

# Empreendedorismo e Inovação na Engenharia Florestal



Cristina Aledi Felsemburgh  
(Organizadora)

 **Atena**  
Editora  
Ano 2019

# Empreendedorismo e Inovação na Engenharia Florestal



**Cristina Aledi Felsemburgh**  
(Organizadora)

**Atena**  
Editora

Ano 2019

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Lorena Prestes  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Faria – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E55	<p>Empreendedorismo e inovação na engenharia florestal [recurso eletrônico] / Organizadora Cristina Aledi Felsemburgh. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia. ISBN 978-85-7247-792-5 DOI 10.22533/at.ed.925191911</p> <p>1. Engenharia florestal. 2. Empreendedorismo. I. Felsemburgh, Cristina Aledi.</p> <p style="text-align: right;">CDD 361.61</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

É com grande satisfação que apresentamos o e-book “Empreendedorismo e Inovação na Engenharia Florestal” que foi elaborado para a divulgação de resultados, inovações e avanços relacionados às várias temáticas das Ciências Florestais. O e-book está disposto em 1 volume subdividido em 12 capítulos. Os capítulos estão organizados de acordo com a abordagem por assuntos relacionados com diversas áreas da Engenharia Florestal. Em uma primeira parte, os capítulos estão de forma a atender as áreas voltadas para a morfologia vegetal e dendrologia, utilizando como subsídios os caracteres macromorfológicos de fácil reconhecimento. Em uma segunda parte, os trabalhos estão estruturados aos temas voltados para a produtividade, que permeiam assuntos como crescimento diamétrico, povoamentos florestais e cubagem. Em uma terceira parte, os trabalhos estão voltados ao tema diversidade, abordando a fitossociologia, variabilidade genética, sistemas agroflorestais e a diversidade voltada à educação ambiental. E finalizando, uma quarta parte voltada à produção, com trabalhos que permeiam os assuntos como dormência de sementes, produção de mudas, custos e rentabilidade na produção de mudas. Desta forma, o e-book “Empreendedorismo e Inovação na Engenharia Florestal” apresenta resultados práticos e concisos realizados por diversos professores e acadêmicos que serão apresentados neste de forma didática. Agradecemos o empenho e dedicação de todos os autores das diferentes instituições de ensino, pesquisa e extensão, por partilharem ao público os resultados dos trabalhos desenvolvidos por seus grupos de pesquisa. Esperamos que os trabalhos aqui apresentados sirvam de estímulo aos estudos voltados às Ciências Florestais.

Cristina Aledi Felseburgh

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
CARACTERIZAÇÃO DENDROLOGICA DE TRÊS ESPÉCIES DA FAMÍLIA ANNONACEAE NO CAMPUS TAPAJÓS DA UFOPA	
Cristina Aledi Felsemburgh Nayane Paula de Sousa Figueira Andressa Jaqueline Viana de Souza Alice Gabrielly da Silva Moura	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9251919111</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>8</b>
CARACTERIZAÇÃO MACROMORFOLOGICA DE DUAS ESPÉCIES DA FAMÍLIA SAPOTACEAE NO CAMPUS TAPAJÓS DA UFOPA	
Cristina Aledi Felsemburgh Andressa Jaqueline Viana de Souza Alice Gabrielly da Silva Moura Vanessa Ferreira Sales Bruno Carvalho dos Santos José Nildo Moraes Rocha	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9251919112</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>14</b>
CRESCIMENTO DIAMÉTRICO EM FLORESTA DE VÁRZEA USANDO BANDAS DENDROMÉTRICAS	
Gleice Elen Lima Machado Matheus Bento Medeiros Adelaine Michela e Silva Figueira José Mauro Sousa de Moura	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9251919113</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>25</b>
ESTIMATIVA VOLUMÉTRICA DE UM POVOAMENTO EXPERIMENTAL DE <i>Aniba rosaeodora</i> Ducke. NO MUNICÍPIO DE PRAINHA – OESTE DO PARÁ – AMAZÔNIA	
Jobert Silva da Rocha Rafael Rode Wallace Campos de Jesus Ingridy Moreira Moraes Bruna de Araújo Braga Thiago Gomes de Sousa Oliveira Marina Cardoso de Aquino Rickey Eslli de Oliveira Tavares Katrine dos Santos Flexa Jandreson Neves de Sousa Odayanne Vieira Pires	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9251919114</b>	

<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>32</b>
FLORÍSTICA E FITOSSOCIOLOGIA DE UM REMANESCENTE DE FLORESTA OMBRÓFILA DENSA EM PERNAMBUCO	
Amanda de Araujo Lima	
Nélio Domingos da Silva	
Paulo Fernando Rodrigues Cândido	
Luiz Carlos Marangon	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9251919115</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>40</b>
VARIABILIDADE GENÉTICA PARA POPULAÇÕES FLORESTAIS SIMULADAS	
Raquel Janaina Amorim Silva	
Marcela Guedes Dourado	
Nara Silva Rotandano	
Carolina Thomasia Pereira Barbosa	
André Isao Sato	
Caren Machado Neiva	
Ricardo Franco Cunha Moreira	
Lucas Gabriel de Souza Santos	
Catiúrsia Nascimento Dias	
Tais Ribeiro da Silva	
Thyerre Vinicius dos Santos Mercês	
Luana de Souza Cruz	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9251919116</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>47</b>
DIVERSIDADE DE QUINTAIS AGROFLORESTAIS NO ASSENTAMENTO RURAL PEDRA GRANDE, MONTE ALEGRE, PA	
Deiwisson Willam da Silva Santos	
Albanita Bentes Macedo	
Thiago Almeida Vieira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9251919117</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>54</b>
DIVERSIDADE ARBÓREA E DE SEMENTES: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA EM EDUCAÇÃO AMBIENTAL	
Nara Silva Rotandano	
Raquel Janaina Amorim Silva	
Carolina Thomasia Pereira Barbosa	
Caren Machado Neiva	
Lucas Gabriel Souza Santos	
Marcela Guedes Dourado	
Flora Bonazzi Piasentin	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9251919118</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>64</b>
SUPERAÇÃO DE DORMÊNCIA EM SEMENTES DE <i>Araucaria angustifolia</i> (Bert.) O. Ktze.	
Italo Filippi Teixeira	
Carlos Eduardo Rocha Vinadé	
Marciele Santos Mello da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9251919119</b>	

<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>74</b>
PRODUÇÃO DE MUDAS DE IPÊ ROXO EM DIFERENTES DOSES DE BIOCÁRVÕES	
Alex Justino Zacarias	
Leidiane de Souza Azevedo	
Renato Ribeiro Passos	
Otacílio José Passos Rangel	
Maurício Novaes Souza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.92519191110</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>85</b>
EFEITO DE DIFERENTES MÉTODOS DE CONTROLE DE PLANTAS ESPONTÂNEAS NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DE MUDAS DE <i>Khaya ivorensis</i> A. Chev.	
Jandreson Neves de Sousa	
Jobert Silva da Rocha	
Katrine dos Santos Flexa	
Bruna de Araújo Braga	
Thiago Gomes de Sousa Oliveira	
Daniela Pauletto	
Rafael Rode	
<b>DOI 10.22533/at.ed.92519191111</b>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>92</b>
CUSTOS E RENTABILIDADE NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE <i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg. EM DIFERENTES SUBSTRATOS E AMBIENTES LUMINOSOS	
Higor Perikles Guedes Jorge	
Luiz Gabriel Fernandes Dias	
Cleberton Correia Santos	
Maria do Carmo Vieira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.92519191112</b>	
<b>SOBRE A ORGANIZADORA</b> .....	<b>99</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>100</b>

## ESTIMATIVA VOLUMÉTRICA DE UM POVOAMENTO EXPERIMENTAL DE *Aniba rosaeodora Ducke*. NO MUNICÍPIO DE PRAINHA – OESTE DO PARÁ – AMAZÔNIA

### **Jobert Silva da Rocha**

Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA,  
Instituto de Biodiversidade e Floresta – IBEF.  
Santarém – Pará.

### **Rafael Rode**

Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA,  
Instituto de Biodiversidade e Floresta – IBEF.  
Santarém – Pará.

### **Wallace Campos de Jesus**

Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA,  
Instituto de Biodiversidade e Floresta – IBEF.  
Santarém – Pará.

### **Ingridy Moreira Moraes**

Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA,  
Instituto de Biodiversidade e Floresta – IBEF.  
Santarém – Pará.

### **Bruna de Araújo Braga**

Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA,  
Instituto de Biodiversidade e Floresta – IBEF.  
Santarém – Pará.

### **Thiago Gomes de Sousa Oliveira**

Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA,  
Instituto de Biodiversidade e Floresta – IBEF.  
Santarém – Pará.

### **Marina Cardoso de Aquino**

Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA,  
Instituto de Biodiversidade e Floresta – IBEF.  
Santarém – Pará.

### **Rickey Eslli de Oliveira Tavares**

Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA,  
Instituto de Biodiversidade e Floresta – IBEF.

Santarém – Pará.

### **Katrine dos Santos Flexa**

Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA,  
Instituto de Biodiversidade e Floresta – IBEF.  
Santarém – Pará.

### **Jandreson Neves de Sousa**

Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA,  
Instituto de Biodiversidade e Floresta – IBEF.  
Santarém – Pará.

### **Odayanne Vieira Pires**

Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA,  
Instituto de Biodiversidade e Floresta – IBEF.  
Santarém – Pará.

**RESUMO:** Uma metodologia amplamente empregada nas estimativas e prognoses da produção madeireira é o emprego de equações volumétricas cujos parâmetros são determinados por regressão, constituindo um procedimento eficiente para a quantificação da produção em volume de um povoamento florestal. Nesse sentido, o presente estudo buscou resultados referentes a eficiência da estimativa volumétrica de um povoamento comercial de Pau rosa (*Aniba rosaeodora Ducke*.), de 43 anos e espaçamento de 6 x 6 m, através da comparação do ajuste de duas equações distintas, de simples e dupla entrada. Os modelos utilizados no estudo foram o de dupla entrada de Schumacher-Hall, utilizando

altura total e DAP como variáveis de entrada, e o de simples entrada de, adotando como variável de entrada apenas o DAP. Os critérios utilizados para verificar a qualidade do ajuste foram o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ), o erro padrão de estimativa ( $S_{yx}$ ), coeficiente de variação (CV%) e análise gráfica dos resíduos. O modelo Schumacher-Hall, apresentou em seu ajuste, coeficiente de determinação significativo ( $R^2_{aj} = 0,9808$ ), coeficientes de variação e erro padrão baixos (CV% = 19,04;  $S_{yx} = 0,0518$ ), assim como apresentados na regressão do modelo de simples entrada de Hush ( $R^2_{aj} = 0,9320$ ; CV% = 26,30;  $S_{yx} = 0,0704$ ). Portanto, conclui-se que tanto o modelo de Schumacher-Hall quanto de Husch podem ser usados para a estimativa volumétrica da espécie *A. rosaeodora*, com boa representabilidade e sem apresentar tendenciosidade, porém, com uma sutil superioridade do modelo de dupla entrada.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cubagem rigorosa, volumetria, equação volumétrica, pau rosa.

### VOLUMETRIC ESTIMATION OF NA EXPERIMENTAL SETTLEMENT OF *Aniba rosaeodora* Ducke. IN THE MUNICIPALITY OF PRAINHA – WESTERN PARÁ - AMAZONIA

**ABSTRACT:** A widely used methodology for estimating and forecasting timber production is the use of volumetric equations whose parameters are determined by regression, constituting an efficient procedure for quantifying the volume production of a forest stand. In this sense, the present study sought results regarding the efficiency of the volumetric estimation of a 43-year-old Pau rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) stand, by comparing the adjustment of two distinct equations with simple and double entry. The models used in the study were the Schumacher-Hall double entry, using total height and DBH as input variables, and the simple input of, adopting only the DBH as the input variable. The criteria used to verify the quality of the adjustment were the adjusted determination coefficient ( $R^2_{aj}$ ), the standard error of estimation ( $S_{yx}$ ), the coefficient of variation (CV%) and the graphical analysis of the residuals. The Schumacher-Hall model presented, in its adjustment, a significant coefficient of determination ( $R^2_{aj} = 0.9808$ ), low coefficients of variation and standard error (CV% = 19.04;  $S_{yx} = 0.0518$ ), as presented in the regression. Hush single-entry model ( $R^2_{aj} = 0.9320$ ; CV% = 26.30;  $S_{yx} = 0.0704$ ). Therefore, it is concluded that both Schumacher-Hall and Husch models can be used for the volumetric estimation of *A. rosaeodora* species, with good representativeness and without bias, but with a subtle superiority of the double entry model.

**KEYWORDS:** Strict cubing, volumetry, volumetric equation, pau rosa.

## 1 | INTRODUÇÃO

A Amazônia brasileira porta a mais rica biodiversidade e representa o maior banco genético do mundo. Devido à exploração florestal desordenada e à carência de tecnologias e fiscalização, várias espécies arbóreas de grande importância para

a região amazônica estão em processo de extinção ou já foram, praticamente, extintas (CONTIM & CONTIM, 2018). Dentre as espécies ameaçadas estão alguns membros do gênero *Aniba* pertencente à família botânica Lauraceae, representante de espécies com alto valor econômico e grande importância ecológica, destacando-se principalmente o Pau-rosa, *Aniba rosaeodora* Ducke (DUCKE, 1938), espécie rara e intensamente explorada, principalmente entre as décadas de 1960 e 1980.

A *Aniba rosaeodora* é uma espécie florestal de alto valor econômico por fornecer um óleo essencial, obtido através da destilação de suas folhas, galhos, madeira e raízes, além de apresentar grande demanda no mercado nacional e internacional devido ao seu uso como fixador na indústria de perfumes. No entanto, se sabe que a maior concentração de óleo está presente nas folhas e ramos juvenis, 2,4%, em contraste com baixas concentrações encontradas na madeira, 1,1% (ARAÚJO et al., 1971).

Em proporções, uma tonelada de folhas e galhos jovens produz aproximadamente 24 litros de óleo essencial, enquanto uma tonelada de madeira produz somente de 9 a 12 litros de óleo (ALENCAR; FERNANDES, 1978; PRANCE, 1987). Esses dados demonstram que a espécie tem sido explorada de maneira inadequada, o que provocou uma drástica redução das populações naturais, restringindo a principal fonte de matéria-prima, e conseqüente queda da exportação desse produto nas últimas décadas.

Nesse sentido, a necessidade de quantificação do estoque de matéria-prima florestal, nos leva a buscar métodos eficientes de estimativa do volume comercial de madeira das árvores, que possibilite quantificar o estoque presente e futuro de maneira eficiente e precisa, norteando decisões silviculturais que culminem na máxima produção e rentabilidade da floresta, além de compreender o padrão de crescimento de pontuais espécies em relação a tipologia florestal em que está inserida. Desta forma, a análise de regressão pode ser utilizada com intuito de estabelecer uma base sólida para estimativas de volume de madeira, através de equações volumétricas devidamente ajustadas às características do povoamento (Thaines et al., 2010).

Portanto, o trabalho buscou resultados referentes a eficiência da estimativa volumétrica de um povoamento experimental de *Aniba rosaeodora*, de 43 anos em espaçamento de 6 x 6 metros, através da comparação do ajuste de equações volumétricas de simples e dupla entrada.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Coleta dos dados

Os dados para o estudo foram coletados em uma área de plantio no município de Prainha, região Oeste do Pará, pertencentes a Reserva Experimental de Curuá-Una (EECU). O povoamento é composto por indivíduos de 43 anos, completamente

estocados e de espaçamento com disposição de 6 x 6 metros.

A seleção das árvores amostradas em campo foi realizada observando-se os melhores indivíduos, conforme retidão do fuste, boa formação de copa e isentas de defeitos. Buscou-se ainda selecionar indivíduos entre as menores e maiores classes de diâmetro, totalizando 18 árvores cubadas no povoamento pelo método não destrutivo com uso do dendrômetro *Criterion*® RD1000.

## 2.2 Análise e processamento dos dados

Utilizou-se o método de Smalian para cálculo do volume individual a partir das medições dos diâmetros das árvores nas posições 0,1, 0,3, 0,7, 1,3, 2,0 metros e, a cada dois metros até altura comercial, definida como a primeira bifurcação do fuste principal.

Os modelos volumétricos ajustados no estudo foram os modelos logaritmizados de dupla entrada de Shumacher-Hall (equação 1) e o de entrada simples de Husch (equação 2). O uso desses modelos foi selecionado a partir de revisão de literatura, baseado na comprovada eficiência de suas estimativas, além de suas propriedades estatísticas e difusão no setor florestal (Aragão et. al., 2016; Ferrari et. al., 2017; Rolim, et. al., 2006; Gomes, 2018).

$$\text{Equação 1: } \ln V = \beta_0 + \beta_1 \times \ln Dap + \beta_2 \times \ln Ht$$

$$\text{Equação 2: } \ln V = \beta_0 + \beta_1 \times \ln (Dap)$$

Onde: V = Volume estimado;

Dap = diâmetro a altura do peito;

Ht = altura total;

$\beta$  = coeficiente de regressão;

LnV= volume logaritmizado;

Ln Dap= Dap logaritmizado

## 2.3 Qualificação dos ajustes

Os critérios utilizados para verificar a qualidade dos ajustes foram o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ), o erro padrão das estimativas geradas ( $S_{yx}$ ), coeficiente de variação (CV%) e análise gráfica dos resíduos.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da análise de regressão, verificou-se aceitável desempenho de ambas equações volumétricas avaliadas, onde o modelo de Husch subestimou o volume real

em apenas 1,37%, contra uma superestimação de 3,07% do modelo Schumacher-Hall, evidenciando a eficiência dos ajustes que expuseram valores com significativa similaridade entre volume real e volume estimado.

O volume real da cubagem rigorosa, calculado pela fórmula de Smalian, gerou 4,8184 m<sup>3</sup> de madeira como uma medida representativa do padrão volumétrico do povoamento, valor visualmente esclarecido pelo ritmo de crescimento da espécie, elucidado pelas médias de diâmetro (DAP) e alturas (HC; Ht) do plantio de 43 anos de instalação. Observou-se ainda que a correlação de Pearson (Crw) apresentou índices excelentes às estimativas, mostrando boa performance dos modelos (Tabela 1).

Modelos	DAP	HC	Ht	Idade	Vol	Crw
<i>Schumacher-Hall</i>	18,18	12,5	20,3	43	4,9665	0,9645
<i>Husch</i>					4,7523	0,9180

Tabela 1: Valores médios das variáveis DAP, altura comercial (Hc), altura total (Ht), volume estimado (Vol) e correlação de Pearson (Crw) entre volume real e estimado para os dois modelos volumétricos ajustados ao povoamento de Aniba rosaeodora na Extação Experimental de Curuá-Una, Prainha - PA. Fonte: Própria

Com relação aos resultados da análise de regressão, o modelo de dupla entrada proposto por Schumacher-Hall, ajustou-se adequadamente às estimativas de volume da espécie *A. rosaeodora* na área de estudo, indicando coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>aj) significativos, um baixo erro padrão das estimativas (Syx) e coeficiente de variação (CV%) aceitável, do mesmo modo verificou-se ao modelo de simples entrada de Husch, sobretudo, em níveis sutilmente menos eficientes comparado ao modelo de Shumacher-Hall, conforme apresentado na tabela 2.

Modelos	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	R <sup>2</sup> aj	Syx	CV%
<i>Schumacher-Hall</i>	-9,451540	1,856552	0,892419	0,9808	0,0518	19,04
<i>Husch</i>	-8,244710	2,346412		0,9320	0,0704	26,30

Tabela 2: Parâmetros e coeficientes dos modelos volumétricos ajustados às espécies Aniba rosaeodora, em plantio na Reserva Experimental de Curuá-Una, Prainha -PA. Fonte: Própria

O ajuste do modelo de Husch em relação ao de Schumacher-Hall, forneceu estimativas de ajuste menos eficientes para todos os parâmetros estatísticos verificados. Dessa forma, o modelo com a inclusão da altura total (Ht) melhorou significativamente a modelagem volumétrica de madeira para a espécie estudada, indicando expressiva relação desta variável com o volume de madeira estocada de *A. rosaeodora* em povoamento equiâneos na região.

Diante das análises visuais, a distribuição dos resíduos em torno da linha média dos gráficos para os dois modelos, apresenta como resultado tendências semelhantes, com pontos de superestimativa e subestimativa exclusivamente para as árvores dentro do intervalo médio de volume do plantio, como pode ser visto na figura 1.

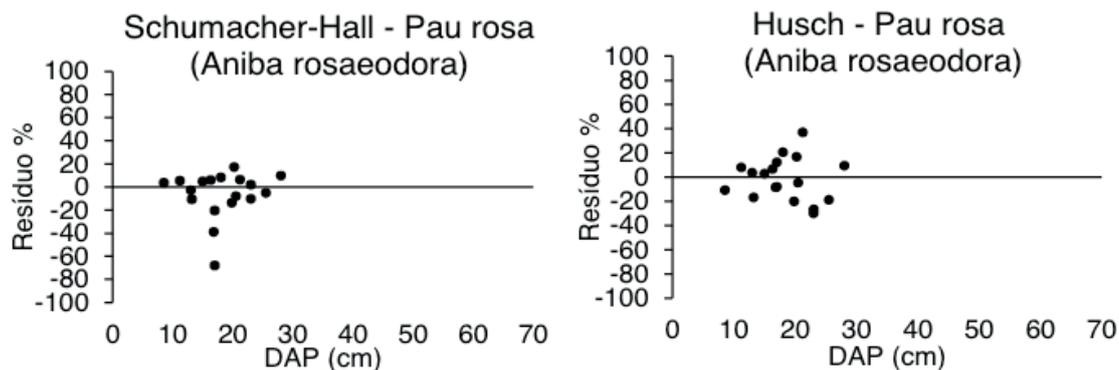


Figura 1: Análises gráficas da distribuição do resíduo dos modelos Schumacher-Hall e Husch para estimativa volumétrica de *Aniba rosaeodora* Ducke na Estação Experimental de Curuá-Una, Prainha - PA. Fonte: Própria

O ajuste do modelo proposto por Schumacher-Hall, apresentou valores de regressão satisfatórios à espécie *A. rosaeodora* distribuindo o erro de forma aleatória e homogênea (Figura 1), tornando a utilização do modelo suficientemente precisa na estimativa volumétrica dessa espécie para a área de estudo, semelhante ao apresentados por Barreto, et al., (2014) e Rolim, et al., (2006), ajustando o mesmo modelo em áreas de manejo na Amazônia, gerando precisas estimativas de índice de determinação ( $R^2_{aj} > 0,9$ ).

#### 4 | CONCLUSÃO

Para as condições em que este estudo foi executado, conclui-se que:

O ajuste dos modelos de Schumacher-Hall e Husch, podem ser usados para a espécie *A. rosaeodora*, com expressiva eficácia e sem apresentar tendenciosidade, especialmente o modelo de dupla entra, por expor sutil superioridade nas estimativas.

Sugere-se a aplicação e estudo de eficiência de novos métodos para a estimativa volumétrica de madeira de *A. rosaeodora* para a região de estudo, como Redes Neurais Artificiais.

#### REFERÊNCIA

ARAGÃO, M. A. BARRETO, P. A. B. LEITE, M. V. S. CARVALHO, F. F. & VIRGENS, A. P. Modelos para Estimar o Volume de árvores de *Pinus oocarpa* e de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. In: IV SEEFLO-BA – Vitória da Conquista. 2016.

BARRETO, W. F., LEÃO, F. M., de MENEZES, M. C., & SOUZA, D. V. Equação de volume para apoio ao manejo comunitário de empreendimento florestal em Anapú, Pará. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 34(80), 321-329. 2014.

CONTIM, L. A. S.; CONTIM, L. S. R. A tecnologia produtiva do pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke.) aliada ao desenvolvimento sustentável na região amazônica. **Inclusão Social**, Brasília, v.12, n.1, p.199-207. 2018.

FERRARI, L. S., NAKAJIMA, N., da SILVA, S. A., & ANSOLIN, R. D. Equações de volume para

condução da regeneração natural de *Pinus elliottii* Engelm. **Rev. Espacios**, v. 38, n. 42, p.19-31, 2017.

MACHADO, S. A.; CONCEIÇÃO, M. B.; FIGUEIREDO, D. J. Modelagem do volume individual para diferentes idades e regimes de desbaste em plantações de *Pinus oocarpa*. **Ciências Exatas e Naturais**, Curitiba, v. 4, n. 2, p. 185- 196, 2002.

ROLIM, S. G.; COUTO, H. T. Z.; JESUS, R. M.; FRANÇA, J. T. Modelos volumétricos para a Floresta Nacional do Tapirapé-Aquirí, Serra dos Carajás (PA). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 36, v. 1, p. 107–114, 2006.

THAINES, F.; BRAZ, E. M.; MATTOS, P. P.; THAINES, A. A. R. Equações para estimativa do volume de madeira para a região da bacia do Rio Ituxi, Lábrea, AM. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 64, p. 283-289, 2010.

THOMAS, C.; ANDRADE, C. M.; SCHNEIDER P. R.; FINGER, C. A. Comparação de equações volumétricas ajustadas com dados de cubagem e análise de tronco. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 16, n. 3. p. 319-327, 2006.

VALENTE, M. D. R.; QUEIROZ, V. T de; PINHEIRO, J. G.; MONTEIRO, L. A. da S.; Modelo de predição para o volume total de Quaruba (*Vochysia inundata* Ducke) via análise de fatores e regressão. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 35, n. 2, p. 307-317, 2011.

SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P de; LOPES, J. do C. A.; CARVALHO, M. S. P. de; Equações de volume para a Floresta Nacional do Tapajós. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 8/9, p. 50-63, 1984.

SANTOS, A. T. dos; MATTOS, P. P. de; BRAZ, E. M.; ROSOT, N. C. Equação de volume e relação hipsométrica em plantio de *Ocotea porosa*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 32, n. 69, p. 13-21, 2012.

GOMES, J. M. Modelos para estimar o volume de madeira da reserva extrativista Auatí-Paraná, na região do Alto Solimões, Dissertação, Fonte Boa (AM), (2008).

GOMES, K. M. A.; SILVA-RIBEIRO, R. B.; GAMA, J. R. V.; ANDRADE, D. F. C.; Eficiência na estimativa volumétrica de madeira na Floresta Nacional do Tapajós. **Nativa**, Sinop, v.6, n.2, p.170-176, 2018.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Agricultura familiar 52

### B

Bandas dendrométricas 14, 16, 17, 18

Biocarvão 75, 78, 79, 80, 81, 82

Biodiversidade 1, 8, 25, 26, 33, 36, 46, 55, 56, 57, 58, 60, 65, 85, 91, 98, 99

### C

Caracteres macromorfológicos 1, 3, 6, 8, 11, 12

Composição florestal 32

Crescimento diamétrico 14, 16

Crescimento em altura 72, 81, 88, 89

Cubagem 26, 29, 31

Culturas agrícolas 48, 75

### D

Dendrológica 1, 3, 7, 8, 10, 13, 99

Diafanização foliar 99

Diversidade arbórea 54, 55, 56, 57, 59

Diversidade de espécies 2, 35, 37, 47, 51, 52

Dormência em sementes 64, 67, 73

### E

Educação ambiental 54, 55, 56, 59, 60

Equações volumétricas 25, 27, 28, 31

Escarificação 64, 66, 70, 71

Estrutura horizontal 34

### F

Fitossociologia 32, 39

Floresta atlântica 9, 10, 32, 33, 34, 38, 39

Florestas de várzea 15, 16, 22

Frutíferas 2, 47, 49, 50, 52

Fuste 1, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 11, 12, 18, 28, 83

### G

Genética 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 65

Germinação 59, 64, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 74, 76, 88, 89, 99

## I

Indivíduos arbóreos 3, 8, 57

Inventário 14, 17, 99

## M

Manejo 3, 22, 30, 33, 46, 47, 48, 49, 51, 52, 80, 87, 90

Mudas 59, 66, 67, 71, 72, 74, 75, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 85, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98

## P

Plantas daninhas 51, 85, 86, 87, 89, 91

Plantios florestais 86, 90

Populações florestais 40, 41, 42, 43, 44, 45

Povoamento florestal 25

Produtividade 86, 87

## Q

Quintais 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53

## R

Reflorestamento 86, 91, 93

Rentabilidade econômica 93, 97

Resíduos orgânicos 75

## S

Sazonalidade 14, 22, 94

Sementes 11, 33, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 76, 82, 83, 89, 95

Sistemas agroflorestais 47, 52, 94

Sombreamento 83, 88, 92, 95, 96

Substrato 67, 72, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 82, 92, 94, 95, 96

## T

Taxa de crescimento absoluto 18, 19, 20

Técnicas didáticas 54, 56, 57, 59

Tratamentos silviculturais 90

## V

Venação foliar 7

Viabilidade econômica 92, 93, 96

Viveiro 67, 74, 80, 82, 83, 85, 87, 88, 93, 94, 95, 97

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-792-5



9 788572 477925