



## Ajuste de equação volumétrica para a espécie de *Erismia uncinatum* Warm. no norte do Mato Grosso

Laiz Bruna Diniz da Silva <sup>1\*</sup> , Mainara Gonçalves Nogueira <sup>1</sup> , Luiz Felipe Gonçalves de Mello Bernardes <sup>1</sup> e Vinícius Augusto Morais <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade do Estado de Mato Grosso Carlos Alberto Reyes Maldonado, Alta Floresta, MT, Brasil; laiz\_diniz@hotmail.com, mainara0602@gmail.com, felipemello3@hotmail.com, viniciusmorais@unemat.br

\*Autor Correspondente: laiz\_diniz@hotmail.com

Recebido: 16/09/2019; Aceito: 15/09/2021.

**Resumo:** Na Amazônia brasileira ao desenvolver o manejo florestal, por lei, é obrigatório o cálculo do volume das árvores em pé, para isso se utiliza o fator de forma e pouco se aplica equações de volume. As equações têm parâmetros estabelecidos por regressão, são essenciais na tomada de decisão no momento do planejamento e todas as etapas do manejo florestal, desta forma, este trabalho teve como objetivo ajustar equações volumétricas para a espécie de *Erismia uncinatum* Warm. e determinar qual o modelo que apresenta melhor ajuste. Os dados foram coletados em um projeto de manejo sustentável na fazenda Mata Azul I, localizada no município de Nova Ubiratã – MT. Em seguida cubadas 24 árvores de Cedrinho e estimado o volume real aplicando a cubagem rigorosa por Smalian. Feito isso, foram ajustadas 8 modelos volumétricos. Obteve-se um bom resultado quanto ao ajuste dos modelos, o melhor foi o de Naslund, seguido por Schumacher Hall Log, no entanto, os demais com exceção de Brenac, poderiam ser utilizados para estimativa de volume com boa precisão nos resultados.

**Palavras-chave:** Cubagem rigorosa; Cedrinho; Inventário florestal, Manejo Florestal.

## Adjustment of volumetric equation for the species of *Erismia uncinatum* Warm. in northern Mato Grosso

**Abstract:** In the Brazilian Amazon, when developing forest management, by law, it is mandatory to calculate the volume of standing trees, for which the form factor is used and little volume equations are applied. The parameter equations defined by regression and are essential in decision making at the time of planning and all stages of forest management, thus, this work aimed to adjust volumetric equations for a species of *Erismia uncinatum* Warm. and determine which model presents the best adjustment. Data were collected in a sustainable management project on the Mata Azul I farm, located in the municipality of Nova Ubiratã - MT. Then 24 Cedrinho trees were cubed and the real volume was estimated by applying the rigorous cubage by Smalian. After that, 8 volumetric models were adjusted. A good result was obtained regarding the adjustment of the models; the best was Naslund, followed by Schumacher Hall Log, however, the others, with the exception of Brenac, can be used for volume estimation with good precision in the results.

**Key-words:** Rigorous cubing; Cedrinho; Forest inventory, Forest management.

### 1. INTRODUÇÃO

As florestas tropicais apresentam grande heterogeneidade em sua formação vegetal, com tempo de crescimento e forma de vida, em geral, muito distintas. Em consequência disso, as árvores possuem idades, estrutura diamétrica, altura, área basal, espécies e estágios sucessionais diferentes (CYSNEIROS et al., 2017). Ao se manejar uma floresta tropical é imprescindível que a mesma consiga repor o volume de corte ao longo do período de tempo instituído para o ciclo de corte estabelecido (SCHNEIDER & FINGER, 2000).

Aprimorando as técnicas de manejo florestal, a exploração de madeira pode ser mais sustentável, assim, em logo prazo se tem os mesmos benefícios financeiros, sociais e ecológicos (SCHNEIDER, 2004). Para isso, um passo fundamental é a estimativa da volumetria de madeira estocada de forma precisa.

Na Amazônia brasileira ao desenvolver o manejo florestal, por lei, é obrigatório o cálculo do volume das árvores em pé, para isso se utiliza o fator de forma e pouco se aplica equações de volume (BRASIL, 2009). As equações têm parâmetros estabelecidos por regressão e são essenciais na tomada de decisão no momento do planejamento e todas as etapas do manejo florestal (SILVA JÚNIOR, 2009).

Os dados para ajuste dos modelos volumétricos são obtidos de árvores-amostra abatidas e cubadas nos povoamentos. O método mais utilizado para obtenção do volume sólido dessas árvores consiste no emprego de fórmulas aproximativas, como as de Smalian, Huber e Newton. Considerando os casos em que existem diferentes materiais genéticos, espaçamentos, idades e regimes de corte, tempo e custo requerido, sugere-se o uso das equações volumétricas (SILVA et al., 2014).

Em cada local a ser manejado pode haver diversas condições ambientais, tais como clima, solo, pluviosidade, entre outras. Essas condições afetam na forma do fuste. Então, quando se opta por utilizar equação volumétrica, recomenda-se o ajuste de diferentes modelos volumétricos, previamente selecionados. Esta necessidade de aplicar e testar uma vasta quantidade de modelos se dá devido a variação dos fustes das árvores.

Vale ressaltar que apesar da eficiência de alguns modelos volumétricos, estes nem sempre se ajustam aos dados de todas as espécies e condições das populações florestais, sendo necessário testá-los por espécie e para o banco de dados no geral e, eleger aquele que apresentou o melhor resultado (THOMAS et al., 2006). De acordo com Campos et al (1985), a avaliação de equações volumétricas é uma fase imprescindível em inventários florestais, pois qualquer erro na estimativa do volume de árvores, prejudicará a estimativa populacional.

Desta maneira, este trabalho teve como objetivo ajustar equações volumétricas para a espécie de *Erisma uncinatum* Warm. e determinar qual o modelo que apresenta melhor ajuste.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi desenvolvido no município de Nova Ubiratã – MT, em um projeto de manejo sustentável na fazenda Mata Azul I, com coordenadas geográficas centrais 12°47'27" S e 54°53'21" W.

Foram cubadas 24 árvores de Cedrinho (*Erisma uncinatum* Warm.). Para estimar o volume real, utilizou-se a cubagem rigorosa, medindo o diâmetro ao longo do tronco, sendo que a primeira medida foi na base, seguida do DAP (Diâmetro a altura do peito, ou 1,30 acima do solo), a 3 metros, e depois a cada 2 metros. E em seguida determinou-se os volumes através do método de Smalian.

Foram ajustados oito modelos volumétricos, sendo um de simples entrada e os demais de dupla entrada (Tabela 1).

**Tabela 1.** Modelos volumétricos ajustado.

| Modelos   | Autor               |
|---|---------------------|
| $\ln(V) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(DAP) + \beta_2 * \ln(H)$  | Schumacher Hall log |
| $V = \beta_0 + \beta_1 * (DAP) + \beta_2 * (DAP^2)$   | Hohenald            |
| $V = \beta_0 + \beta_1 * (DAP^2 * H)$   | Spurr               |
| $\ln(V) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(DAP^2 * H)$   | Spurr log           |
| $V = \beta_0 + \beta_1 * (DAP^2) + \beta_2 * (DAP^2 * H) + \beta_3 * H$   | Stoat               |
| $V = \beta_1 * (DAP^2) + \beta_2 * (DAP^2 * H) + \beta_3 * (DAP * H^2) + \beta_4 * H^2$                         | Meyer               |
| $V = \beta_0 + \beta_1 * (DAP) + \beta_2 * (DAP^2) + \beta_3 * (DAP * H) + \beta_4 * (DAP^2 * H) + \beta_5 * H$ | Naslund             |
| $\ln(V) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(DAP) + \beta_2 * \left(\frac{1}{DAP}\right)$                                  | Brenac              |

V= volume total (m<sup>3</sup>); DAP= diâmetro a 1,30 m do solo (cm); H= altura comercial (m); Ln = logaritmo neperiano;  $\beta_0$ , ...,  $\beta_3$  = parâmetros do modelo.  $\epsilon$ = Erro.

Para definir o modelo que obteve o melhor resultado dos ajustes foi utilizado a análise estática do erro padrão de estimativa percentual ( $S_{xy}\%$ ), o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ) e análise do gráfico de resíduos. Desta maneira a equação volumétrica que apresentou o menor  $S_{xy}\%$ , maior  $R^2_{aj}$  e melhor distribuição residual, foi considerada a mais precisa (COLPINI, 2009).

$$V = \left(\frac{g^1 + g^2}{2}\right) * (L2 - L1) \tag{1}$$

$$R^2_{aj} = R^2 - \left(\frac{K-1}{N-K}\right) * (1 - R^2) \tag{2}$$

$$S_{yx}\% = \frac{Syx}{\bar{Y}} * 100 \tag{3}$$

Em que: V = volume ( $m^3$ ); g = área basal; L = medição de cada secção. K = número de variáveis independentes da equação; N = número de observações;  $R^2$  = coeficiente de determinação; Syx = erro padrão da estimativa;  $\bar{Y}$  = média dos volumes.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ajuste dos modelos volumétricos apresentaram excelentes resultados (tabela 2). Uma vez que, os coeficientes de determinação ajustados ( $R^2_{aj}$ ) ficaram próximos de 1, e o erro padrão da estimativa percentual ( $S_{xy}\%$ ) mostraram valores baixos, isso representa uma estimativa precisa na estimativa volumétrica.

**Tabela 2.** Resultado dos ajustes dos modelos volumétricos para a espécie *Erisma uncinatum* Warm. no município de Nova Ubiratã – MT.

| Modelo              | B0       | B1      | B2      | B3     | B4      | B5      | $R^2_{aj}$ | $S_{xy}\%$ |
|---------------------|----------|---------|---------|--------|---------|---------|------------|------------|
| Schumacher Hall Log | -9,7243  | 2,1364  | 0,7639  |        |         |         | 0,99       | 3,6062     |
| Hohenald            | 2,5441   | -0,0975 | 0,0018  |        |         |         | 0,98       | 5,9308     |
| Spurr               | -0,1137  | 0,0001  |         |        |         |         | 0,99       | 4,3706     |
| Spurr Log           | -10,0465 | 1,0215  |         |        |         |         | 0,99       | 4,3829     |
| Stoat               | -0,5757  | 0,0004  | 0,0000  | 0,0132 |         |         | 0,99       | 3,6169     |
| Meyer               | 19,5802  | -0,6289 | 0,0051  | 0,0327 | -0,0002 | -1,0227 | 0,99       | 3,2585     |
| Naslund             | -0,0005  | 0,0001  | -0,0004 | 0,0112 |         |         | 0,99       | 3,3935     |
| Brenac              | -11,1870 | 2,8650  | 34,2780 |        |         |         | 0,97       | 5,9325     |

Os modelos que tiveram melhor ajuste, ou seja, com maior precisão foram os de Naslund e Schumacher Hall Log. Por outro lado, Brenac apesar do alto valor de  $R^2_{aj}$  foi o que apresentou menor precisão, quando considerado o modelo com maior  $S_{xy}\%$ .

Em outros trabalhos de ajuste de equação volumétrica para espécies nativas da Amazônia o modelo de Schumacher Hall Log também foi o melhor, assim pode-se observar sua eficiência nas estimativas volumétrica para essas espécies (LANSSANOVA et al., 2018; COLPINI, 2009; ROLIM et al., 2006; THAINES et al., 2010; TONINI & BORGES, 2015).

Na Figura 1, nota-se os gráficos de resíduos, os modelos apresentaram uma distribuição bem uniforme, com exceção do modelo de Brenac que não apresentou boa distribuição dos resíduos, confirmando a ideia de ter sido o modelo menos preciso

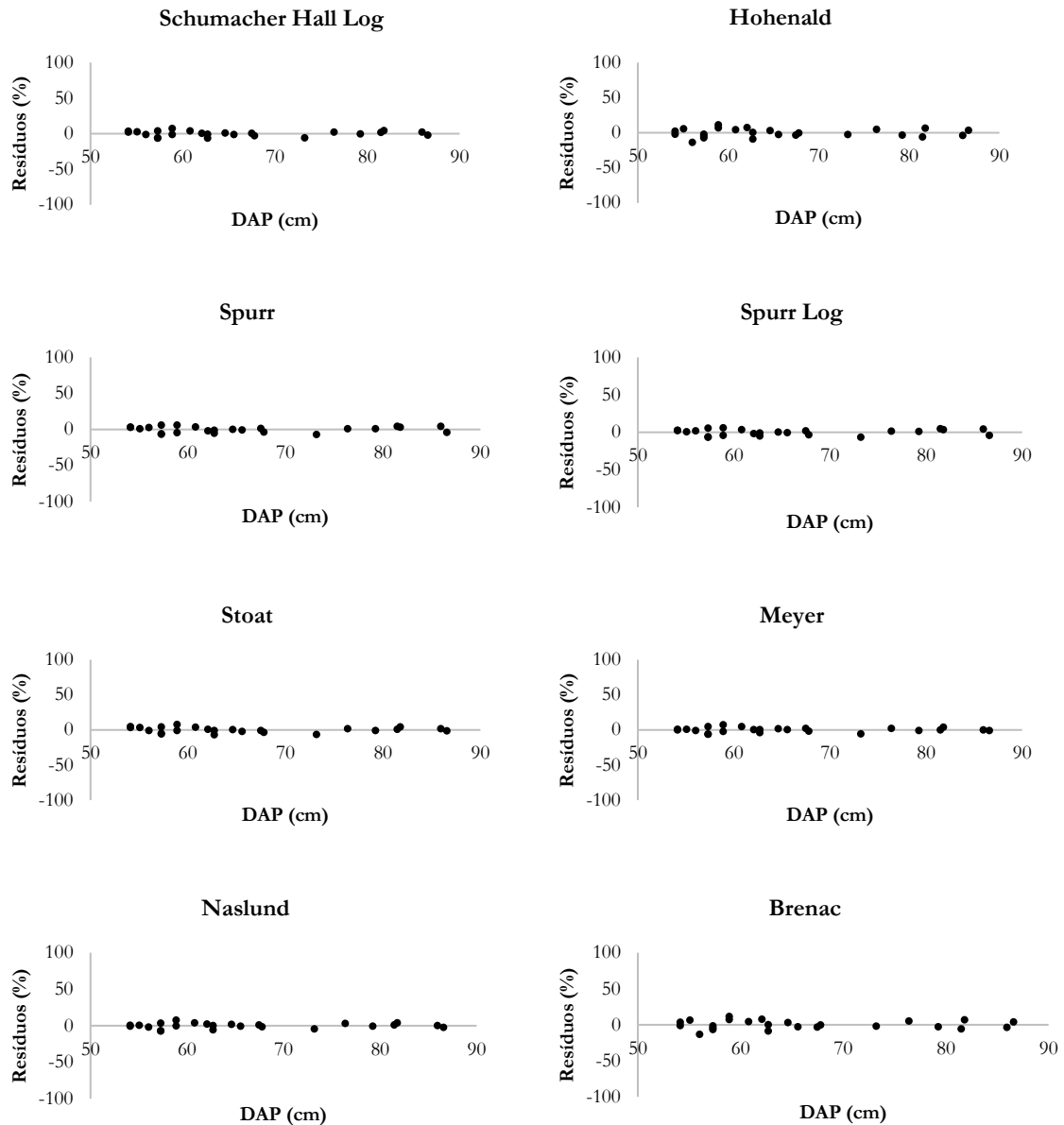


Figura 1. Gráficos de Resíduos.

#### 4. CONCLUSÕES

O modelo mais preciso foi de Naslund seguido por Schumacher Hall Log, no entanto, os demais com exceção de Brenac, poderiam ser utilizados para estimativa volumétrica da espécie de *Erismia uncinatum* Warm. com boa precisão nos resultados.

#### REFERÊNCIAS

- BRASIL. Resolução CONAMA n° 406 de 02 de fevereiro de 2009. Estabelece parâmetros técnicos a serem adotados na elaboração, apresentação, avaliação técnica e execução de Plano de Manejo Florestal Sustentável- PMFS com fins madeireiros, para florestas nativas e suas formas de sucessão no bioma Amazônia. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, n. 26, 06 de fev. 2009.
- CAMPOS, J. C. C.; TREVIZOL JÚNIOR, T.L.; PAULA NETO, F. Ainda, sobre seleções de equações de volume. **Revista Árvore**, v. 9, p. 115-126, 1985.
- COLPINI, C.; TRAVAGIN, D. P.; SOARES, T. S.; SILVA, V. S. M. e. Determinação do volume, fator de forma e da porcentagem de casca de árvores individuais em uma Floresta Ombrófila Aberta na região noroeste de Mato Grosso. **Acta Amazônica**, v. 39, n. 1. p. 97-104, 2009.

- CYSNEIROS, V. C.; AMORIM, T. A.; JÚNIOR MENDONÇA, J. O.; GAUI, T. D.; MORAES, C. R. de; BRAZ, D. M.; MACHADO, S. do A. Distribuição diamétrica de espécies da Floresta Ombrófila Densa no Sul do Estado do Rio de Janeiro. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 37, n. 89, p. 1-10, 2017.
- LANSSANOVA, L. R.; SILVA, F. A. da; SCHONS, C. T.; PERERIRA, A. C. da S. Comparação entre diferentes métodos para estimativa volumétrica de espécies comerciais da Amazônia. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 3, n. 1, p. 109-115, 2018.
- ROLIM, S. G.; COUTO, H. T. Z.; JESUS, R. M.; FRANÇA, J. T. Modelos volumétricos para a Floresta Nacional do Taipé-Aquirí, Serra dos Carajás. **Acta Amazonica**, v. 36, n. 1, p. 106-114, 2006.
- SCHNEIDER, P. R. **Manejo Florestal**: planejamento da produção florestal. Biblioteca Central – UFSM. Santa Maria, RS. 2004.
- SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. **Manejo sustentado de florestas inequidâneas heterogêneas**. Santa Maria: UFSM, v. 195, 2000.
- SILVA JÚNIOR, A. T. **Equação de volume e fator de forma para árvores de *Schizolobium parahyba* var. *Amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby (Paricá) no município de Aurora do Pará**. 2009. 09 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal Rural da Amazônia. 2009.
- SILVA, P. V; ARAÚJO, A. C. S. C; MARTINS, E. R; BINOTI, M. L. M. S; BINOTI, D. H. B; LEITE, H. G. Estimação do volume de árvores de eucalipto utilizando Redes Neurais Artificiais. **Atualidades em mensuração florestal** [livro eletrônico]. Curitiba-Paraná, 2014.
- THAINES, F.; BRAZ, E. M.; MATTOS, P. P.; THAINES, A. A. R. Equações para a estimativa de volume de madeira para a região da bacia do Rio Ituxí, Lábrea, AM. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 30, n. 64, p. 283-289, 2010. DOI: 10.4336/2010. pfb.30.64.283.
- 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, p. 319 - 327, 2006.
- TONINI, H.; BORGES, R. A. Equação de volume para espécies comerciais em Floresta Ombrófila Densa no sul de Roraima. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35, n. 82, p. 111-117, 2015