



## Variação longitudinal da densidade básica de madeiras de espécies nativas em plantios homogêneos

Jonnys Paz Castro<sup>1\*</sup>, José Henrique Camargo Pace<sup>1</sup>, Glacyanne Christine Vieira dos Santos<sup>1</sup>, Danilo Henrique dos Santos Ataíde, João Vicente de Figueiredo Latorraca<sup>1\*\*</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. \* Autor para correspondência: \*jonnys\_33@hotmail.com, \*\*latorraca@hotmail.com

**Resumo:** A análise da variação da densidade básica ao longo do fuste pode direcionar o manejo em plantios homogêneos e determinar o uso adequado da madeira. O objetivo deste estudo foi caracterizar e modelar a variação longitudinal da densidade básica de três espécies nativas. Foram selecionadas 5 árvores por espécie, nas quais foram coletados discos em 5 posições ao longo do fuste para a determinação da densidade básica. O volume comercial foi obtido por cubagem rigorosa. A relação entre a densidade básica e a variação longitudinal foi caracterizada e modelada por meio da análise de regressão. Apenas a farinha seca (*Basiloxylon brasiliensis*) apresentou uma forte relação funcional da densidade básica com as posições ao longo do eixo da árvore, para as demais espécies a relação foi fraca ou nula. Portanto, a densidade básica da madeira segue um padrão distinto em função da posição no fuste para cada espécie estudada.

**Palavras-chave:** Qualidade da madeira, Posição axial, Mata Atlântica, Stepwise, Ajuste de modelos.

### Longitudinal variation of the basic wood density of native species in homogeneous stands

**Abstract:** Wood basic density variation analysis can direct the management of homogeneous stands and determine the appropriate use of wood. This study aimed to characterize and model the longitudinal variation of the basic density of three native species. Five trees/species were selected from which 5-position discs were collected along the stems for determination of the basic density. The commercial volume was obtained by stem measurements. The relationship between basic density and longitudinal variation was characterized and modeled by regression analysis. The *Basiloxylon brasiliensis* presented a strong functional relationship of basic density with positions along of the stem, for the other species the relation was weak or null. Therefore, the basic density of wood follows a different pattern depending on the position in the stem for each species studied.

**Keywords:** Wood quality, Axial position, Atlantic Forest, Stepwise, Models adjustment.

## 1. INTRODUÇÃO

PATROCINADORES:



**STIHL®**

ORGANIZAÇÃO:



No Brasil, apenas 2% do total da área plantada são destinados para a silvicultura de espécies nativas madeireiras (IBÁ, 2017). A baixa taxa de crescimento em espécie tropicais foi um dos motivos, durante muito tempo, para justificar o plantio de espécies exóticas. As práticas silviculturais e o manejo adequados podem proporcionar volume suficiente tornando rentável essa silvicultura (Rolin & Piotto, 2018). Contudo, as propriedades tecnológicas da madeira produzida em plantios homogêneos de espécies nativas são pouco abordadas na literatura.

A densidade básica é considerada a propriedade tecnológica mais relevante na determinação da qualidade da madeira e do seu uso final, uma vez que esta relaciona-se diretamente com as demais propriedades e é de fácil obtenção. Além disso, é um parâmetro que reflete a variabilidade genética (intra e interespecífica) e ambiental (Hsing et al., 2016; Silva et al., 2015). A variação em densidade da madeira (longitudinal e radial) pode ocorrer em função de características intrínsecas às árvores (genótipo, fisiologia, anatomia, química e idade) e extrínsecas, sobretudo no que diz respeito aos tratos silviculturais e fatores climáticos (Moulin et al., 2017; Rios et al., 2018). Compreender os padrões de variação desta propriedade auxilia nos direcionamentos de manejo dos plantios e uso adequado da madeira.

Em geral, a variação longitudinal da densidade pode apresentar os seguintes padrões: (i) decréscimo uniforme com o aumento em altura (Eloy et al., 2013; Sanquetta et al., 2013; Trautenmüller et al., 2016); (ii) decréscimo até um determinado ponto e, em seguida, acréscimo até o topo da árvore, ocasionalmente seguida de uma leve redução nas partes superiores (Eloy et al., 2013; Trevisan et al., 2012); (iii) aumento da base para o topo, não obedecendo a um padrão uniforme de variação; e (iv) uniformidade ao longo de todo o comprimento do fuste (Downes & Raymond, 1997). As informações sobre a variação longitudinal da densidade básica para a maioria das espécies tropicais brasileiras ainda não estão disponíveis. Com isso, objetivo deste trabalho foi caracterizar e modelar a variação longitudinal da densidade básica da madeira de angico preto (*Senegalia polyphylla* (DC.) Britton), boleira (*Joannesia princeps* Vell.) e farinha seca (*Basiloxylon brasiliensis* (Allemão) K. Schum.).

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Seleção e coleta do material

O material estudado foi coletado em um dos maiores conjuntos de remanescentes de florestas primárias da Mata Atlântica, a Reserva Natural Vale em Linhares, Espírito Santo, Brasil. As espécies madeireiras estudadas foram plantadas em talhões homogêneos em espaçamento de 3 x 2 m e com adubação de 400g de NPK (5:14:3) por planta no momento do plantio. Foram



selecionadas 5 árvores por espécie, devido ao limite de volume para exploração e transporte permitido pelos órgãos regulamentadores. As três espécies selecionadas foram o angico preto (*Senegalia polyphylla*), boleira (*Joannesia princeps*) e farinha seca (*Basiloxylon brasiliensis*), com idade no momento do abate de 27, 17 e 25 anos, respectivamente. Para cada árvore foram realizadas mensurações da altura total (Ht), altura comercial (Hc) (até 5 cm de diâmetro) e diâmetro à altura do peito (DAP). As árvores selecionadas foram cortadas e, ao longo do fuste, retirados discos ( $\pm 5$  cm de espessura) a 0% (base), 25%, 50%, 75% e 100%, referentes à altura comercial.

## 2.2 Determinação da densidade básica

A densidade básica dos discos foi determinada seguindo as recomendações da NBR 11491 (Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, 2003). Em seguida foi calculada a densidade básica ponderada ( $Db_p$ ) (equação 1) em função do volume comercial com casca de cada árvore, o qual foi obtido por cubagem rigorosa de Smalian.

(1)

Onde:  $Db_p$  = Densidade média ponderada ( $\text{kg.m}^{-3}$ );  $Db$  = média da densidade básica entre as posições 0 e 25; 25 e 50; 50 e 75; 75 e 100 ( $\text{kg.m}^{-3}$ );  $V$  = Volume das seções entre as posições 0 e 25; 25 e 50; 50 e 75; 75 e 100% ( $\text{m}^3$ ).

## 2.3 Análise estatística

A relação funcional entre a densidade básica e a variação longitudinal (P) foi caracterizada e modelada por meio da análise de regressão. A construção do modelo foi realizada a partir do procedimento de seleção de variáveis denominado *Stepwise*. Neste processo, foram construídos e avaliados modelos da relação entre a densidade básica e as variáveis P; 1/P;  $P^2$ ; 1/ $P^2$ ; lnP; 1/lnP;  $\sqrt{P}$ . O modelo utilizado no ajuste foi selecionado a partir do menor valor de AIC - Critério de Informação de Akaike. A significância dos coeficientes da equação ajustada ( $\alpha=0,05$ ), bem como a qualidade do ajuste foram avaliados.

## 3. RESULTADOS

Os valores médios obtidos para densidade básica ( $\rho_b$ ), no sentido base-topo, para angico preto, farinha seca e boleira variaram entre 773 a 725  $\text{kg.m}^{-3}$ , 602 a 499  $\text{kg.m}^{-3}$  e 390 a 375  $\text{kg.m}^{-3}$ , respectivamente. A média da densidade básica ponderada do angico preto, boleira e farinha seca foram 743, 385 e 549  $\text{kg.m}^{-3}$ , respectivamente. Os modelos ajustados para estimar a densidade básica em função da posição longitudinal, os coeficientes e a qualidade dos modelos ajustados para

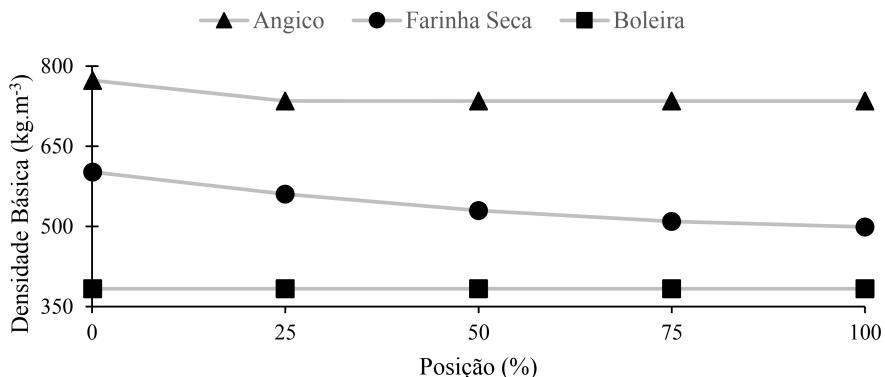
as três espécies estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Modelo, coeficientes e qualidade do ajuste da relação entre a densidade básica e a variação longitudinal da madeira de angico, boleira e farinha seca.

Espécie	Modelo			R <sup>2</sup> aj.	S <sub>yx(%)</sub>	AIC
Angico preto		734,600	0,386*	-	0,25	3,47
Boleira		383,400	-	-	-	171,33
Farinha Seca		601,890	-1,856*	0,008*	0,83	3,16
						144,61

Em que = parâmetros do modelo; R<sup>2</sup> aj. = coeficiente de determinação ajustado; S<sub>yx(%)</sub> = erro padrão da estimativa em porcentagem; AIC = critério de informação de Akaike; \* significativo a 5% de probabilidade.

A farinha seca apresentou uma forte relação funcional da  $\rho_b$  com as posições ao longo do eixo da árvore, representada pelo decréscimo da densidade com o aumento em altura. Para o angico preto, a  $\rho_b$  decresceu da base até aproximadamente 25% da altura, tendendo a estabilizar a partir de então. A variação axial da  $\rho_b$  da boleira não foi influenciada pela altura do fuste (Figura 1).



**Figura 1.** Variação longitudinal da densidade básica estimada pelos modelos ajustados para cada espécie.

#### 4. DISCUSSÃO

A variabilidade da densidade básica em relação à altura da árvore para o angico preto, boleira e farinha seca pode estar relacionada com o ambiente e genética, por se tratarem de espécies nativas da Mata Atlântica de origem seminal, cultivadas em plantios homogêneos. Os diferentes níveis de uniformidade na densidade da madeira são mais influenciados pelos tratamentos silviculturais e genética em relação aos fatores ambientais (Trevisan et al., 2012). Com isso, a variação para as espécies estudadas tende a ser diferenciada em relação àquelas que são comumente encontradas para espécies em plantios homogêneos.



No caso da boleira, em que a densidade manteve-se uniforme ao longo do eixo longitudinal, a idade pode ter sido um fator que influenciou no padrão observado, uma vez que esta apresenta relação com a densidade (Sanquetta et al., 2013). Isto se deve a maior proporção de lenho juvenil, caracterizado por menores densidades quando comparado ao lenho adulto. Conforme ocorre a formação deste segundo lenho, a densidade nas primeiras porções do fuste tende a aumentar, podendo alterar seu padrão de variação longitudinal.

A farinha seca, assim como a boleira, é uma espécie de rápido crescimento (Rolim & Piotto, 2018). No entanto, para esta espécie, foi observada uma variação na densidade básica ao longo do fuste. Isto pode ser atribuído à presença de lenho adulto, resultando em maiores densidades nas porções iniciais do fuste, reduzindo de forma gradativa em função da menor proporção deste lenho (Figura 1). O padrão de variação longitudinal observado para o angico preto pode ser explicado pelo tamanho dos fustes e arquitetura de copa das árvores dessa espécie nos plantios. Fustes mais curtos resultaram em posições dos discos proporcionalmente mais próximos, afetando a distribuição da densidade a partir da posição 25%.

## 5. CONCLUSÕES

A densidade básica da madeira segue um padrão distinto em função da posição no fuste para cada espécie estudada, assim cada uma obteve um modelo de ajuste específico. Nenhuma relação funcional da densidade básica com a posição longitudinal é observada para a boleira, demonstrando homogeneidade da variável em qualquer posição tomada. A densidade básica no angico preto não sofre influência da posição no fuste a partir de 25%. A medida que a distância base-topo aumenta a densidade básica da madeira da farinha seca é menor.

## 6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à VALE e aos seus colaboradores que trabalham na Reserva Natural Vale pelo material cedido e auxílio nas coletas em campo. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

## 7. REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 11941: madeira – determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 2003.

Alzate SBA, Tomazello Filho M, Piedade 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* 2005; (68): 87-95.

Eloy E, Caron BO, Trevisan R, Schmidt D, Zanon MLB, Behling A et al. Variação longitudinal e efeito do espaçamento na massa específica básica da madeira de *Mimosa scabrella* e *Ateleia glazioveana*. *Floresta* 2013; 43(2): 327-334.

Hsing TY, Paula NF, Paula RC. Características dendrométricas, químicas e densidade básica da Madeira de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. *Ciência Florestal* 2016; 26(1): 273-283.

Lima JT, Rosado SCS, Oliveira AD. Variação da densidade da madeira de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus tereticornis* e *Eucalyptus camaldulensis* no sentido longitudinal dos caules. *Revista Ciência e Prática* 1992; 16(1): 123-127.

Malan FS; Hoon M. Effect of initial spacing and thinning on some wood properties of *Eucalyptus grandis*. *South African Forestry Journal* 1992; 163(1):13-20.

Moulin JC, Arantes MDC, Oliveira JGL, Campinhos E, Gomes F, Vidaurre GB. Efeito do espaçamento, idade e irrigação no volume e densidade básica do eucalipto. *Floresta e Ambiente* 2017; 24 (e00073914): 1-10.

Rios PDA, Vieira HC, Pereira GF, Turmina E, Nicoletti MF. Variação radial e longitudinal da densidade básica da madeira de *Pinus patula*. *Pesquisa Florestal Brasileira* 2018; 38(e201501016): 1-5.

Rolim SG, Piotto D. Silvicultura e tecnologia de espécies da mata atlântica. Belo Horizonte: Editora Rona; 2018.

Sanquetta CR, Trevisan R, Behling A, Eloy E, Dalla Corte AP, Simon AA et al. Variação axial da massa específica básica da *Acacia mearnsii* em diferentes regiões do estado do Rio Grande do Sul. *Revista Biociências* 2013; 19(2): 43-52.

Silva CJ, Vale AT, Miguel EP. Densidade básica da madeira de espécies arbóreas de Cerradão no estado de Tocantins. *Pesquisa Florestal Brasileira* 2015; 35(82): 63-75.

Trautenmüller JW, Borella J, Balbinot R, Lambrecht, FR, Valerius J, Costa Junior S et al. Longitudinal variation of wood basic density of *Inga marginata* and *Chrysophyllum gonocarpum*. *Advances in Forestry Science* 2016; 3(3): 45-49.

Trevisan R, Eloy E, Denardi L, Haselein CR, Caron, BO. Variação axial e efeito do desbaste na massa específica das árvores centrais de *Eucalyptus grandis*. *Ciência Rural* 2012; 42(2): 312-318.