações para as espécies *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*. Para o *Eucalyptus grandis*, a norma estabelece valor médio de resistência à compressão paralela às fibras de 40,3 MPa, valor esse menor ao encontrado nesse trabalho e de 12.813 MPa para o módulo de elasticidade. Para o *Eucalyptus urophylla*, a norma estabelece um valor médio de resistência à compressão paralela às fibras de 46,0 MPa, valor um pouco maior que o encontrado nesse ensaio, e de 13.166 MPa para o módulo de elasticidade. É importante ressaltar que a NBR 7190 disponibiliza valores das propriedades mecânicas de indivíduos adultos, e a madeira avaliada nesse trabalho foi oriunda de indivíduos jovens, com 5 anos, e o valor da resistência a compressão paralela às fibras já está bem próximo as espécies mais adultas. Isso mostra que esse clone pode ser utilizado em estruturas de pequeno e médio porte, e possivelmente se utilizadas com idade suficiente para ter atingido a maturidade, poderá ser obtida uma madeira com propriedades mecânicas superiores.

Na Tabela 4 são observados os tipos de ruptura que ocorreram nos ensaios de compressão paralela às fibras, além dos tipos de rompimentos dos corpos de prova testados. O principal tipo de ruptura ocorrido foi o cisalhamento, observado em 47,50% dos corpos de prova, seguido do tipo amassamento, observado em 42,50 %, o tipo deslizamento na forma de vassoura ocorreu em 7,50 % dos corpos de prova, enquanto apenas 2,50 % romperam por rachadura lateral. Os demais tipos de rompimento não foram observados.

Tabela 4. Ocorrência do tipo de ruptura no ensaio de compressão paralela às fibras da madeira jovem de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (clone H13).

	Tipo de Ruptura					
	a	b	c	d	e	f
Número	17,0	1,0	19,0	0,0	0,0	3,0
Percentual	42,5	2,5	47,5	0,0	0,0	7,5

a) amassamento; b) rachadura lateral; c) cisalhamento; d) rachadura longitudinal; e) amassamento e cisalhamento paralelo à grã; f) deslizamento na forma de vassoura.

O rompimento do tipo cisalhamento foi o que mais ocorreu, possivelmente devido da juvenilidade do material, sendo que madeiras muito juvenis tem uma maior inclinação do ângulo microfibrilar, causando assim a ruptura nesse sentido. Já o rompimento por amassamento foi o tipo mais comum de ruptura. O rompimento por deslizamento na forma de vassoura foi observado em apenas três corpos de prova.

Os tipos de rompimento mais frequente dos corpos de prova durante os testes na máquina de ensaios foram o amassamento e o cisalhamento. Isso pode ter ocorrido possivelmente devido porque no sentido tangencial, a madeira é mais fraca que no sentido radial. Como consequência ocorre o deslizamento das fibras no sentido tangencial com o avanço da deformação, em um ângulo de aproximadamente 60° em relação à direção das fibras da madeira (Moreschi 2014). Mascia e Nicolas (2013), estudando a madeira de cupiúba (*Goupia glabra*), observaram tipos de ruptura para o ensaio de compressão paralela às fibras principalmente do tipo “a” (amassamento) e “d” (rachadura longitudinal).

A estimativa da resistência para os demais tipos de esforços da madeira do clone H13, obtida pela determinação dos valores característicos, pode ser observada na Tabela 5. A partir do valor característico da resistência paralela às fibras, chegou-se à conclusão, de acordo com a norma NBR 7190 (ABNT 1997), que o híbrido está dentro da classe C40 de resistência, ou seja, está em uma classe intermediária de resistência. Essa variabilidade observada para as propriedades mecânicas pode ser explicada por se tratar de indivíduos jovem, com a madeira ainda em processo de

maturação. Segundo Gatto et al. (2013), Tanabe et al. (2016), com o envelhecimento do câmbio vascular, as novas células a serem formadas se tornam sua parede cada vez mais espessas até estabilizarem quando atingirem a fase adulta. Tal comportamento influencia significativamente a densidade da madeira e, conseqüentemente, suas propriedades físicas e mecânicas. De acordo com Serpa et al. (2003) e Vivian et al. (2010), para obtenção de madeiras mais estáveis dimensionalmente e com maior resistência mecânica, é essencial que sejam utilizadas árvores com idades mais avançadas e com produção de madeira adulta. Segundo estes autores, escolhas como esta possibilitam a obtenção de um material de melhor qualidade para fins estruturais.

Tabela 5. Resistência e rigidez da madeira jovem de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (clone H13) em valores característicos.

Resistência e Rigidez em valores característicos – f_k (MPa)	
$f_{c0,k}$	42,03
$f_{c90,k}$	10,51
$f_{t0,k}$	54,58
$f_{e0,k}$	42,03
$f_{e90,k}$	10,51
$f_{v0,k}$	5,04
$f_{M,k}$	54,58

Resistência a compressão paralela às fibras ($f_{c0,k}$); Resistência a compressão normal às fibras ($f_{c90,k}$); Resistência à tração paralela às fibras ($f_{t0,k}$); Resistência ao embutimento paralela às fibras ($f_{e0,k}$); Resistência ao embutimento normal às fibras ($f_{e90,k}$); Resistência ao cisalhamento paralelo às fibras ($f_{v0,k}$); Resistência a flexão estática ($f_{M,k}$), todos em valores característicos.

Lobão et al. (2004), estudando lotes de madeira de *Eucalyptus grandis*, encontraram valores de 46,5 MPa para o teste de compressão paralela às fibras, de 3,1 MPa para a compressão perpendicular às fibras valor, de 7,8 MPa para o cisalhamento valor, de 56,96 MPa para a tração paralela às fibras e de 54,7 MPa para a flexão estática. Todos esses valores, com exceção da resistência à compressão perpendicular às fibras, foram maiores, porém bem próximos, aos valores estimados para o híbrido avaliado nesse trabalho. Gonçalves et al. (2010) encontraram para um híbrido clonal de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* com cerca de seis anos, valores médios de resistência a flexão estática variando de aproximadamente 86,5 a 107,6 MPa.

Conclusões

A madeira do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (clone H13), oriunda de árvores com cinco anos de idade, foi enquadrado como um C40 de resistência, conforme NBR 7190 (ABNT, 1997). O híbrido clonal tem potencial para ser empregado em aplicações estruturais.

Referências

- Associação Brasileira de Normas Técnicas (1997) *NBR7190: projetos de estruturas de madeira*. Rio de Janeiro: ABNT. 107p.
- Azevedo LPA, Costa RB, Martinez, DT, Tsukamoto Filho AA, Brondani GE, Baretta MC, Ajala, WV (2015) Seleção genética em progênies de *Eucalyptus camaldulensis* em área de cerrado matogrossense. *Ciência Rural*, 45(11):2001-2006. doi: 10.1590/0103-8478cr20131557
- Batista DC, Hegeduz CEN, Pizzol VD, Corteletti RB. Partial shrinkage and proportion of cracks in juvenile and adult wood of *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. *Ciência da Madeira*, 4(2):202-213. doi: 10.12953/2177-6830.v04n02a06

- Gatto DA, Cadermatori PHG, Stangerlin DM, Calegari L, Trevisan R, Denardi L (2013). Proportion of juvenile wood of açoita-cavalo, pecan and London plane wood. *International Wood Products Journal*, 04(1):33-36. doi: 10.1179/2042645312Y.0000000001
- Gonçalves JC, Santos, GL, Silva Junior FG, Martins IS, Costa JA (2014) Relações entre dimensões de fibras e de densidade da madeira ao longo do tronco de *Eucalyptus urograndis*. *Scientia Forestalis*, 42(101):81-89.
- Gonçalves FG, Oliveira JTS, Silva GF, Nappo ME, Tomazello Filho M (2010) Parâmetros dendrométricos e correlações com propriedades tecnológicas em um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. *Revista Árvore*, 34(5):947-959. doi: 10.1590/S0100-67622010000500020
- Hung TD, Rocha MFV, Vital BR, Carneiro ACO, Carvalho AMML, Cardoso MT, Hein PRG (2015) Effects of plant spacing on the physical, chemical and energy properties of eucalyptus wood and bark. *Annals of Forest Science*, 72(205):243-248. doi:10.1007/s13595-014-0426-9
- Lobão MS, Chagas MP, Costa DSP, Ferreira ATB, Sete Jr CR, Carvalho IL, Tomazello Filho M (2010) Agrupamento de espécies florestais pela similaridade das características físico-anatômicas e usos da madeira. *Cerne*, 16:97-105.
- Lobão MS, Castro VR, Rangel A, Sarto C, Tomazello Filho M, Silva Júnior FG, Camargo Neto L, Bermudez MARC (2011) Agrupamento de espécies florestais por análises univariadas e multivariadas das características anatômicas, físicas e químicas das suas madeiras. *Scientia Forestalis*, 39(92):469-478.
- Lobão MS, Della Lúcia RM, Moreira MSS, Gomes A (2004) Caracterização das propriedades físico-mecânicas da madeira de eucalipto com diferentes densidades. *Revista Árvore*, 28(6):889-894. doi: 10.1590/S0100-67622004000600014
- Mascia NT, Nicolas EA (2013) Determination of Poisson's ratios in relation to fiber angle of a tropical wood species. *Construction & Building Materials*, 41:691-696. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2012.12.014
- Melo RR, Araldi DB, Stangerlin DM, Müller MT, Gatto DA (2013a) Uso das características tecnológicas da madeira para o agrupamento de espécies florestais. *Nativa*, 1(1):1-7, 2013. doi: 10.14583/2318-7670.v01n01a01
- Melo RR, Silvestre R, Oliveira TM, Pedrosa TD (2013b) Variação radial e longitudinal da densidade básica da madeira de *Pinus elliottii* Engelm. com diferentes idades. *Ciência da Madeira*, 4(1):93-92. doi: 10.12953/2177-6830.v04n01a07
- Melo, RR (2015) Radial and longitudinal variation of *Pinus taeda* L. wood basic density in different ages. *Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 58(2):192-197. doi: 10.4322/rca.1839
- Moreschi JC (2014) *Propriedades tecnológicas da madeira*. 4ª Edição. Curitiba: DETF/UFPR. 208p.
- Rocha MFV, Vital BR, Carneiro ACO, Carvalho AMML, Cardoso MT, Hein PG (2016) Effects of plant spacing on the physical, chemical and energy properties of

- eucalyptus wood and bark. *Journal of Tropical Forest Science*, 28(3):243-248.
- Serpa PN, Vital BR, Della Lúcia RM, Pimenta AS (2003) Avaliação de algumas propriedades da madeira de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus eliotti*. *Revista Árvore*, 27(5):723-733. doi: 10.1590/S0100-67622003000500015
- Silva JC, Matos JLM, Oliveira JTS, Evangelista WV (2005) Influência da idade e da posição radial na flexão estática da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. *Revista Árvore*, 29(5):795-799. doi: 10.1590/S0100-67622005000500014
- Soares BC, Lima JT, Silva JRM (2016) Analysing the drying behavior of juvenile and mature *Eucalyptus saligna* wood in drastic drying test for optimal drying schedule. *Maderas: Ciencia y Tecnología*, 18(4):543-554. doi: 10.4067/S0718-221X2016005000047
- Stangerlin DM, Calegari L, Santini EJ, Domingues JMX, Gatto DA, Melo RR (2008) Determinação do módulo de elasticidade em madeiras por meio de métodos destrutivo e não destrutivo. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 3(2):145-150. doi: 10.5039/agraria.v3i2a284
- Tanabe J, Ishiguri F, Nakayama M, Ohshima J, Iizuka K, Yokota S (2016) Properties of juvenile and mature wood and their effects on the bending properties of lumber in *Pinus taeda* growing in Tohigi, Japan. *Forest Products Journal*, 66(7-8):428-432. doi: 10.13073/FPJ-D-15-00069
- Vivian MA, Modes KS, Beltrame R, Souza JT, Santini EJ, Haselein CR (2010) Propriedades físico-mecânicas da madeira de canafístula aos 10 anos de idade. *Ciência Rural*, 40(5):1097-1102. doi: /10.1590/S0103-84782010005000086
- Zaque LAM, Ferreira MD, Melo RR (2018) Variação radial e longitudinal da massa específica básica da madeira de *Araucaria angustifolia* com diferentes idades. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 38(1):1-5. doi: 10.4336/2018.pfb.38e201601368