

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CAMPUS FREDERICO WESTPHALEN
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO

Eduardo Benson Santos Barboza

**ESTUDO DA RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA PARA QUATRO ESPÉCIES DA
FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL NA REGIÃO NOROESTE DO RS.**

Frederico Westphalen, RS
2023

Eduardo Benson Santos Barboza

**ESTUDO DA RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA PARA QUATRO ESPÉCIES DA
FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL NA REGIÃO NOROESTE DO RS.**

Trabalho de conclusão de Curso de Graduação
apresentado ao Curso de Engenharia Florestal da
Universidade Federal de Santa Maria, Campus
Frederico Westphalen (UFSM/FW, RS) como
requisito parcial para a obtenção do título de
Engenheiro Florestal.

Orientadora Prof.^a Dr.^a Magda Lea Bolzan Zanon

Frederico Westphalen, RS
2023

Eduardo Benson Santos Barboza

**ESTUDO DA RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA PARA QUATRO ESPÉCIES DA
FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL NA REGIÃO NOROESTE DO RS.**

Trabalho de conclusão de Curso de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Florestal, da Universidade Federal de Santa Maria, campus Frederico Westphalen (UFSM/FW, RS), como requisito parcial para obtenção título de **Engenheiro Florestal**.

Aprovado em 27 de janeiro de 2023

Magda Lea Bolzan Zanon, Dra. (UFSM)
(Orientadora)

Edison Rogério Perrando, Dr. (UFSM)

Elisiane Vendruscolo. M.Sc. (Eng. Florestal)

Frederico Westphalen, RS
2023

RESUMO

ESTUDO DA RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA PARA QUATRO ESPÉCIES DA FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL NA REGIÃO NOROESTE DO RS.

AUTOR: Eduardo Benson Santos Barboza
ORIENTADORA: Magda Lea Bolzan Zanon

O objetivo do presente trabalho foi de ajustar modelos hipsométricos para as espécies *Eugenia rostrifolia* D. Legrand, *Eugenia verticillata* (Vell.) Angely, *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez e, *Trichilia clausenii* C. DC. em um remanescente de Floresta Estacional Decidual. Os dados foram obtidos no município de Frederico Westphalen, RS, no campus da UFSM/FW. Para a estimativa das alturas foram selecionados para os ajustes 14 modelos hipsométricos (h/d). Como critérios de seleção dos ajustes dos modelos, foram utilizados os seguintes parâmetros estatísticos: coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{aj.}$), erro padrão da estimativa em percentagem (Syx%), coeficiente de variação (CV%), valor de Fcal de Fischer calculado a partir da ANOVA (análise de variância) e a análise gráfica da dispersão dos resíduos. Após análise dos critérios, o modelo da terceira potência foi o que melhor estimou as alturas para as quatro espécies. Os modelos ajustados foram para *Eugenia rostrifolia*: $h = -3,91065 + 2,01884.d - 0,07579.d^2 + 0,00097.d^3$; apresentando $R^2_{aj.}$ de 0,7288; Syx% de 23,89; F de 19,36 e 10,93% de CV. para a espécie *Eugenia verticillata*: $h = 16,11154 - 4,47873.d + 0,50591.d^2 - 0,01317.d^3$; com $R^2_{aj.}$ de 0,6324; Syx% de 39,93, Fcal de 30,82 e 29,08% de CV; para *Nectandra megapotamica*: $h = 1,83415 + 0,80255.d - 0,01291.d^2 + 0,00007.d^3$, com $R^2_{aj.}$ de 0,6068; erro padrão da estimativa de 30,8; Fcal de 20,59 e CV de 25,06%; e para a espécie *Trichilia clausenii* o modelo foi representado por: $h = -2,79144 + 2,06781.d - 0,11027.d^2 + 0,00211.d^3$ com $R^2_{aj.}$ de 0,4972 e erro padrão da estimativa de 26,33; Fcal de 30,67 e 13,79 % de coeficiente de variação.

Palavras-chave: Modelo matemático. Relação altura e diâmetro. Floresta natural.

ABSTRACT

STUDY OF THE HYSOMETRIC RELATION FOR FOUR SPECIES OF SEASONAL DECIDUOUS FOREST IN NORTHWEST REGION OF RS STATE.

AUTHOR: Eduardo Benson Santos Barboza

ADVISOR: Magda Lea Bolzan Zanon

The objective of the present work was to adjust hypsometric models for the species *Eugenia rostrifolia* D. Legrand, *Eugenia verticillata* (Vell.) Angely, *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez and, *Trichilia clausenii* C. DC. in a remnant of Seasonal Deciduous Forest. Data were collected in the municipality of Frederico Westphalen, RS, on the UFSM/FW campus. To estimate the tree heights, 14 hypsometric models (h/d) were selected for fitting. As selection criteria for model fitting, the following statistical parameters were used: adjusted coefficient of determination ($R^2_{aj.}$), standard error of the estimation in percentage (Syx%), coefficient of variation (CV%), calculated Fischer's F value from ANOVA (analysis of variance) and graphical analysis of the dispersion of residues. After analyzing the criteria, the third power model was the one that best estimated the heights for the four species. The fitted models were for *Eugenia rostrifolia*: $h = -3.91065 + 2.01884.d - 0.07579.d^2 + 0.00097.d^3$; featuring $R^2_{aj.}$ of 0.7288; Syx% of 23.89; F of 19.36 and 10.93% CV. for the species *Eugenia verticillata*: $h = 16.11154 - 4.47873.d + 0.50591.d^2 - 0.01317.d^3$; with $R^2_{aj.}$ of 0.6324; Syx% of 39.93, F of 30.82 and 29.08% CV; for *Nectandra megapotamica*: $h = 1.83415 + 0.80255.d - 0.01291.d^2 + 0.00007.d^3$, with $R^2_{aj.}$ of 0.6068; standard error of the estimate of 30.8; F of 20.59 and CV of 25.06%; and for the species *Trichilia clausenii* the model was represented by: $h = -2.79144 + 2.06781.d - 0.11027.d^2 + 0.00211.d^3$ with $R^2_{aj.}$ of 0.4972 and standard error of the estimate of 26.33; F of 30.67 and 13.79% coefficient of variation.

Keywords: Mathematical model. Hypsometric relationship. Natural forest.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição de resíduos do modelo (4) para a espécie <i>Eugenia rostrifolia</i>	18
Figura 2 - Distribuição de resíduos do modelo (7) para a espécie <i>Eugenia rostrifolia</i>	18
Figura 3 - Distribuição de resíduos do modelo (4) para a espécie <i>Nectandra megapotamica</i> .	21
Figura 4 - Distribuição de resíduos do modelo (11) para a espécie <i>Nectandra megapotamica</i>	21
Figura 5 - Distribuição de resíduos do modelo (4) para a espécie <i>Trichilia clausenii</i>	24
Figura 6 - Distribuição de resíduos do modelo (8) para a espécie <i>Trichilia clausenii</i>	25
Figura 7 - Distribuição de resíduos do modelo (4) para a espécie <i>Eugenia verticillata</i>	27
Figura 8 - Distribuição de resíduos do modelo (2) para a espécie <i>Eugenia verticillata</i>	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Modelos hipsométricos testados para estimar altura em função do diâmetro.....	12
Tabela 2 - Amplitude da dispersão dos dados de diâmetro e altura do fuste para as espécies estudadas.....	15
Tabela 3 – Parâmetros estimados e critérios de seleção dos modelos para a espécie <i>Eugenia rostrifolia</i>	17
Tabela 4 - Valor ponderado dos escores (VP) dos parâmetros estatísticos para a espécie <i>Eugenia rostrifolia</i>	17
Tabela 5 - Parâmetros e critérios de seleção dos modelos para a espécie <i>Nectandra megapotamica</i>	19
Tabela 6 - Valor ponderado dos escores (VP) dos parâmetros estatísticos para a espécie <i>Nectandra megapotamica</i>	20
Tabela 7 - Parâmetros e critérios de seleção dos modelos hipsométricos para a espécie <i>Trichilia clausenii</i>	23
Tabela 8 - Valor ponderado dos escores dos parâmetros estatísticos para a espécie <i>Trichilia clausenii</i>	24
Tabela 9 - Parâmetros e critérios de seleção dos modelos para a espécie <i>Eugenia verticillata</i>	26
Tabela 10 - Valor ponderado (VP) dos escores dos parâmetros estatísticos para a espécie <i>Eugenia verticillata</i>	26

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	11
2.1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E COLETA DE DADOS.....	11
2.2 AJUSTES DE MODELOS HIPSOMÉTRICOS	11
2.2.1 Coeficiente de determinação ajustado – R^2 aj	13
2.2.2 Erro padrão da estimativa percentual – S_{yx} %	13
2.2.3 Coeficiente de variação percentual – CV%	13
2.2.4 Teste Qui-quadrado (χ^2).....	14
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
3.1 RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA POR ESPÉCIE	16
3.1.1 <i>Eugenia rostrifolia</i>	16
3.1.2 <i>Nectandra megapotamica</i>	19
3.1.3 <i>Trichilia clausenii</i>	22
3.1.4 <i>Eugenia verticillata</i>	25
4 CONCLUSÃO.....	28
REFERÊNCIAS	29

1 INTRODUÇÃO

A relação hipsométrica é uma das ferramentas amplamente utilizadas em operações florestais, na qual utiliza-se a relação do diâmetro à altura do peito (Dap) a uma distância de 1,30 metros do nível do solo e a altura das árvores. Através de modelos hipsométricos podemos estimar a altura das árvores que tiveram apenas Dap medido, desta maneira reduzindo custos de levantamento na área a ser amostrada (BATISTA, 2001).

Para estabelecer essa relação entre alturas e diâmetros é necessário a medição de todos os diâmetros das árvores na parcela, enquanto a medição de altura é realizada em alguns indivíduos, prática que resulta em um trabalho mais rápido, eficaz e econômico, também gerando resultados satisfatórios (AZEVEDO, et al., 1999).

A medição da altura de uma árvore necessita de mais tempo e atenção comparada a uma simples medição de diâmetro com a fita métrica, visto que está sujeito a ocorrência de fatores que dificultam a execução, como a dificuldade em observar o ápice da árvore (principalmente em povoamentos nativos), falta de treinamento adequado para o uso dos equipamentos e declividade do terreno (SILVA, et al., 2017).

De acordo Schmidt (1977) *apud* Caldeira et al. (2002), a relação altura e diâmetro (h/d) vem sendo objeto de estudo por diversos pesquisadores por meio da aplicação de inúmeros modelos matemáticos para a determinação da relação existente entre essas variáveis, embora os modelos possam se apresentar eficientes ou não, dependendo da composição e qualidade do povoamento.

Portanto, é necessário que se tenha equações com alto grau de confiança para estimar as alturas, observando que alguns obstáculos possam aparecer para se determinar a relação ideal entre alturas e diâmetros nas diferentes espécies existentes.

Sabe-se que cada espécie possui seu próprio crescimento e suas casualidades, como por exemplo, a forma do tronco, que pode determinar o aparecimento de diâmetros e alturas não correspondentes, como o caso de um alto valor de diâmetro com um baixo valor de altura, e um baixo valor de diâmetro com altura elevada (HESS et al., 2014).

O Brasil é um país com diferentes biomas os quais possuem uma rica diversidade de espécies, que variam também no tamanho das árvores. Existem inúmeros modelos para relações hipsométricas, mas mesmo assim não é possível determinar o melhor modelo para uma espécie sem realizar análises estatísticas para a seleção do modelo ideal. Cada modelo possui uma interação diferente com as características de diâmetro a altura do peito e altura total das árvores, sendo possível um modelo superestimar ou subestimar as alturas dependendo da espécie a ser

estudada, da idade, do sítio e demais condições ambientais. Desta forma, a escolha do modelo adequado para uma determinada espécie em estudo será o modelo que mais se ajusta aos dados reais (BATISTA, 2001). No entanto, esse modelo poderá variar de local para local, dentro da mesma espécie e em relação as diferentes idades na mesma espécie.

De acordo com Azevedo et al. (2011), cada espécie possui um comportamento distinto em relação aos modelos hipsométricos, fazendo com que seja necessário o ajuste da equação para determinação dos modelos que melhor representam, levando em consideração a região, as condições fitossociológicas, tipo de solo e manejo.

Segundo Costa et al. (2006), a relação h/d sofre influência de alguns fatores, como a condição sociológica, tipo de solo, espaçamento, forma do fuste, tamanho da copa, idade e entre outros.

A relação h/d tornou-se uma técnica indispensável para um bom inventário florestal, principalmente em florestas nativas, observando as dificuldades de medir a altura, pois essas florestas são mais densas e com dossel superior elevado (SOARES, 2011).

Segundo Thiersch et al. (2006), a relação h/d em florestas nativas é pouco utilizada, e conseqüentemente não há muitos estudos. Em detrimento a isso, vale ressaltar a importância de realizar mais estudos hipsométricos nestes ambientes, buscando-se obter uma precisão maior nos dados.

Em relação a cobertura florestal, as florestas estacionais são as formações florestais com maior área de cobertura entre as ocorrentes no Rio Grande do Sul (RS), predominando no Alto Uruguai, ao longo das encostas da Serra Geral e leste do Planalto Sul-Rio-Grandense ou Serra do Sudeste (RAMBO, 1961).

No estado do Rio Grande do Sul encontram-se atualmente porções pequenas de florestas pertencentes ao bioma Mata Atlântica devido à forte ação antrópica nos últimos anos. Muitas áreas com espécies nativas sofreram intervenções, ficando basicamente alguns fragmentos florestais com poucos indivíduos, e isto, com o passar do tempo, pode ocasionar que muitas espécies passem a integrar o quadro de espécies ameaçadas de extinção (SILVEIRA et al., 2015).

Considerando a diversidade de espécies que compõe o bioma mata atlântica este trabalho teve como objetivo ajustar e selecionar modelos de relação hipsométrica para as espécies, *Eugenia rostrifolia* D. Legrand, *Eugenia verticillata* (Vell.) Angely, *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez e, *Trichilia clausenii* C. DC. encontradas na floresta estacional decidual na região do Médio Alto Uruguai.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E COLETA DE DADOS

O trabalho foi realizado no município de Frederico Westphalen, na região noroeste do Rio Grande do Sul, em um fragmento pertencente a Florestal Estacional Decidual, em uma área de aproximadamente de 56 ha. O fragmento localiza-se nas áreas da Universidade Federal de Santa Maria e do Instituto Federal Farroupilha, com coordenadas geográficas 27°23'45" S e 53°25'53" O, altitude em torno de 500 m e relevo suave-ondulado.

De acordo com Alvares et al. (2013), o clima regional é do tipo Subtropical úmido (Cfa), clima este caracterizado por chuvas bem distribuídas durante o ano e ausência de estação de seca. Os solos predominantes na região são do tipo Latossolos Vermelhos Distroféricos, com base no sistema brasileiro de classificação de solos (EMBRAPA, 2018).

Para este estudo foram utilizados dados provenientes de 9 parcelas permanentes com área de 1000 m² cada, com dimensões de 20m de largura e 50m de comprimento, com orientação do maior comprimento no sentido Leste-Oeste, distribuídas de forma aleatória na área de estudo. Foram levantadas todas as plantas com diâmetro a altura do peito (DAP) maior ou igual a 5 cm, e foram medidas as alturas com o Vertex IV.

Das espécies encontradas na área foram selecionadas as quatro (04) que apresentavam as maiores frequências de indivíduos.

2.2 AJUSTES DE MODELOS HIPSOMÉTRICOS

Para analisar o desempenho dos modelos nos ajustes foram utilizados 14 modelos hipsométricos para os dados coletados, para cada uma das quatro espécies florestais selecionadas: *Trichilia clausenii* (Catiguá), *Eugenia rostrifolia* (Batinga), *Nectandra megapotamica* (Canela-preta) e *Eugenia verticillata* (Guamirim). Os modelos foram ajustados aos dados e as curvas de ajustes foram comparadas com as tendências dos dados observados. Na Tabela 1 são apresentados os modelos que foram testados para a seleção do melhor ajuste na estimativa da altura através do diâmetro das árvores mensuradas.

Tabela 1 - Modelos hipsométricos testados para estimar altura em função do diâmetro.

Equação	Modelos
1.	$\frac{1}{\sqrt{h-1,30}} = b_0 + b_1 \frac{1}{d}$
2.	$h-1,30 = b_0 + b_1 d + b_2 d^2$
3.	$h = b_0 + b_1 d + b_2 d^2$
4.	$h = b_0 + b_1 d + b_2 d^2 + b_3 d^3$
5.	$h = b_0 + b_1 \frac{1}{d}$
6.	$\frac{1}{h} - 1,30 = b_0 + b_1 \frac{1}{d} + b_2 \frac{1}{d^2}$
7.	$\log(h-1,30) = b_0 + b_1 \frac{1}{d}$
8.	$h-1,30 = b_0 + b_1 d$
9.	$\log(h) = b_0 + b_1 d$
10.	$h = b_0 + b_1 d$
11.	$\log(h) = b_0 + b_1 \log(d)$
12.	$\log(h-1,30) = b_0 + b_1 \log(d)$
13.	$\log(h-1,30) = b_0 + b_1 \log(d) + b_2 \log(d^2)$
14.	$\log(h-1,30) = b_0 + b_1 \log\left(\frac{d}{1+d}\right)$

Fonte: Adaptado de Schneider (1986).

2.3 CRITÉRIOS DE SELEÇÃO PARA ESCOLHA DO MELHOR MODELO

Para a seleção dos modelos foram utilizados os critérios estatísticos: coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}); erro padrão da estimativa (Sy_x %); coeficiente de variação percentual (CV%); valor de F de Fischer calculado do quadro de análise de variância (F_{cal}); teste qui-quadrado (χ^2) e análise gráfica dos resíduos. As expressões matemáticas que descrevem os critérios de análise foram assim constituídas:

2.2.1 Coeficiente de determinação ajustado – R^2 aj

O Coeficiente de determinação ajustado (R^2 aj) expressa a quantidade da variação total explicada pela regressão. A análise seleciona a equação que apresenta o maior valor de R^2 aj, como mostra a Equação 1:

$$R^2_{aj} = R^2 - \frac{(K-1)}{(N-K)}(1-R^2) \quad (1)$$

Sendo: R^2 aj = coeficiente de determinação ajustado;

K = número de variáveis independentes da equação;

N = número de observações;

R^2 = coeficiente de determinação não ajustado.

2.2.2 Erro padrão da estimativa percentual – S_{YX} %

O Erro padrão da estimativa percentual (S_{YX} %) mede a dispersão entre os valores observados e estimados pela regressão, sendo desejável o modelo que apresenta o menor valor de S_{YX} % (Equação 2).

$$S_{YX}\% = \sqrt{QM \text{ res}} \cdot 100 \quad (2)$$

Sendo: S_{YX} % = Erro padrão da estimativa percentual;

QM res = Quadrado médio do resíduo obtido na análise da variância.

2.2.3 Coeficiente de variação percentual – CV%

O coeficiente de variação (CV%) é uma medida da variabilidade relativa, que permite comparar a variância de duas ou mais populações. Relaciona o desvio padrão com a média e, em geral é expresso em porcentagem, sendo obtido pela Equação 3.

$$CV \% = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n-p}} \cdot \frac{100}{\bar{Y}} \quad (3)$$

Sendo: n = número de observações; p = número de parâmetros do modelo de regressão incluindo b_0 ; Y_i = altura observada (m); \hat{Y}_i = altura estimada (m); \bar{Y} = altura média (m).

2.2.4 Teste Qui-quadrado (χ^2)

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(Y_i - \hat{Y}_i)^2}{\hat{Y}_i} \quad (4)$$

Sendo: Y_i = valor observado;

\hat{Y}_i = valor estimado;

Foi utilizado o fator de correção de Meyer (MEYER, 1941) para corrigir o erro sistemático (discrepância logarítmica) nas estimativas das variáveis dependentes dos modelos logarítmicos, definido pela Equação 5:

$$F_c = e^{(0,5 \times QM \text{ res})} \quad (5)$$

Sendo: QM res = quadrado médio do resíduo, obtido na tabela de análise de variância do modelo ajustado em unidade logarítmica;

F_c = fator de correção de Meyer.

As equações foram ordenadas de acordo com sua eficiência, sendo atribuído menor peso para as mais eficientes e, maiores pesos para as menos eficientes. Após, foi realizada a ponderação dos escores estatísticos.

Foram selecionados os dois melhores modelos dentre os 14 avaliados, para a realização da análise gráfica dos resíduos para cada uma das espécies. Todas as análises e cálculos foram realizados em planilha eletrônica (Microsoft Excel).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para cada uma das espécies foi realizada uma análise de dispersão das variáveis diâmetro a altura do peito (Dap) e altura total (Ht), as quais estão apresentadas na Tabela 2. Nota-se uma grande amplitude entre as variáveis Dap e Ht nas quatro espécies avaliadas. O número de indivíduos de cada espécie encontrado na área foi heterogêneo, variando de 23 indivíduos para *Eugenia rostrifolia* até 91 indivíduos para a espécie *Trichilia clausenii*.

Tabela 2 - Amplitude da dispersão dos dados de diâmetro e altura do fuste para as espécies estudadas

<i>Eugenia rostrifolia</i> - 23 indivíduos		
Características	Dap (cm)	Ht (m)
Máximo	45,2	22,0
Mínimo	5,2	4,0
Média	13,6	10,3
Desvio Padrão	9,5	4,7
Coeficiente Variação %	69,7	45,9
<i>Nectandra megapotamica</i> - 37 indivíduos		
Características	Dap (cm)	Ht (m)
Máximo	94,9	28,0
Mínimo	5,7	5,0
Média	26,9	13,5
Desvio Padrão	21,2	6,7
Coeficiente Variação %	78,9	49,1
<i>Trichilia clausenii</i> - 91 indivíduos		
Características	Dap (cm)	Ht (m)
Máximo	31,5	19
Mínimo	5,1	2,3
Média	12,4	9,2
Desvio Padrão	5,9	3,4
Coeficiente Variação %	47,9	36,9
<i>Eugenia verticillata</i> - 52 indivíduos		
Características	Dap (cm)	Ht (m)
Máximo	26,5	18,3
Mínimo	5,1	2,7
Média	7,4	5,6
Desvio Padrão	4,1	2,7
Coeficiente Variação %	54,6	47,9

Pode-se observar que os maiores coeficientes de variação percentual foram encontrados para a variável Dap, variando de 47,9% até 78,9%. A espécie que apresentou maior heterogeneidade em Dap foi a *Nectandra megapotamica* e a menor variação encontrada foi para a espécie *Trichilia clausenii*. Esse percentual elevado de coeficiente de variação para a espécie *Nectandra megapotamica* pode ser explicado devido a espécie ter uma capacidade de regeneração maior que as demais espécies. Para a variável altura, essa amplitude foi menor variando de 36,9% até 49,1% para as espécies *Trichilia clausenii* e *Nectandra megapotamica*, respectivamente.

Essas variações são esperadas uma vez que as espécies são naturais de uma estrutura inequidiana e foram amostrados indivíduos com Dap maior ou igual a 5 cm, sendo que, optou-se neste trabalho não fazer as análises para dados estratificados por classes de diâmetros e de alturas.

3.1 RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA POR ESPÉCIE

3.1.1 *Eugenia rostrifolia*

Os resultados provenientes dos ajustes dos modelos de relação h/d para a espécie *E. rostrifolia* são apresentados na Tabela 3. Observa-se que os valores de R^2 aj variaram de 0,4646 até 0,7288, os Syx % entre 23,89% e 33,57 %, e coeficientes variando de 10,93 % (modelo 4) até 21,66 % (modelo 8).

Na Tabela 4, onde estão apresentadas as ponderações dos escores estatísticos, percebe-se que os modelos que apresentaram melhores resultados foram os modelos 7 e 4, dadas pelas funções: $\log(h-1,30) = b_0 + b_1 \frac{1}{d}$ e $h = b_0 + b_1 d + b_2 d^2 + b_3 d^3$, respectivamente. Com valores ponderados dos escores (VP) de 13 e 17, sendo, portanto, os dois melhores modelos para estimar a altura em função do diâmetro para a espécie *E. rostrifolia*.

No entanto, o modelo selecionado foi o de número 4, pois apresentou melhor resultado em quatro dos cinco critérios de seleção utilizados, recebendo nestes casos o valor 1 nos critérios de seleção. A análise residual gráfica para os dois melhores modelos é apresentada na Figura 1, para o modelo (4), e na Figura 2, para o modelo (7). Pode-se observar que os modelos se ajustaram de forma satisfatória aos dados observados.

Tabela 3 – Parâmetros estimados e critérios de seleção dos modelos para a espécie *Eugenia rostrifolia*

Eq.	Coeficientes				Critérios de Seleção				
	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃	R ² aj.	S _{YX} %	F calc	χ ²	CV (%)
1	0,19019	1,80659	-	-	0,6894	25,57	39,75	14,13	20,21
2	1,31157	0,69169	-0,00637	-	0,6715	26,30	23,49	13,88	17,85
3	2,61156	0,69169	-0,00637	-	0,6715	26,30	23,49	13,88	17,85
4	-3,91065	2,01884	-0,07579	0,00097	0,7288	23,89	19,36	11,44	10,93
5	18,2286	-78,59234	-	-	0,624	27,32	44,16	14,71	21,45
6	-1,26193	0,61056	1,63460	-	0,674	26,19	18,01	14,07	17,72
7	1,31205	-4,16179	-	-	0,6968	25,26	48,59	12,85	19,85
8	3,44277	0,40802	-	-	0,6406	27,50	43,29	15,97	21,66
9	0,75042	0,01596	-	-	0,4646	33,57	24,73	21,99	28,99
10	4,74277	0,40802	-	-	0,6578	26,84	43,29	15,97	21,66
11	0,25531	0,67387	-	-	0,6751	26,15	43,77	14,59	20,88
12	0,05228	0,79440	-	-	0,6503	27,13	40,31	15,57	21,99
13	-0,78346	2,34651	-0,68333	-	0,6693	26,38	22,61	13,37	17,96
14	-0,18685	0,79440			0,6499	27,15	40,31	15,47	22,01

Sendo: b₀, b₁, b₂, b₃= coeficientes; R²aj.= coeficiente de determinação ajustado; S_{YX}% = erro padrão da estimativa percentual; CV%= coeficiente de variação percentual; Fcalc = teste F da análise de variância; χ²= Qui-quadrado.

Fonte: O Autor (2023).

Tabela 4 - Valor ponderado dos escores (VP) dos parâmetros estatísticos para a espécie *Eugenia rostrifolia*

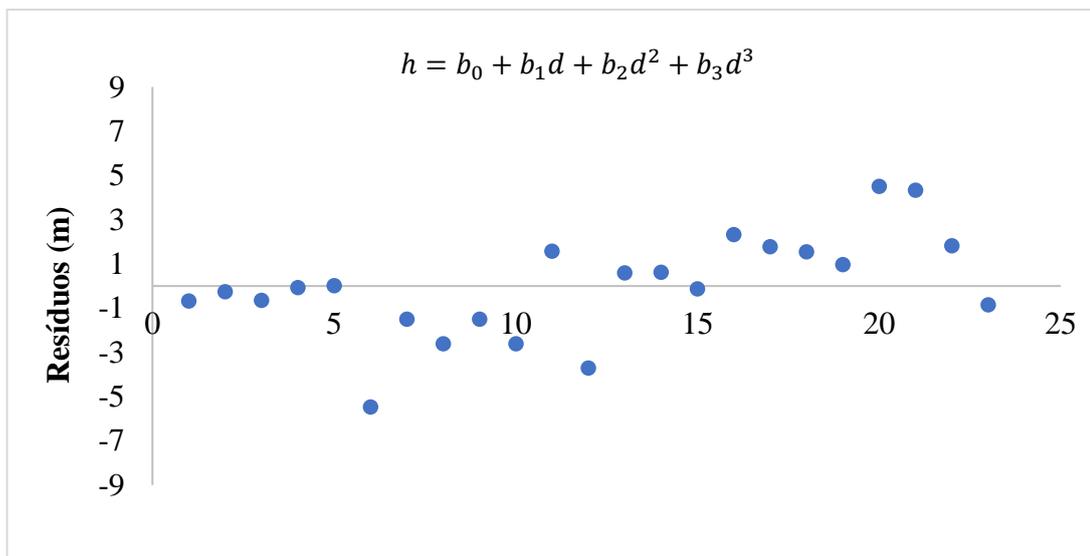
Eq.	R ² aj.	S _{YX} %	F calc	χ ²	CV (%)	VP
1	3	3	8	7	7	28
2	6	6	10	4	3	29
3	7	7	11	5	4	34
4	1	1	13	1	1	17
5	13	12	2	9	9	45
6	5	5	14	6	2	32
7	2	2	1	2	6	13
8	12	13	4	12	10	51
9	14	14	9	14	14	65
10	9	9	5	13	11	47
11	4	4	3	8	8	27
12	10	10	7	11	12	50
13	8	8	12	3	5	36
14	11	11	6	10	13	51

Sendo: R²aj.= coeficiente de determinação ajustado; S_{YX}% = erro padrão da estimativa percentual; CV%= coeficiente de variação percentual; Fcalc = teste F da análise de variância; χ²= Qui-quadrado; VP = valor ponderado dos escores.

Fonte: O Autor (2023).

Após análise dos dados representados na Figura 1 pelo gráfico de resíduos, observou-se que 74% dos indivíduos, apresentaram superestimativa ou subestimativa em torno de 2,0 m de altura.

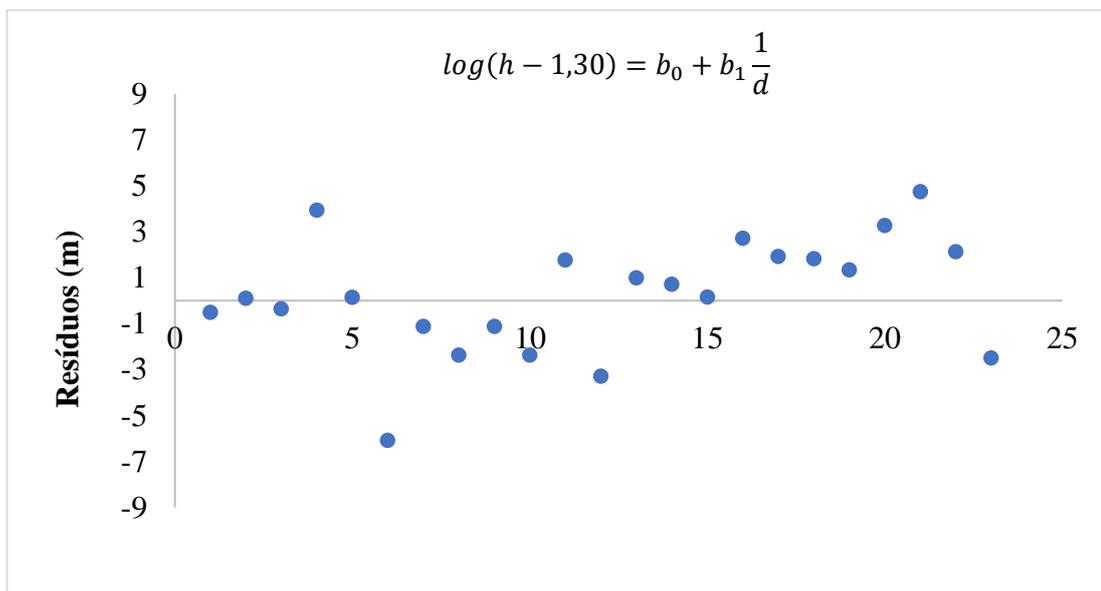
Figura 1 - Distribuição de resíduos do modelo (4) para a espécie *Eugenia rostrifolia*



Fonte: O Autor (2023).

Na Figura 2, representado o resíduo do modelo 7, para 74% dos indivíduos essa amplitude foi de 2,50 m, superestimando e subestimando as alturas para esta espécie.

Figura 2 - Distribuição de resíduos do modelo (7) para a espécie *Eugenia rostrifolia*.



Fonte: O Autor (2023).

Essa discrepância entre os valores estimados e observados tem relação com a diversidade da espécie e de fatores externos que influenciam no seu crescimento em altura e diâmetro.

De acordo com Ré et al., (2014) pode haver ocorrência de pontos irregulares numa análise de resíduos, e essa situação é esperada quando se está trabalhando com dados de espécies nativas, pois essas têm uma grande variação da relação altura e diâmetro e, portanto, a ocorrência destes pontos é caracterizada como fenômeno natural.

3.1.2 *Nectandra megapotamica*

A Tabela 5 apresenta os parâmetros e critérios de seleção para os modelos ajustados para a espécie *Nectandra megapotamica*.

Observa-se que os valores de R^2 aj variaram de 0,30497 a 0,88433, S_{YX} % entre 30,81 a 42,39 %, F_{calc} entre 15,67 a 51,78, χ^2 entre 38,55 a 69,85 e CV entre 25,06 a 39,86%.

Tabela 5 - Parâmetros e critérios de seleção dos modelos para a espécie *Nectandra megapotamica*.

Eq.	Coeficientes				Critérios de Seleção				
	b_0	b_1	b_2	b_3	R^2 aj.	S_{YX} %	F calc	χ^2	CV (%)
1	0,22357	1,56850	-	-	0,52372	33,91	33,82	54,62	31,27
2	2,99001	0,45261	-0,00265	-	0,59851	31,13	28,94	39,27	26,95
3	4,29001	0,45261	-0,00265	-	0,59851	31,13	28,94	39,27	26,95
4	1,83415	0,80255	-0,01291	0,00007	0,60678	30,81	20,59	38,56	25,06
5	19,97821	-92,36497	-	-	0,52938	33,71	45,79	55,85	31,07
6	-1,27136	1,45679	-3,75799	-	0,53277	33,59	15,67	53,17	36,36
7	1,27946	-3,92799	-	-	0,60444	31,99	43,75	48,20	29,26
8	5,56377	0,24233	-	-	0,55644	32,72	46,81	45,99	30,06
9	0,84448	0,00812	-	-	0,30497	42,39	32,32	69,86	39,86
10	6,86377	0,24233	-	-	0,55644	32,72	46,81	45,99	30,06
11	0,38882	0,52288	-	-	0,61083	31,73	51,78	44,41	28,99
12	0,22063	0,60357	-	-	0,60182	32,09	47,88	45,47	29,37
13	-0,05235	1,06796	-0,18154	-	0,88433	31,29	23,70	43,56	27,54
14	0,03893	0,60357	-	-	0,88178	32,10	47,88	45,50	29,37

Sendo: b_0, b_1, b_2, b_3 = coeficientes; R^2 aj.= coeficiente de determinação ajustado; S_{YX} % = erro padrão da estimativa percentual; CV%= coeficiente de variação percentual; F_{calc} = teste F da análise de variância; χ^2 = Qui-quadrado.

Silva (2019), ao estudar a relação h/d para a espécie *Nectandra lanceolata* no estado do Paraná, encontrou para os quatro melhores modelos valores de R^2_{aj} variando de 0,5432 até 0,8549 e $S_{YX}\%$ de 11,62 a 24,59%, ou seja, valores bem menores aos encontrados no presente estudo.

Na Tabela 6 observa-se que os modelos 11 e 4 apresentaram os menores valores dos escores ponderados (VP), 19 e 20 respectivamente. Entretanto, o modelo 4 se destaca por ter pontuações menores em três dos cinco critérios avaliados quando comparado ao modelo 11. Através das análises, o modelo 4 foi classificado como o melhor modelo para determinar as alturas para a espécie *Nectandra megapotamica*.

Tabela 6 - Valor ponderado dos escores (VP) dos parâmetros estatísticos para a espécie *Nectandra megapotamica*.

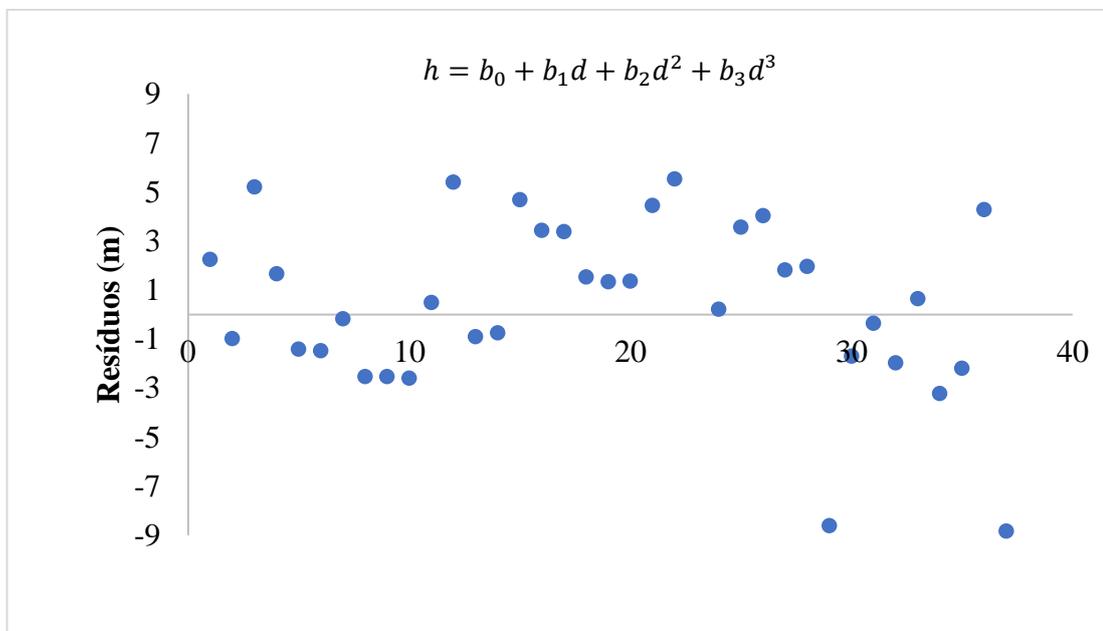
Eq.	R^2_{aj}	$S_{YX}\%$	F calc	χ^2	CV (%)	VP
1	13	13	8	12	12	58
2	7	2	10	2	2	23
3	8	3	11	3	3	28
4	4	1	13	1	1	20
5	12	12	6	13	11	54
6	11	11	14	11	13	60
7	5	6	7	10	6	34
8	10	9	4	9	10	42
9	15	15	9	14	14	67
10	9	10	5	8	9	41
11	3	5	1	5	5	19
12	6	7	2	6	7	28
13	1	4	12	4	4	25
14	2	8	3	7	8	28

Sendo: R^2_{aj} = coeficiente de determinação ajustado; $S_{YX}\%$ = erro padrão da estimativa percentual; CV%= coeficiente de variação percentual; Fcalc = teste F da análise de variância; χ^2 = Qui-quadrado; VP = valor ponderado dos escores.

Fonte: O Autor (2023).

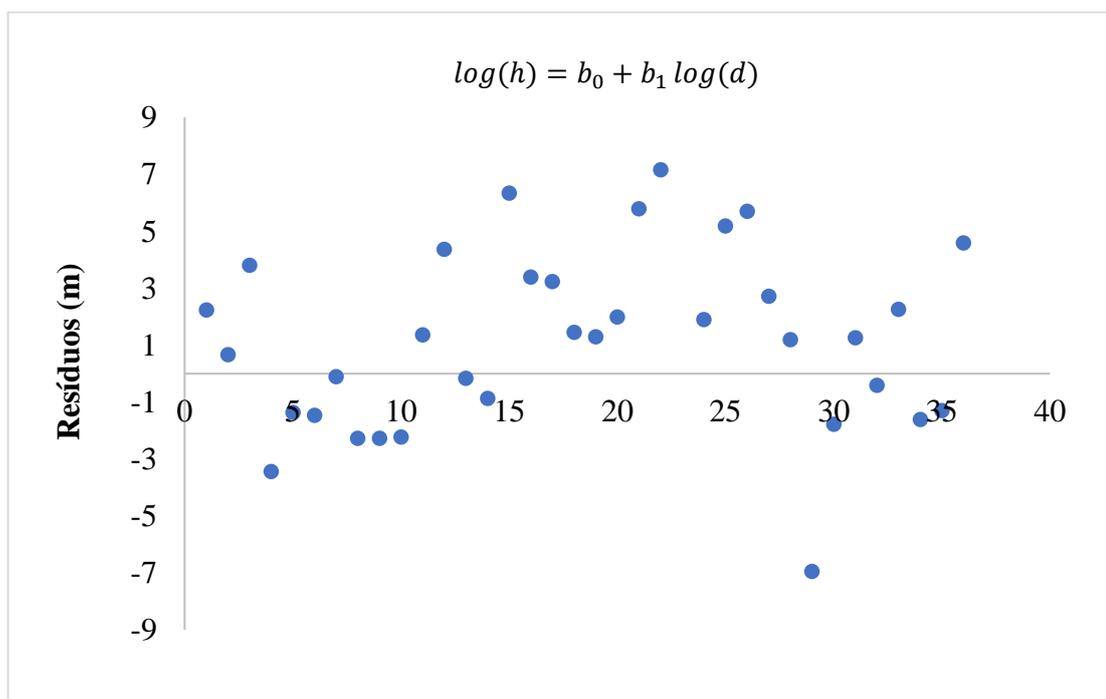
Nas Figuras 3 e 4 podemos visualizar os gráficos de resíduos dos modelos 4 e 11 respectivamente.

Figura 3 - Distribuição de resíduos do modelo (4) para a espécie *Nectandra megapotamica*.



Fonte: O Autor (2023).

Figura 4 - Distribuição de resíduos do modelo (11) para a espécie *Nectandra megapotamica*.



Fonte: O Autor (2023).

Ambos os modelos acabam subestimando a altura da maioria dos indivíduos, ou seja, teve a sua altura estimada menor que a altura observada. Para o modelo 4 cerca de 59% dos indivíduos tiveram sua altura subestimadas e para o modelo 11 foram 56% dos indivíduos que apresentaram subestimativas.

No modelo 4 a maioria dos indivíduos (67%) teve as suas alturas estimadas entre 3,0 m para mais e para menos em relação às alturas observadas. Para o modelo 11 cerca de 62 % dos indivíduos apresentaram superestimativas e subestimativas em torno de 3 m. Nas Figuras 3 e 4 nota-se que há ocorrência de pontos discrepantes, e isso acontece devido a variação da relação diâmetro e altura.

Hess et al. (2014), ao ajustarem a relação h/d para espécies da floresta amazônica, relatam que, por serem espécies nativas apresentam maior variação no fuste, pois os fustes mais tortuosos e com menor aproveitamento geram, conseqüentemente, uma maior discrepância na relação altura e diâmetro. Ou seja, apresentando diâmetros e altura não correspondentes, alto valor de diâmetro com um baixo valor de altura ou um alto valor de altura com um baixo valor de diâmetro, resultando em uma baixa correlação hipsométrica, sucedendo em baixos valores de R^2 aj, tendo o desempenho inferior das demais estatísticas de seleção quando comparados modelos ajustados com variáveis dendrométricas que apresentam maiores correlações biológica.

3.1.3 *Trichilia clausenii*

Na Tabela 7 estão apresentados os resultados dos ajustes dos modelos hipsométricos para a espécie *Trichilia clausenii* e na Tabela 8 as ponderações dos critérios utilizados para a seleção dos melhores modelos.

Pode-se observar na Tabela 7 que os valores de R^2 aj. variaram de 0,41157 a 0,49720, Syx % entre 26,33 e 37,55 %, Fcal entre 19,00 até 80,89, χ^2 entre 53,17 a 66,19 e CV entre 13,79 a 23,60%.

Para esta espécie, 67 % dos indivíduos possuem os Dap's inferiores a 15cm; com 19,78% dos demais indivíduos entre 15 cm e 20 cm de diâmetro; sendo os restantes 13,0 % dos indivíduos com diâmetros superiores a 20 cm.

Tabela 7 - Parâmetros e critérios de seleção dos modelos hipsométricos para a espécie *Trichilia clausenii*.

Coeficientes					Critérios de Seleção				
Eq	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃	R ² aj.	S _{YX} %	F calc	χ ²	CV (%)
1	0,25063	1,35671	-	-	0,41157	28,49	80,89	66,19	23,60
2	2,79916	0,42863	-0,00114	-	0,46446	27,18	40,03	56,04	18,96
3	4,09916	0,42863	-0,00114	-	0,46446	27,18	40,03	56,04	18,96
4	-2,79144	2,06781	-0,11027	0,00211	0,49720	26,33	30,67	53,17	13,79
5	14,15351	-49,42615	-	-	0,42540	28,15	67,63	60,74	23,20
6	-1,25942	1,02545	-1,42533	-	0,41312	37,55	19,00	65,87	20,69
7	1,14517	-2,91014	-	-	0,43851	27,83	57,76	60,22	22,82
8	3,00969	0,39424	-	-	0,47024	27,03	80,89	56,24	21,86
9	0,71207	0,01786	-	-	0,44942	27,55	61,38	58,73	22,49
10	4,30969	0,39424	-	-	0,47024	27,03	80,89	56,24	21,86
11	0,37337	0,53588	-	-	0,46568	27,14	68,51	57,64	22,00
12	0,17609	0,64798	-	-	0,46466	27,17	59,40	58,20	22,03
13	-0,03910	1,07078	-0,19988	-	0,45437	27,43	29,54	58,20	19,31
14	-0,01897	0,64798	-	-	0,46466	27,17	59,40	58,20	22,03

Sendo: b₀, b₁, b₂, b₃= coeficientes; R²aj.= coeficiente de determinação ajustado; S_{YX}% = erro padrão da estimativa percentual; CV%= coeficiente de variação percentual; Fcalc = teste F da análise de variância; χ²= Qui-quadrado.

Fonte: O Autor (2023).

Lima e Leão (2013) descrevem que devido a distribuição diamétrica de florestas naturais apresentar-se em forma exponencial negativa (J-invertido), há grande concentração de indivíduos em classes inferiores de diâmetro e grande variação nas alturas.

Na Tabela 8 é apresentada a pontuação de cada modelo de acordo com os parâmetros definidos. O modelo 8 e 4 receberam as melhores pontuações, entretanto, novamente o modelo 4 é o escolhido por receber melhores pontuações em quatro dos cinco critérios avaliados.

Na Figura 5 (modelo 4), 34% dos indivíduos apresentaram a sua altura superestimada e subestimada em 3,0 m para mais e para menos, e 40% apresentaram estimativas entre 1,0 m para mais e para menos.

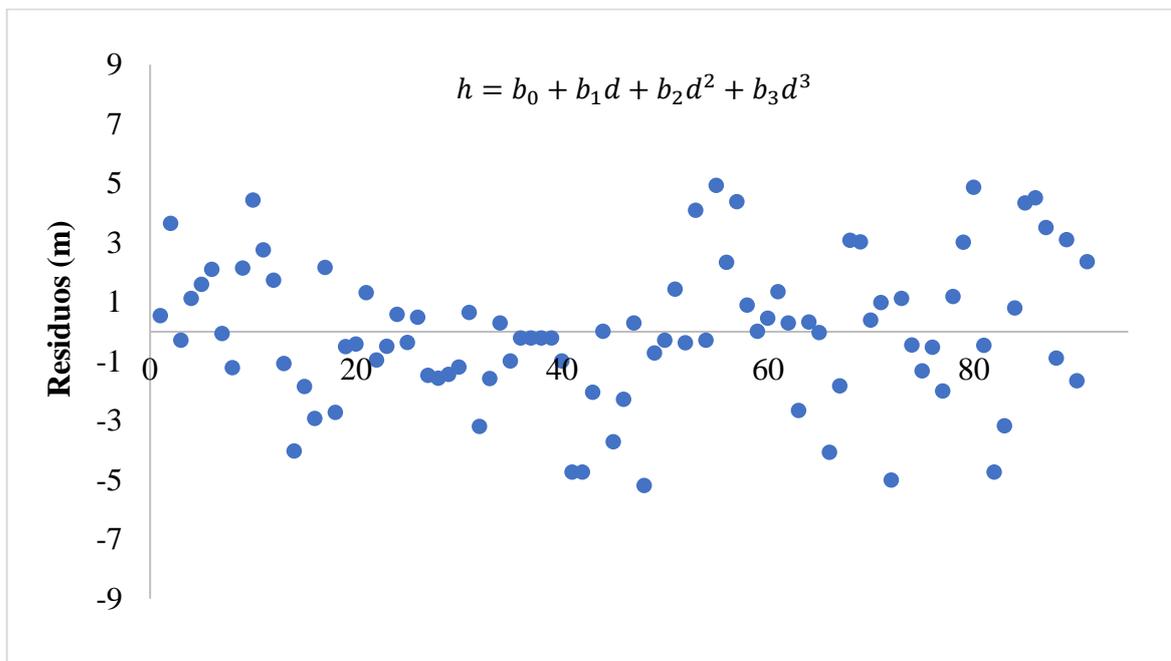
Na Figura 6 podemos verificar que o modelo 8 teve 39 % dos indivíduos com a sua altura superestimada e subestimada entre 3,0 m e -3,0 m respectivamente, sendo que 37% tiveram variação inferior a 1,0 m de altura.

Tabela 8 - Valor ponderado dos escores dos parâmetros estatísticos para a espécie *Trichilia clausenii*.

Eq.	R ² aj.	S _{YX} %	F calc	χ ²	CV (%)	VP
1	14	13	2	14	14	57
2	7	7	10	2	2	28
3	8	8	11	3	3	33
4	1	1	12	1	1	16
5	12	12	5	12	13	54
6	13	14	14	13	5	59
7	11	11	9	11	12	54
8	2	2	1	4	6	15
9	10	10	6	10	11	47
10	3	3	3	5	7	21
11	4	4	4	6	8	26
12	6	6	7	9	10	38
13	9	9	13	8	4	43
14	5	5	8	7	9	34

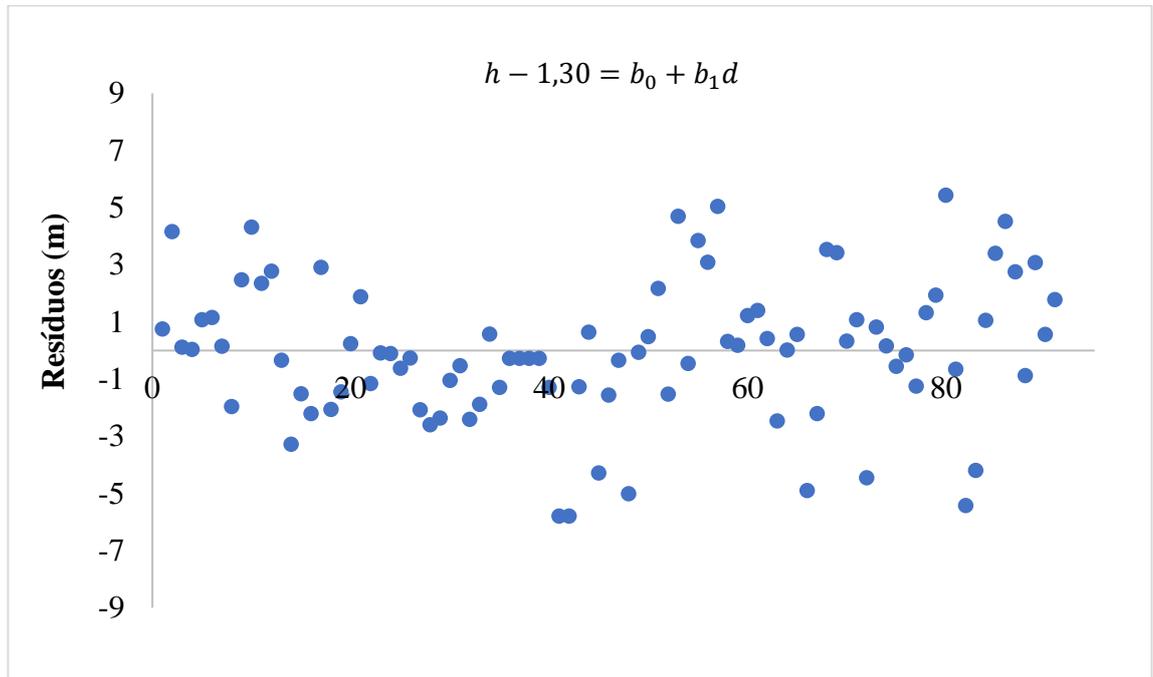
Sendo: R²aj. = coeficiente de determinação ajustado; S_{YX}% = erro padrão da estimativa percentual; CV% = coeficiente de variação percentual; Fcalc = teste F da análise de variância; χ² = Qui-quadrado; VP = valor ponderado dos escores.

Fonte: O Autor (2023).

Figura 5 - Distribuição de resíduos do modelo (4) para a espécie *Trichilia clausenii*.

Fonte: O Autor (2023).

Figura 6 - Distribuição de resíduos do modelo (8) para a espécie *Trichilia clausenii*.



Fonte: O Autor (2023).

3.1.4 *Eugenia verticillata*

Pode-se observar na Tabela 9 que os valores de R^2 aj variaram de 0,1452 a 0,6323, Syx % entre 19,46 e 42,80 %, F_{cal} entre 6,17 a 30,82, χ^2 entre 17,51 a 56,80 e CV entre 17,96 a 35,54%.

Curto et al. (2014) ao estudarem a relação hipsométrica para 8 espécies nativas pertencentes a um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual, no município de Guaçuí (ES), encontraram resultados de R^2 aj. entre 0,227 e 0,907. Estes valores discrepantes mostraram-se semelhantes aos encontrados neste estudo e são considerados aceitáveis quando se trata de florestas nativas.

Na Tabela 10 é apresentada a ponderação dos modelos conforme cada critério definido, o resultado final teve a variação entre 15 a 60 pontos. De acordo com esta análise foi definido o modelo 4 com 15 pontos como melhor modelo, seguido pelo modelo 2 com 18 pontos.

Tabela 9 - Parâmetros e critérios de seleção dos modelos para a espécie *Eugenia verticillata*.

Coeficientes					Critérios de Seleção				
Eq.	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃	R ² aj.	S _{YX} %	F calc	χ ²	CV (%)
1	10,35918	1,13656	-	-	0,14520	19,46	6,18	56,80	35,54
2	-5,10591	1,69992	-0,04374	-	0,41677	32,40	19,58	22,00	17,96
3	-3,80591	1,69992	-0,04374	-	0,41677	32,40	19,58	22,00	17,96
4	16,11154	-4,47873	0,50951	-0,01317	0,63239	39,93	30,82	17,51	29,08
5	10,95978	-34,82287	-	-	0,24539	24,68	17,91	20,49	32,27
6	-1,31358	2,35684	-5,62539	-	0,14715	20,74	6,75	23,73	30,13
7	0,92997	-2,32089	-	-	0,24322	41,71	9,92	47,14	32,35
8	1,71430	0,35530	-	-	0,27989	26,24	21,21	19,16	31,07
9	0,56307	0,02057	-	-	0,20342	42,80	16,86	48,15	33,68
10	3,01430	0,35530	-	-	0,27989	26,24	21,21	41,28	31,07
11	0,21652	0,59683	-	-	0,29799	40,17	18,60	42,12	30,41
12	-0,04723	0,74530	-	-	0,28426	40,57	15,50	43,02	30,91
13	0,37200	-0,12693	0,43025	-	0,21836	42,39	7,88	45,18	27,44
14	-0,27159	0,74530	-	-	0,28426	40,57	15,50	27,02	30,91

Sendo: b₀, b₁, b₂, b₃= coeficientes; R²aj.= coeficiente de determinação ajustado; S_{YX}% = erro padrão da estimativa percentual; CV%= coeficiente de variação percentual; Fcalc = teste F da análise de variância; χ²= Qui-quadrado.

Fonte: O Autor (2023).

Tabela 10 - Valor ponderado (VP) dos escores dos parâmetros estatísticos para a espécie *Eugenia verticillata*.

Eq.	R ² aj.	S _{YX} %	F calc	χ ²	CV (%)	VP
1	14	1	14	14	14	57
2	2	7	4	4	1	18
3	3	6	5	5	2	21
4	1	8	1	1	4	15
5	9	3	7	3	11	33
6	13	2	13	6	5	39
7	10	12	11	12	12	57
8	7	4	2	2	10	25
9	12	14	8	13	13	60
10	8	5	3	8	9	33
11	4	9	6	9	6	34
12	5	10	9	10	8	42
13	11	13	12	11	3	50
14	6	11	10	7	7	41

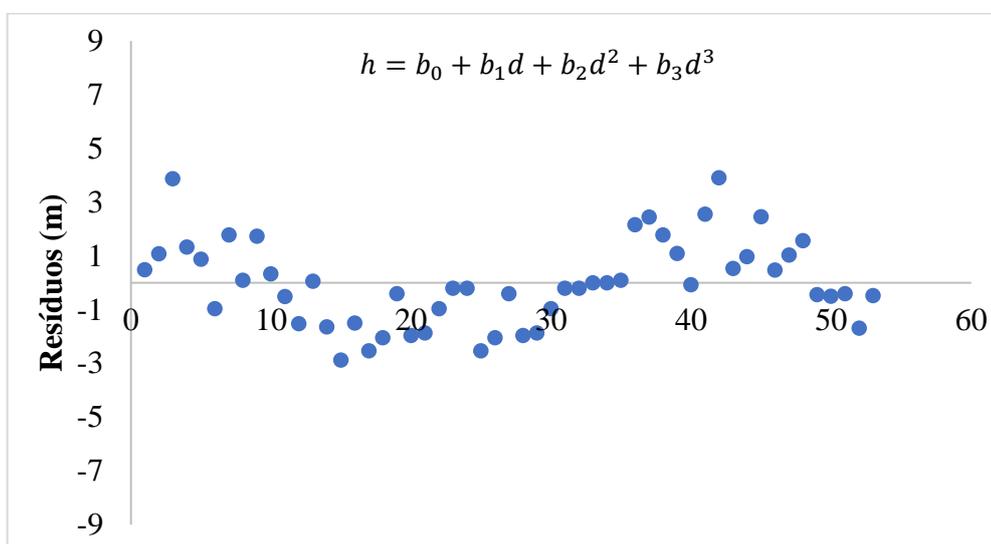
Sendo: R²aj.= coeficiente de determinação ajustado; S_{YX}% = erro padrão da estimativa percentual; CV%= coeficiente de variação percentual; Fcalc = teste F da análise de variância; χ²= Qui-quadrado; VP = valor ponderado dos escores.

Fonte: O Autor (2023).

Na Figura 7 podemos constatar no gráfico de resíduos que os dados se ajustaram bem ao modelo 4, com 49 % dos indivíduos com a altura subestimada e superestimada entre 1,0 m para mais e para menos, e para 30% dos indivíduos essas variações subiram para 2,0 m para mais e para menos.

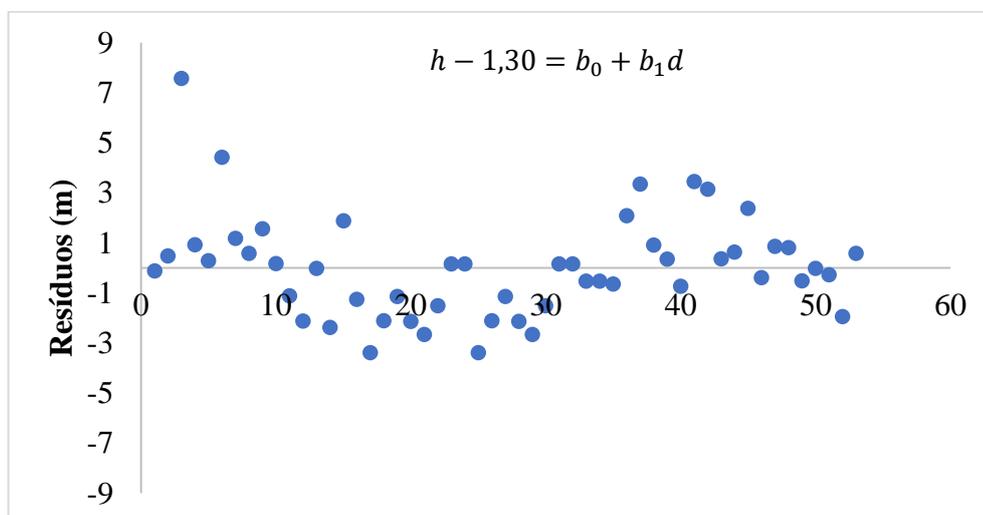
Na Figura 8 o modelo 2, teve desempenho semelhante, com 33 % da população com a estimativa da altura variando de 2,5 m para mais ou para menos. Comportamento semelhante obtido com o modelo 4, em que 49 % dos indivíduos apresentaram subestimativa e superestimativas em 1,0 m.

Figura 7 - Distribuição de resíduos do modelo (4) para a espécie *Eugenia verticillata*.



Fonte: O Autor (2023).

Figura 8 - Distribuição de resíduos do modelo (2) para a espécie *Eugenia verticillata*.



Fonte: O Autor (2023).

4 CONCLUSÃO

O modelo de número 4, representado pela equação $h = b_0 + b_1d + b_2d^2 + b_3d^3$, mostrou melhor qualidade nos ajustes para estimar a relação hipsométrica para as quatro espécies avaliadas.

No entanto, cada espécie poderá ser estimada por um segundo melhor modelo: *Eugenia rostrifolia* (modelo 7); *Nectandra megapotamica* (modelo 11); *Trichilia clausenii* (modelo 8) e *Eugenia verticillata* (modelo 2).

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A. et al. Mapa de classificação climática de Köppen para o Brasil. *Meteorologische Zeitschrift*, Piracicaba - SP v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>. Acesso em: 4 abr. 2022.
- AZEVEDO, C. P. de. et al. RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA PARA QUATRO ESPÉCIES FLORESTAIS EM PLANTIO HOMOGÊNEO E EM DIFERENTES IDADES NA AMAZÔNIA OCIDENTAL. *Boletim de Pesquisa Florestal*, Colombo, v. 1, n. 39, p. 5-29, dez./1999. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/282212>. Acesso em: 4 abr. 2022.
- AZEVEDO, G. B. D. et al. SELEÇÃO DE MODELOS HIPSOMÉTRICOS PARA QUATRO ESPÉCIES FLORESTAIS NATIVAS EM PLANTIO MISTO NO PLANALTO DA CONQUISTA NA BAHIA. *ENCICLOPÉDIA BIOSFERA*, Goiânia - GO, v. 7, n. 12, p. 1-13, mai./2011. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2011a/agrarias/selecao%20de%20modelos.pdf>. Acesso em: 3 jan. 2023.
- BATISTA, J. L. F. **MENSURAÇÃO DE ÁRVORES: UMA INTRODUÇÃO A DENDROMETRIA**. 1. ed. Piracicaba: USP, 2001. p. 1-83.
- CALDEIRA, M. V. W. et al. Bol. Pesq. Fl., Colombo, n. 45, jul./dez. 2002 p. Relação Hipsométrica para *Acacia mearnsii* com Diferentes Idades. *Boletim de Pesquisa Florestal*, Colombo - PR, v. 1, n. 45, p. 57-68, dez./2002. Disponível em: <https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/1750/681>. Acesso em: 25 jul. 2022.
- CARON, B. O. et al. Resistência inicial de quatro espécies arbóreas em diferentes espaçamentos após ocorrência de geada. *Ciência Florestal*, Santa Maria - RS, v. 41, n. 5, p. 817-822, mai./2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/QjDXTTWjM7cf89vcc4Rc6rc/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 4 abr. 2022.
- COSTA et al. ESTUDO DA RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA PARA A ESPÉCIE *Joannesia princeps Vell.* ESTABELECIDA EM PLANTIO MISTO. **X Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba**, João Pessoa - PB, v. 1, n. 1, p. 1038-1042, mai./2006. Disponível em: https://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2006/inic/inic/01/INIC0000345%20ok.pdf. Acesso em: 25 jul. 2022.
- CURTO, R. D. A. et al. Relações hipsométricas em floresta estacional semidecidual. *Revista Ciências Agrárias*, Curitiba - PR, v. 57, n. 1, p. 57-66, fev./2014. Disponível em: <https://doi.editoracubo.com.br/10.4322/rca.2013.066>. Acesso em: 16 jan. 2023.
- Embrapa Solos**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Embrapa**. Brasília, DF. **2018**. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5ª edição. 355 p.

HESS, A. F. *et al.* Ajuste de relação hipsométrica para espécies da Floresta Amazônica. **Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, Guarapuava - PR, v. 10, n. 1, p. 21-29, abr./2014. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/viewFile/1413/2211>. Acesso em: 28 mar. 2022.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Manual técnico da vegetação brasileira. **Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, Rio de Janeiro. 272p. 2012.

LIMA1, J. P. D. C; LEÃO, J. R. A. Dinâmica de Crescimento e Distribuição Diamétrica de Fragmentos de Florestas Nativa e Plantada na Amazônia Sul Ocidental. **FLORAM**, Rio Branco - AC, v. 20, n. 1, p. 70-79, jan./2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2012.065>. Acesso em: 17 jan. 2023.

MEYER, H. A. A correction for a systematic error occurring in the application to the logarithmic equation. **Jornal Series of the Pennsylvania Agriculture Experimental Station**, paper 1058, 3 p., 1941.

NICOLETTI, M. F. *et al.* Relação Hipsométrica para *Pinus taeda L.* em Diferentes Fases do Ciclo de Corte. **SciELO**, Lages - SC, v. 23, n. 1, p. 80-89, dez./2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.051513>. Acesso em: 3 jan. 2023.

SILVA1, G. F. D; MÔRA, Rômulo; CURTO, R. D. A. Simulação de erros na medição de altura de árvores inclinadas com aparelhos baseados em princípios trigonométricos. **Nativa**, Sinop -MT, v. 5, n. 5, p. 372-379, out./2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5935/2318-7670.v05n05a12>. Acesso em: 15 jan. 2023.

SILVEIRA, B. D. D. *et al.* RELAÇÃO DA MORFOMETRIA E COMPETIÇÃO COM O CRESCIMENTO DE *Trichilia claussenii* EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA SEMIDECIDUAL, RS. **Floresta**, Curitiba - PR, v. 45, n. 2, p. 373-382, jun./2015. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/35164>. Acesso em: 4 abr. 2022.

SOARES, C. P. B. *et al.* EQUAÇÕES HIPSOMÉTRICAS, VOLUMÉTRICAS E DE TAPER PARA ONZE ESPÉCIES NATIVAS. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 5, p. 1039-1051, out./2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000600010>. Acesso em: 4 abr. 2022.

THIERSCH, C. R. *et al.* Acurácia dos métodos para estimativa do volume comercial de clones de *Eucalyptus sp.* **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 2, p. 167-181, jan. /2006. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/11987>. Acesso em: 4 abr. 2022.

RÉ, D. S. *et al.* EQUAÇÕES ALOMÉTRICAS EM PLANTIOS MISTOS VISANDO À RESTAURAÇÃO DA FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL. **SciELO**, Lavras-MG, v. 21, n. 1, p. 133-140, ago./2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/01047760201521011452>. Acesso em: 2 jan. 2023.