



MODELOS POLINOMIAIS PARA A ESTIMATIVA DE VOLUME APARENTE DE BAMBU GIGANTE

Ana Flávia Silva Sousa ¹; Luiz Flávio Nunes Costa ²; Rafael Gomes Leão ³; Vitória Mariana Costa Dias ⁴; Valéria Santos Cavalcante ⁵; Bruno Oliveira Lafetá ⁶

1. Ana Flávia Silva Sousa, Bolsista IFMG, Engenharia Florestal, IFMG Campus São João Evangelista, São João Evangelista – MG; anaflavia2018905@gmail.com

2 Luiz Flávio Nunes Costa, Engenharia Florestal, IFMG, São João Evangelista – MG

3 Rafael Gomes Leão, Engenharia Florestal, IFMG, São João Evangelista – MG

4 Vitória Mariana Costa Dias, Engenharia Florestal, IFMG, São João Evangelista – MG

5 Valéria Santos Cavalcante, Pesquisadora do IFMG, Campus São João Evangelista; valeria.cavalcante@ifmg.edu.br

6 Orientador: Bruno Oliveira Lafetá, Pesquisador do IFMG, Campus São João Evangelista; bruno.lafeta@ifmg.edu.br

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi avaliar modelos polinomiais e apresentar o mais indicado para a estimativa do volume aparente de *Dendrocalamus giganteus* Wall. Ex Munro (Poaceae). O estudo foi realizado em três touceiras contidas em dois fragmentos de Mata Atlântica, localizados no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – campus São João Evangelista. Estabeleceram-se 16 colmos para o abate e cubagem rigorosa, com diâmetro à altura do peito (DAP) variando de 6,0 a 17,3 cm. O volume aparente (VA, m³) das seções foi calculado empregando a fórmula de Smalian. Assumiu-se como volume aparente o espaço total ocupado por material lenhoso, incluindo o vazio interno dos colmos (volume lenhoso + volume vazio). Foram testados quatro modelos polinomiais para a estimativa do volume aparente em função exclusivamente de informações diamétricas, discriminados do primeiro ao quarto grau. Na análise de regressão, empregou-se o método dos Mínimos Quadrados Ordinários. Parâmetros não significativos pelo teste *t* foram removidos e o modelo novamente ajustado. A seleção do melhor modelo se baseou no maior coeficiente de determinação ajustado ($\bar{R}^2$) e menores valores da Média dos Desvios Absolutos (MDA) e Raiz Quadrada do Erro Médio (RQEM, mm). Todas as análises estatísticas foram efetuadas ao nível de significância de 5% de probabilidade, com emprego do software R. Foram estabelecidas apenas três relações funcionais para a estimativa volumétrica individual dos colmos. A qualidade de ajuste dos modelos matemáticos melhorou com o aumento do grau polinomial, com menores valores de MDA e RQEM, além de maior $\bar{R}^2$. A equação proveniente do ajuste do modelo de quarto grau com intercepto nulo demonstrou a maior acuracidade, mantendo a consistência biológica dos dados; mais estoque de crescimento em fustes de maior área seccional. Conclui-se que o modelo polinomial de quarto grau se mostrou promissor para a estimativa do volume aparente (m³ ind⁻¹) de colmos de *D. giganteus*.

PALAVRAS CHAVE: Colmos; *Dendrocalamus giganteus*; Diâmetro; Modelos lineares.



INTRODUÇÃO:

A quantificação dos recursos naturais é uma etapa fundamental para o planejamento do sistema de manejo de uma cultura, logística da colheita e de demais processos de industrialização (STOCHERO et al., 2023; DANTAS et al., 2024). A modelagem volumétrica é uma abordagem estatística que fornece informações necessárias para o levantamento do estoque de crescimento vegetal, amplamente adotado para a estimativa do volume de árvores. Entretanto, ainda persistem dúvidas sobre o estabelecimento de relações funcionais para estimativas produtivas aplicadas a colmos de bambu, especialmente, no Brasil.

A lacuna de informações relacionadas a métodos quantitativos aplicados a bambu em território nacional pode ser, em parte, atribuída à escassez de dados biométricos disponíveis e/ou à limitada compreensão de suas potencialidades econômicas. É conveniente ressaltar que o crescente interesse no cultivo de bambu tem sido promovido por melhorias em técnicas de plantio e reprodução em larga escala, adaptadas às condições edáficas e climáticas do país, desenvolvidas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) – Recursos Genéticos e Biotecnologia.

Diante da necessidade de metodologias estatísticas e equações para mensurar produções de bambu no país, especialmente visando seu uso e comércio local, definiu-se o projeto de pesquisa “Modelagem volumétrica para colmos de *Dendrocalamus giganteus* Wall. Ex Munro (Poaceae)”, contemplado no Edital 08/2024 do IFMG - campus São João Evangelista. Mediante exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar modelos polinomiais e apresentar o mais indicado para estimar o volume aparente de *Dendrocalamus giganteus* Wall. Ex Munro (Poaceae).

METODOLOGIA:

A pesquisa foi conduzida em dois fragmentos de Mata Atlântica no município de São João Evangelista-MG, em área do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais; os fragmentos F1 (18°32'58,75" Sul e 42°45'51,67" Oeste – Datum Sirgas 2000) e F2 (18°32'50,75" Sul e 42°45'50,75" Oeste – Datum Sirgas 2000) abrangem áreas de 1,79 e 1,08 ha, respectivamente. Ambos os fragmentos possuem histórico de plantio de enriquecimento com *D. giganteus* na década de 1990. A temperatura média anual é de 21,2°C e a precipitação média anual de 1.000 mm (CLIMATE-DATA.ORG, 2024).

Estabeleceram-se três touceiras para a cubagem de colmos; duas touceiras no fragmento F1 e outra em F2. A cubagem rigorosa contemplou o corte de 16 colmos dentro dos intervalos biométricos de 6,05 a 17,28 cm de diâmetro à 1,30m de altura do solo (DAP) e de 10,3 a 28,0 m de altura total. As informações de diâmetro foram obtidas a cada metro e até o diâmetro mínimo comercial de 5 cm, com auxílio de suta.

O volume aparente (VA, m³) das seções foi calculado empregando a fórmula de Smalian. Assumiu-se como volume aparente o espaço total ocupado por material lenhoso, incluindo o vazio interno dos colmos (volume lenhoso + volume vazio).

Testaram-se 4 modelos de regressão polinomiais para a estimativa do volume aparente em função exclusivamente de informações diamétricas, discriminados na Tabela 1. Na análise de regressão, empregou-se o método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO). Parâmetros não significativos pelo teste *t* foram removidos e o modelo novamente ajustado.

Tabela 1. Modelos testados para a estimativa do volume aparente (VA , $m^3 \text{ ind}^{-1}$) de colmos de *D. giganteus*.

Grau do polinômio	Forma de ajuste
1º	$VA = \beta_0 + \beta_1 DAP + \varepsilon$
2º	$VA = \beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 DAP^2 + \varepsilon$
3º	$VA = \beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 DAP^2 + \beta_3 DAP^3 + \varepsilon$
4º	$VA = \beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 DAP^2 + \beta_3 DAP^3 + \beta_4 DAP^4 + \varepsilon$

ε = erro aleatório.

A qualidade dos ajustes foi avaliada de acordo com a Média dos Desvios Absolutos (MDA), Raiz Quadrada do Erro Médio (RQEM) e coeficiente de determinação ajustado ($\bar{R}^2$). Menores valores de MDA e RQEM implicam em melhor qualidade preditiva. A homocedasticidade dos resíduos foi avaliada pelo teste de Breusch-Pagan.

As análises estatísticas foram efetuadas com auxílio do software R versão 4.4.1 (R CORE TEAM, 2024), ao nível de significância de 5,0%.

RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Foram estabelecidas três relações funcionais para a estimativa volumétrica individual dos colmos de *D. giganteus* em função de informações diamétricas (Tabela 2). Os modelos polinomiais de segundo e quarto grau foram reajustados devido à presença de parâmetros não significativos pelo teste t ($p > 0,05$). Nesse novo ajuste, foram considerados apenas os parâmetros que se mostraram inicialmente significativos. Não se estabeleceu relação funcional de terceiro grau entre volume aparente e DAP.

Tabela 2. Coeficientes das equações polinomiais obtidas para a estimativa do volume aparente ($m^3 \text{ ind}^{-1}$) de colmos de *D. giganteus*.

Grau do polinômio	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4
1º	-0,194187*	0,026882*	-	-	-
2º	-0,050939*	-	0,001136*	-	-
4º	-	-0,002781*	1,780902*	0,000141*	-0,000006*

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste t .

As equações obtidas apresentaram altos coeficientes de determinação ajustado (Tabela 3; $> 85\%$), além de resíduos homogeneamente distribuídos conforme o teste de Breusch-Pagan ($p > 0,05$). As regressões para as estimativas de incremento em diâmetro foram consideradas satisfatórias, refletindo a diversidade genética entre touceiras, complexidade de processos ecológicos e da variabilidade do crescimento em ambiente inequiano (GOVEDAR et al., 2021).

Tabela 3. Qualidade de ajuste dos modelos polinomiais para a estimativa do volume aparente ($\text{m}^3 \text{ind}^{-1}$) de colmos de *D. giganteus*.

Grau do polinômio	MDA	RQEM	$\bar{R}^2$ (%)	BP (p)
1º	0,0266	0,0333	87,5154	0,3920
2º	0,0188	0,0273	91,6467	0,1131
4º	0,0036	0,0042	99,9365	0,3817

MDA = média dos desvios absolutos; RQEM = raiz quadrada do erro médio; $\bar{R}^2$ = coeficiente de determinação ajustado e; BP = teste de Breusch-Pagan.

A qualidade de ajuste dos modelos matemáticos melhorou com o aumento do grau polinomial, com menores valores de MDA e RQEM. A equação proveniente do ajuste do modelo de quarto grau com intercepto nulo demonstrou a maior acuracidade, mantendo a consistência biológica dos dados; mais estoque de crescimento em fustes de maior área seccional (CAMPOS; LEITE, 2017; TAIZ et al., 2017). Deste modo, o uso de modelos polinomiais se mostrou uma opção favorável ao analista de inventário para a predição volumétrica de colmos de *D. giganteus*.

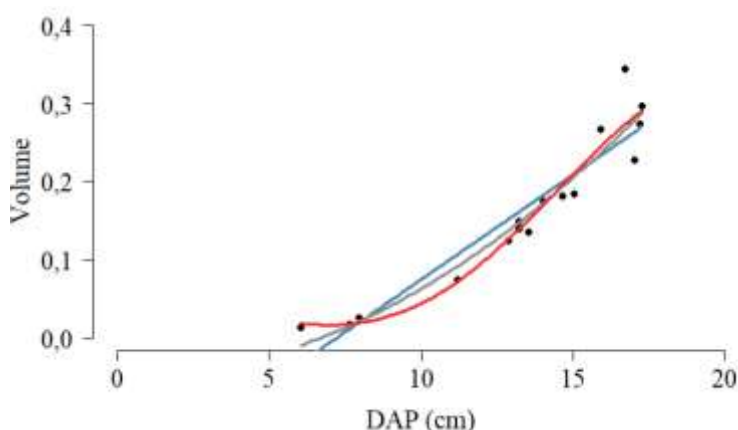


Figura 1. Representação gráfica das equações polinomiais obtidas para a estimativa do volume aparente ($\text{m}^3 \text{ind}^{-1}$) de colmos de *D. giganteus*. Os modelos de primeiro, segundo e quarto graus ajustados estão representados pelas linhas azul, cinza e vermelha, respectivamente.

CONCLUSÕES:

O modelo polinomial de quarto grau com intercepto nulo se mostrou promissor para a estimativa do volume aparente ($\text{m}^3 \text{ind}^{-1}$) de colmos de *D. giganteus*.

REFERÊNCIAS:

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal**: perguntas e respostas. 5. ed. Viçosa: UFV. 2017. 636p.



seminário
de iniciação
científica

ISSN 2558-6052



CLIMATE-DATA.ORG. Clima: São João Evangelista. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/minas-gerais/sao-joao-evangelista-175926/>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

DANTAS, D.; PINTO, L. O. R.; LACERDA, T. H. S.; CORDEIRO, N. G.; CALEGARIO, N. Accuracy of tree height estimation with model extracted from artificial neural network and new linear and nonlinear models. **Acta Scientiarum**, v. 46, e63286, 2024.

GOVEDAR, Z.; KANJEVAC, B.; VELKOVSKI, N. Diameter structure of the stand and time of passage: an analysis in primeval forests Janj and Lom in Republic of Srpska (Bosnia and Herzegovina). **Agriculture & Forestry**, v. 67, n. 4, p. 89-102, 2021.

R CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. 2022.

STOCHERO, C.; CANDATEN, L.; MANGINI, T. S.; TREVISAN, R.; ELOY, E. Technological properties of bamboo at different ages and positions in the longitudinal direction. **Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 166, p., 2023.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed. 2017. 888p.