



**AJUSTE DE MODELOS VOLUMÉTRICOS PARA ÁRVORES DE *Mora paraensis*
(Ducke) Ducke EM FLORESTA DE VÁRZEA ESTUARINA, GURUPÁ-PA**

Ludi Mila Trindade Ramos¹, Robson Borges de Lima¹, Jadson Coelho de Abreu¹,
Perseu da Silva Aparício¹, Adriano Castro de Brito¹, Bianca Caroline Souza Brandão¹

1 Universidade do Estado do Amapá, Macapá, AP, Brasil. E-mail: ramosludimila29@gmail.com;
robson.lima@ueap.edu.br; jadson.abreu@ueap.edu.br; perseu.aparicio@ueap.edu.br; adriano.brito@ueap.edu.br;
bianc5557@gmail.com
Autora correspondente: Ludi Mila Trindade Ramos. E-mail: ramosludimila29@gmail.com.

RESUMO

O volume de madeira é uma das informações de maior relevância para o melhor entendimento dos atributos de um povoamento florestal, fornecendo elementos para a avaliação do estoque de madeira e análise do potencial produtivo das florestas. A espécie *Mora paraensis* é pertencente à família Fabaceae, conhecida popularmente como pracuúba, espécie de potencial madeireiro, a árvore pode atingir até 50 m de altura, com tronco sustentado por sapopemas, ocorre em área de várzea. Nesse sentido, o presente trabalho objetivou ajustar modelos volumétricos de um povoamento de *Mora paraensis* (pracuúba) em floresta de várzea estuarina, município de Gurupá-PA. Foram testados 4 modelos volumétricos, sendo eles: Spurr, Schumacher-Hall, Stoate e Berkhout. Os critérios de seleção foram: o coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}); o erro padrão da estimativa relativo ($Syx\%$) e na análise gráfica dos resíduos. Com base nos resultados, o modelo de Schumacher-Hall foi o que apresentou o melhor ajuste entre as equações testadas, com $R^2_{aj} = 97,44\%$ e $Syx\% = 14,37\%$ além de boa distribuição dos resíduos podendo ser usada para a estimativa do volume de *Mora paraensis*.

Palavras-chave: Amazônia; Berkhout; manejo florestal; Schumacher-Hall; Spurr; Stoate

**ADJUSTMENT OF VOLUMETRIC MODELS FOR *Mora paraensis* (Ducke)
Ducke TREES IN ESTUARINE FLOODS FOREST, GURUPÁ-PA, BRAZIL**

ABSTRACT

The volume of wood is one of the most relevant information for a better understanding of the attributes of a forest stand, providing elements for the evaluation of the wood stock and analysis of the productive potential of the forests. The *Mora paraensis* species belongs to the Fabaceae family, popularly known as pracuúba, a potential timber species, the tree can reach up to 50 m in height, with a trunk supported by sapopemas, it occurs in a floodplain area. In this sense, the present work aimed to adjust volumetric models of a *Mora paraensis* (pracuúba) stand in estuarine floodplain forest, municipality of Gurupá-PA. Four volumetric models were tested, namely: Spurr, Schumacher-Hall, Stoate and Berkhout. The selection criteria were: the adjusted coefficient of determination (R^2_{aj}); the standard error of the relative estimate ($Syx\%$) and in the graphical analysis of the residuals. Based on the results, the Schumacher-Hall model was the one that presented the best fit between the tested equations, with $R^2_{aj} = 97.44\%$ and $Syx\% = 14.37\%$, in addition to a good distribution of the residues, which can be used for the estimation of the volume of *Mora paraensis*.

Key words: Amazon; Berkhout; forest management; Schumacher-Hall; Spurr; Stoate



INTRODUÇÃO

A espécie *Mora paraensis* (Ducke) Ducke pertencente à família Fabaceae, é conhecida popularmente como pracuúba, é nativa da Amazônia e considerada endêmica da região estuarina (Wittmann *et al.*, 2013). Trata-se de uma árvore de grande porte, pois atinge até 50m de altura e fuste espesso (Orellana *et al.*, 2015). O alburno é rosado e o cerne castanho-avermelhado (Remade, 2023). A madeira é de alta densidade ($0,764 \text{ g cm}^{-3}$), pode ser utilizada em marcenaria, como dormentes, esteios, tacos para assoalhos, vigamentos, carpintaria, mourões, estacas, construções civil e naval (Silva, 2002), cruzetas de redes de distribuição de energia elétrica (Coelho, 2014).

Dentre os principais ambientes amazônicos, destaca-se a várzea. A floresta de várzea possui menor diversidade de espécies do que as florestas de terra firme. No entanto, dentre os ecossistemas inundáveis, é o que apresenta a maior diversidade no mundo (Wittmann *et al.*, 2013; Schöngart, 2008), apresentando várias espécies endêmicas e de importância socioeconômica.

O volume constitui uma das informações de maior importância para o conhecimento do potencial disponível em um povoamento florestal, haja vista, que o volume individual fornece subsídios para a avaliação do estoque de madeira e análise do potencial produtivo das florestas (Thomas *et al.*, 2006).

Nesse sentido, o presente trabalho objetivou ajustar e selecionar equações volumétricas para árvores de *Mora paraensis* em área de várzea.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A área de várzea estuarina estudada fica localizada na região norte da ilha grande de Gurupá no distrito de Itatupã ($0^{\circ}35'37.87'' \text{ S}$ e $51^{\circ}27'26.40'' \text{ O}$), município de Gurupá, norte do estado do Pará, no nordeste da Amazônia. De acordo com a classificação de Köppen, a área possui clima do tipo "Ami" (clima tropical de monção). Os solos predominantes na região de estudo são do tipo hidromórficos gleizados eutróficos (húmico e pouco húmico), de textura siltosa, nas margens das ilhas do Amazonas, e argilosa à medida que se distância para o interior (IBGE, 2012).

Amostragem e Coleta de Dados

Na área demarcada, foi realizado um inventário florestal censitário de árvores caídas naturalmente. Os indivíduos medidos foram selecionados de acordo com a qualidade do fuste em condições aceitáveis, sem qualquer deformidade ou tortuosidade. Dentro das parcelas houve a coleta das variáveis dendrométrica: diâmetro a 1,30m do solo (D) e a altura total (H), garantindo a coleta do diâmetro a 1,30 m da base. No total, foram amostradas 6 árvores. Realizou-se cálculo do IM, para corrigir a discrepância logarítmica.

Modelos volumétricos

Foram ajustados 4 modelos volumétricos (Tabela 1). Em seguida foi realizada a seleção do melhor modelo visando encontrar um modelo que estime de forma confiável o volume das árvores.

Tabela 1. Modelos volumétricos testados para espécies de *Mora paraensis*

Modelo	Autor
$V = \beta_0 \cdot (D^2 \cdot H)^{\beta_1} + \varepsilon_i$	Spurr
$V = \beta_0 \cdot D^{\beta_1} \cdot H^{\beta_2} + \varepsilon_i$	Schumacher-Hall
$V = \beta_0 + \beta_1 \cdot D^2 + \beta_2 \cdot (D^2 \cdot H) + \beta_3 \cdot H + \varepsilon_i$	Stoate
$V = \beta_0 \cdot D^{\beta_1} + \varepsilon_i$	Berkhout

Em que: V = volume (m³); D = diâmetro a 1,30m do solo (cm); H = altura total (m); β_0 , β_1 , β_2 , β_3 = parâmetros dos modelos

Foi realizada ainda a correção da discrepância logarítmica, empregando-se a fórmula Meyer (Equação 1).

$$IM = e^{0,5 \times QMres} \quad (1)$$

Em que: IM = correção da discrepância logarítmica; e = base do logaritmo neperiano; QMres = quadrado médio do resíduo

A seleção do melhor modelo foi fundamentada nos critérios de seleção: erro padrão da estimativa em porcentagem ($S_{yx}\%$), coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}), análise gráfica dos resíduos em m³.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2, observa-se que a equação de Schumacher-Hall e a equação de Stoate apresentaram um valor superior aos outros modelos para o coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}), igual a 97,44% para o modelo de Schumacher-Hall e 97,43% para o modelo de Stoate. O erro padrão da estimativa o modelo de Schumacher-Hall apresentou ($S_{yx}\%$), 14,37% e mostrou-se superior ao modelo de Stoate que apresentou ($S_{yx}\%$) 14,38%. Já o valor apresentado para o coeficiente de determinação ajustado 94,79 % para o modelo de Berkhout, sendo estes valores ligeiramente inferiores aos modelos de Schumacher-Hall e Stoate. Por outro lado, o modelo de Spurr foi o que apresentou os piores resultados para a estimativa do volume total.

Tabela 2. Parâmetros de precisão e coeficientes dos modelos ajustados para espécie *Mora paraensis* (Pracuúba)

Modelo	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃	IM	R ²	R ² _{aj}	S _{yx}	S _{yx} %
Spurr	-8,43896	0,78934	-	-	1,040487	0,7200	0,6501	0,4750	53,12
Schumacher-Hall	-6,44706	1,96967	-0,35393		1,015899	0,9846	0,9744	0,1285	14,37
Stoate	-0,73288	0,00069	1,3852 · 10 ⁻⁵	0,04808	-	0,98974	0,9744	0,1286	14,38
Berkhout	-7,10556	1,86062	-	-	1,014567	0,95838	0,947980	0,1832	20,48

Em que: b_i = estimativa dos parâmetros do modelo (i = 0, 1, 2, 3); IM = correção da discrepância logarítmica; R² = coeficiente de determinação; R²_{aj} = coeficiente de determinação ajustado; S_{yx} = erro padrão da estimativa; S_{yx} % = erro padrão da estimativa em porcentagem.

A seleção do melhor ajuste, para estimar o volume total, foi realizada com o auxílio da distribuição gráfica dos resíduos (Figura 1).

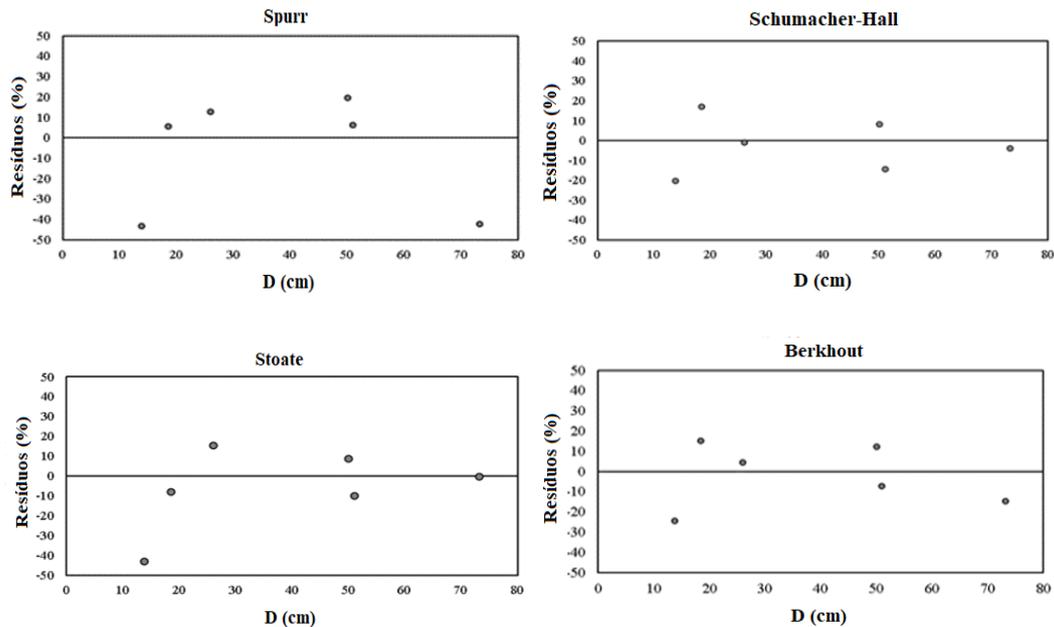


Figura 1. Distribuição gráfica dos resíduos dos modelos testados para estimativas do volume da espécie *Mora paraensis* (Pracuúba)

Portanto, é notório que o modelo Schumacher-Hall mostra uma menor amplitude residual (se aproximando mais do eixo zero), tanto para subestimar como superestimar os resultados, em comparação com os demais modelos, dessa forma, este é o modelo que melhor estima o volume para esse povoamento de *Mora paraensis*.

Dentro dos mais variados modelos para estimar volume de madeira em função do diâmetro e da altura, o de Schumacher e Hall é um dos mais utilizados na área florestal, pois conforme as suas propriedades estatísticas, onde os resultados destas são quase sempre não tendenciosos (Leite & Andrade, 2002; Campos & Leite, 2013). Sanquetta *et al.* (2016) e Schikowski *et al.* (2018) demonstraram que modelos de Schumacher & Hall apresentaram os melhores resultados para estimar volume de indivíduos de acácia-negra.

CONCLUSÃO

O modelo que melhor se ajustou aos dados foi o de Schumacher-Hall, o qual foi mais acurado quando comparado com os demais modelos, além de boa distribuição dos resíduos, assim sendo, tal modelo torna-se apropriado para estimativa do volume em espécies de *Mora paraensis* (pracuúba) em floresta de várzea estuarina, município de Gurupá-PA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Campos, J. C. C.; Leite, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 4 ed. Viçosa: EDUFV, 2013.
- Coelho, M. U. **Avaliação da madeira de *Mora paraensis* (pracuúba) para utilização em cruzetas de redes de distribuição de energia elétrica**. 2014. 65f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) - Universidade de Brasília, Brasília, 2014. Disponível em: <http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br:80/handle/123456789/13871>. Acesso em: 12 Jun. 2023.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2.ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 272p. (IBGE. Manuais Técnicos em Geociências, 1). Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv63011.pdf>. Acesso em: 22 Jun. 2023.

- Leite, H. G.; Andrade, V. C. L. Um método para condução de inventários florestais sem o uso de equações volumétricas. **Revista Árvore**, v. 26, n. 3, p.321-328, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622002000300007>.
- Orellana, B. B. M. A.; Orellana, J. B. P.; Cesarino, F. Emergência de plântulas e germinação de sementes de *Mora paraensis* Ducke em diferentes profundidades de semeadura. **Scientia Amazonia**, v. 4, n. 1, p. 47-53, 2015. <https://doi.org/10.19178/Sci.Amazon.v4i1.47-53>.
- Remade. **Madeiras brasileiras e exóticas**. Pracuúba. Disponível em: <http://www.remade.com.br/madeiras-exoticas/412/madeiras-brasileiras-e-exoticas/paracuuba>. Acesso em: 22 Jun. 2023.
- Sanquetta, M.; Coutinho, V.; Behling, A.; Corte, A. P.; Sanquetta, C. R. O uso de modelos alométricos tradicionais na estimativa do peso seco aéreo individual para acácia negra. **Enciclopedia Biosfera**, v. 13, n. 23, p.842-854, 2016. Disponível em: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/1244>. Acesso em: 24 Jun. 2023.
- Schikowski, A. B.; Corte, A. P. D.; Ruza, M. S.; Sanquetta, C. R.; Montañó, R. A. N. R. Modeling of stem form and volume through machine learning. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, n. 4, p.3389-3401, 2018. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201820170569>
- Schöngart, J. Growth-oriented logging (GOL): A new concept towards sustainable forest management in Central Amazonian varzea floodplains. *Forest Ecology and Management*, v. 256, n.1-2, p.46–58, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.03.037>.
- Silva, A. C. **Madeiras da Amazônia**: características gerais, nome vulgar e usos. Manaus: UTAM; SEBRAE, 2002. 237p.
- Thomas, C.; Andrade, C. M.; Schneider, P. R.; Finger, C. A. G. Comparação de equações volumétricas ajustadas com dados de cubagem e análise de tronco. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 3, p.319-327, 2006. <https://doi.org/10.5902/198050981911>.
- Wittmann, F.; Householder, E.; Piedade, M.T.F.; Assis, R. L.; Schöngart, J.; Parolin, P.; Junk, W. J. Habitat specificity, endemism and the neotropical distribution of Amazonian white-water floodplain trees. **Ecography**, v. 36, p.690-707, 2013. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2012.07723.x>.