

EQUAÇÃO DE VOLUME PARA ÁRVORES DE PEQUENO DIÂMETRO, NA  
FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS  
(Volume equation for small diameter trees in the Tapajós National Forest)

José Natalino Macedo Silva<sup>\*</sup>  
Sandra Maria Araújo<sup>\*\*</sup>

**RESUMO**

Desenvolveu-se uma equação de volume para qualquer espécie e para diâmetro variando de 15 cm a 45 cm, utilizável na Floresta Nacional do Tapajós e condições similares. Dentre quatro modelos de equações testados, selecionou-se o de Kopecky-Gehrhardt:  $V = -0,0994 + 9,1941 \times 10^{-4} \times d^2$ , onde V = volume com casca e d = diâmetro com casca à altura do peito.

**PALAVRAS-CHAVE:** equações de volume, análise de regressão, Floresta Nacional do Tapajós, floresta tropical, Amazônia.

**ABSTRACT**

A volume equation was developed for any species in the Tapajós National Forest, which is suitable for diameter ranging from 15 cm to 45,0. Among the four equations tested the Kopecky-Gehrhardt model was selected:  $V = -0,0994 + 9,1941 \times 10^{-4} \times d^2$ , where V = commercial volume over bark and d = diameter over bark at breast height.

**KEY-WORDS:** volume equations, regression analysis, Tapajós National Forest, tropical forest, Amazon.

## **1. INTRODUÇÃO**

Na Amazônia brasileira, de um modo geral, considera-se o diâmetro de 45 cm o mínimo de explotabilidade. Por esse motivo, os volumes individuais das árvores inventariadas são calculados através de equações originadas de dados a partir daquele diâmetro.

Porém, quando se monitora o crescimento volumétrico, especialmente em florestas manejadas, é conveniente conhecer o crescimento não só das árvores grandes mas, em especial, das árvores de tamanho intermediário que constituirão as futuras colheitas.

Encontram-se disponíveis equações volumétricas para a Floresta Nacional do Tapajós, para árvores com diâmetros a partir de 45 cm (SILVA et al. 1985). A fim de completar as relações quantitativas para aquela floresta, desenvolveu-se uma equação utilizável para pequenos diâmetros, variando de 15 cm a 45 cm.

---

<sup>\*</sup> Eng. Florestal, M.Sc, Pesquisador da EMBRAPA — Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido.

<sup>\*\*</sup> Eng. Florestal, Bolsista do PIEP/CNPq/EMBRAPA.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Os dados foram coletados na Floresta Nacional do Tapajós, Município de Santarém, Pará, à altura do km 67 da Rodovia Santarém — Cuiabá.

Mediram-se 30 árvores de diversas espécies, obedecendo-se a uma distribuição de frequência retangular: dez observações na classe de diâmetro 15-24,9 cm, dez na classe 25-34,9 cm e dez na classe 35-44,9 cm. As árvores foram medidas em pé, utilizando-se uma escala de alumínio desmontável. Os diâmetros foram medidos com fita diamétrica em seções de dois metros, até a altura comercial, para o cálculo dos volumes reais, seguindo o procedimento de Smalian (HUSCH et al. 1972).

Para a determinação da equação volumétrica, utilizaram-se funções  $V = f(d)$ , onde  $V$  = volume comercial e  $d$  = DAP (diâmetro a altura do peito). Não foi incluída a variável altura, uma vez que as equações de uma entrada apresentam precisão satisfatória e a altura é uma variável de difícil medição, no caso de florestas tropicais.

Foram testados os seguintes modelos propostos na literatura (LOETSCH et al. 1973):

- 1)  $V = b_0 + b_1 d^2$  (KOPEZKY-GEHRHARDT)
- 2)  $V = b_0 + b_1 d + b_2 d^2$  (HOHENADL-KRENN)
- 3)  $\ln V = b_0 + b_1 \ln d$  (HUSCH)
- 4)  $\ln V = b_0 + b_1 \ln d + b_2 (1/d)$  (BRENAC).

Utilizaram-se os seguintes critérios para a seleção da melhor equação: alto coeficiente de determinação ( $r^2$ ); baixo desvio padrão de regressão ( $Sy.x$ ); alto valor de  $F$ ; baixo valor para a soma de quadrados do resíduo e boa distribuição dos resíduos padronizados (DRAPER & SMITH 1981).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos com o ajuste dos modelos testados são mostrados na Tabela 1.

**TABELA 1.** Resultados obtidos com equações volumétricas para a Floresta Nacional do Tapajós (15 cm ≤ DAP < 45 cm).  
(Results obtained with volume equations for Tapajós National Forest (15 cm ≤ DBH < 45 cm).)

| Equação<br>(Equation)                | Coefficientes significativos<br>(Significant coefficients) | R <sup>2</sup> | sy.x    | sy.x% | F       | SQ Resíduos<br>(SS Residuals) |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------|---------|-------|---------|-------------------------------|
| $V = b_0 + b_1 d^2$                  | $b_0, b_1$                                                 | 0,9576         | 0,0926  | 11,8  | 632,667 | 0,2400                        |
| $V = b_0 + b_1 d + b_2 d^2$          | $b_2$                                                      | 0,9589         | 0,0929  | 11,8  | 314,687 | 0,2329                        |
| $\ln V = b_0 + b_1 \ln(d)$           | $b_0, b_1$                                                 | 0,9420         | 0,0925* | 13,7  | 455,024 | 0,2376                        |
| $\ln V = b_0 + b_1 \ln(d) + b_2 d^1$ | $b_0, b_1$                                                 | 0,9437         | 0,0928* | 13,8  | 226,403 | 0,2467                        |

\* Índice de Furnival (FURNIVAL 1961)

(Furnival Index).

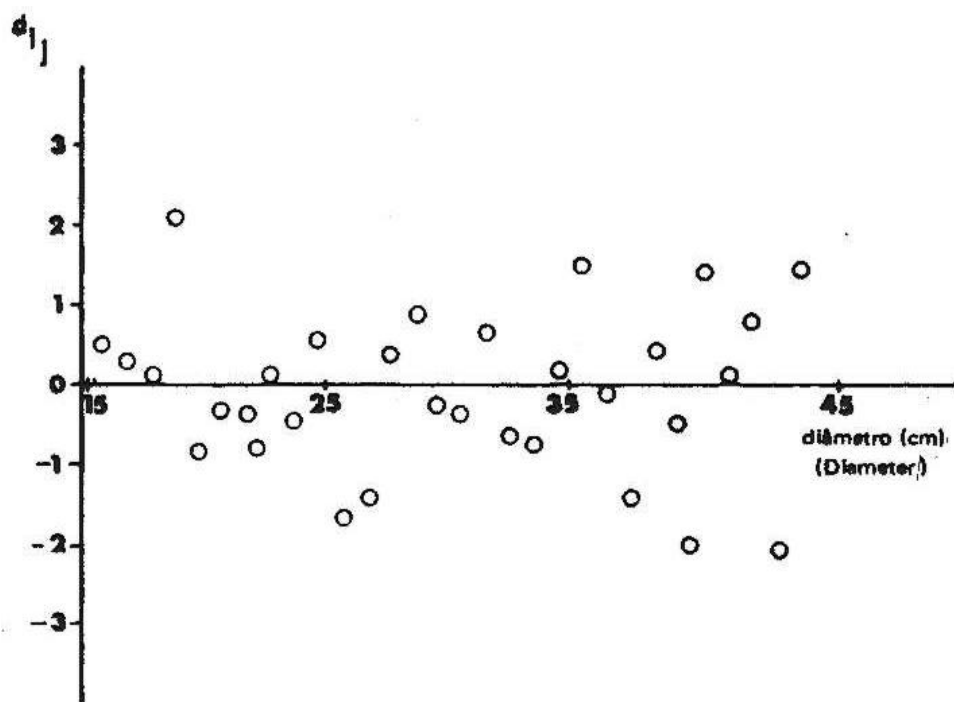
V = volume comercial  
(commercial volume)

d = DAP (Diâmetro a 1,30 m do solo)

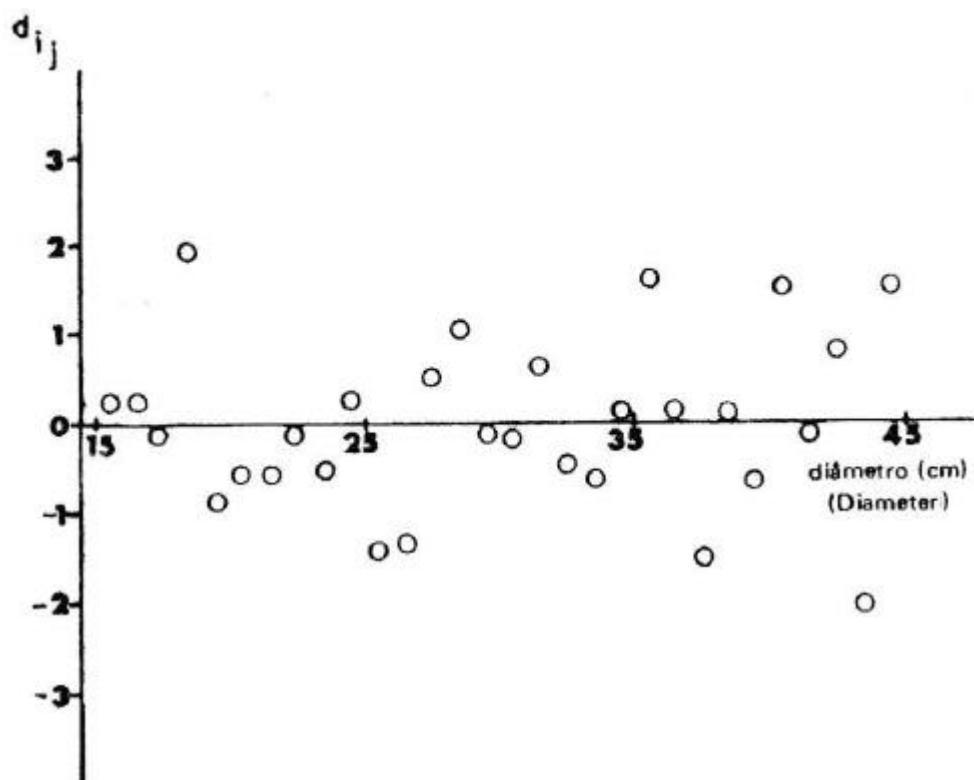
(DBH = diameter at breast height)

$\ln$  = logaritmo natural  
(natural logarithm).

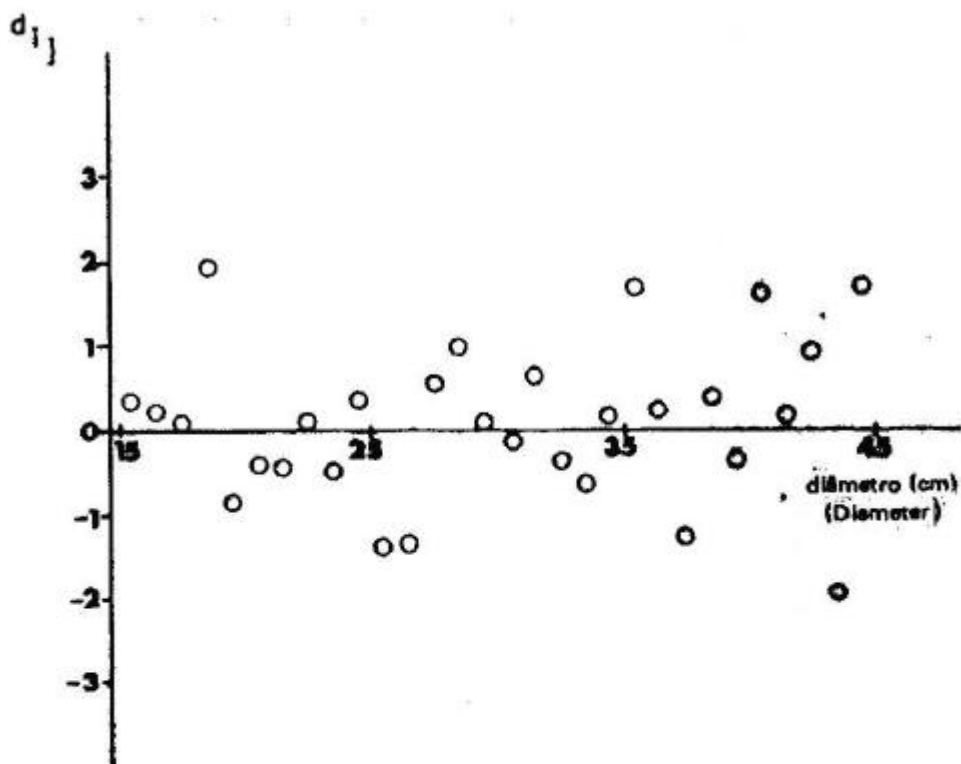
Analisando-se as distribuições dos resíduos padronizados (Figuras de 1 a 4) não foram observados pontos discrepantes (outliers). Todas as equações testadas apresentam boa distribuição de resíduos, situados entre  $\pm 2 \text{ sy.x}$ .



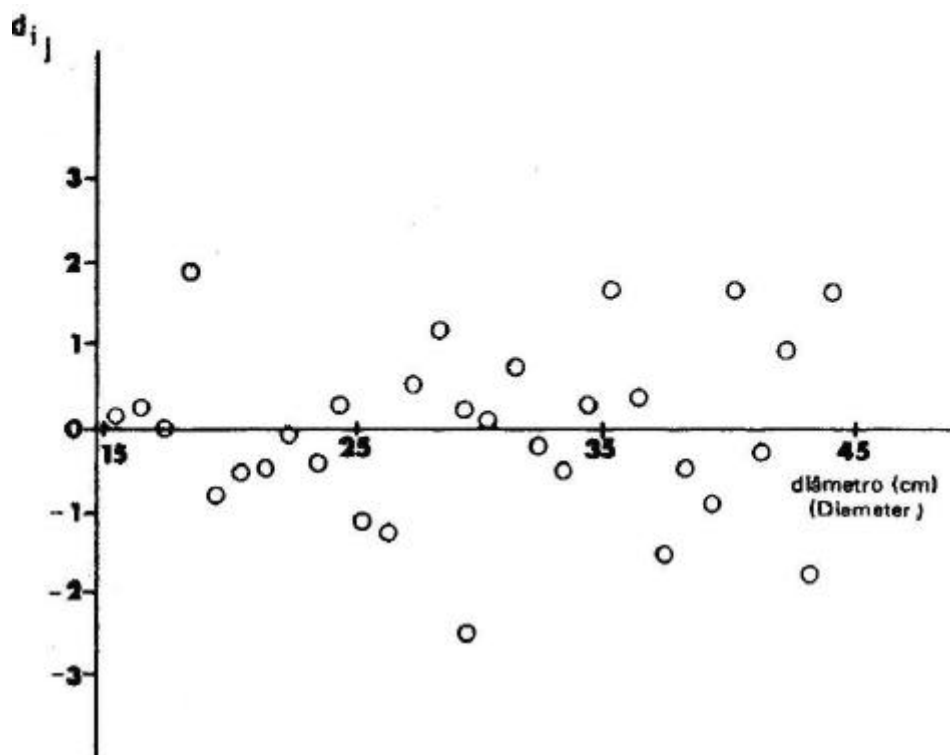
**FIGURA 1.** Distribuição dos resíduos padronizados  
 $d_{ij} = (y_i - \hat{y}) / \sqrt{QM \text{ resíduos, da equação}}$   
 $V = b_0 + b_1 d^2$ .  
 (Distribution of standardized residuals  
 $d_{ij} = (y_i - \hat{y}) / \sqrt{MS \text{ residual of equation}}$   
 $V = b_0 + b_1 d^2$ ).



**FIGURA 2.** Distribuição dos resíduos padronizados  
 $d_{ij} = (y_i - \hat{y}) / \sqrt{QM \text{ resíduos}}$ , da equação  
 $V = b_0 + b_1d + b_2d^2$   
 (Distribution of standardized residuals  
 $d_{ij} = (y_i - \hat{y}) / \sqrt{MS \text{ residuals of equation}}$   
 $V = b_0 + b_1d + b_2d^2$ ).



**FIGURA 3.** Distribuição dos resíduos padronizados  
 $d_{ij} = (y_i - \hat{y}) / \sqrt{QM \text{ resíduos}}$ , da equação  
 $\ln V = b_0 + b_1 \ln (d)$ .  
 (Distribution of standardized residuals  
 $d_{ij} = (y_i - \hat{y}) / \sqrt{MS \text{ residuals of equation}}$   
 $\ln V = b_0 + b_1 \ln (d)$ ).



**FIGURA 4.** Distribution dos resíduos padronizados

$$d_{ij} = (y_i - \hat{y}) / \sqrt{QM \text{ resíduos}}, \text{ da equação}$$

$$\ln V = b_0 + b_1 \ln(d) + b_2 \frac{1}{d}$$

(Distribution of standardized residuals

$$d_{ij} = (y_i - \hat{y}) / \sqrt{MS \text{ residuals of equation}}$$

$$\ln V = b_0 + b_1 \ln(d) + b_2 \frac{1}{d}.$$

Na tabela 1, comparando-se os resultados dos demais critérios utilizados para a seleção da melhor equação, nota-se que, em termos de precisão ( $sy.x$ ), todas as equações foram boas e semelhantes entre si. Os demais critérios considerados, também se apresentam bons e semelhantes, principalmente, entre os grupos de equações (1 e 2) e (3 e 4).

Optou-se pela escolha do modelo 1, pelo maior valor de F apresentado e por ser de mais simples aplicação. A equação obtida foi a seguinte:

$$V = -0,0994 + 9,1941 \times 10^{-4} \times d^2$$

(Equação de Kopecky-Gehrhardt)

#### 4. CONCLUSÕES

— A coleta de dados, segundo uma distribuição de frequência retangular das observações nas classes de diâmetro, possibilitou a obtenção de equações de volume de boa precisão; e

— as equações aritméticas apresentam resultados levemente superiores às equações logarítmicas testadas. A equação de Kopecky-Gehrhardt foi selecionada pelo maior valor de F apresentado e por ser de mais simples aplicação.

#### 5. REFERÊNCIAS

- DRAPER, N.R. & SMITH, H. **Applied regression analysis**. 2.ed. New York, J.Wiley, 1981. 709p.
- FURNIVAL, G.M. An index for comparing equations used in constructing volume table. **For. Sci.**, 7(4):337-41, 1961.
- HUSCH, B.; MILLER, C.I. & BEERS, T.W. **Forest mensuration**. 2.ed. New York, The Ronald Press Co, 1972, 410p.
- LOETSCH, P.; ZÖHRER, P. & HALLER, K.E. **Forest inventory**. Munich, BLV, 1973. v.2. 469p.
- SILVA, J.N.M.; CARVALHO, J.O.P. de; LOPES, J. do C.A. & CARVALHO, M.S.P. de. Equações de volume para Floresta Nacional de Tapajós, Belém, EMBRAPA-CPATU. **Boletim de Pesquisa Florestal**, (8/9), jun.dez. 1984.