

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA  
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**ACURÁCIA DE QUOCIENTE DE FORMA NA ESTIMATIVA DE  
VOLUME DE UM PLANTIO HOMOGÊNEO DE *Pterogyne nitens*  
Tul.**

**THAÍS CHAVES ALMEIDA**

**VITÓRIA DA CONQUISTA  
BAHIA – BRASIL  
NOVEMBRO – 2021**

**THAÍS CHAVES ALMEIDA**

**ACURÁCIA DE QUOCIENTE DE FORMA NA ESTIMATIVA DE  
VOLUME DE UM PLANTIO HOMOGÊNEO DE *Pterogyne nitens***

Tul.

Monografia apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Curso de Engenharia Florestal, para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

**Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Patrícia Anjos Bittencourt Barreto-Garcia (UESB)**

VITÓRIA DA CONQUISTA

BAHIA – BRASIL

NOVEMBRO – 2021

**THAÍS CHAVES ALMEIDA**

**ACURÁCIA DE QUOCIENTE DE FORMA NA ESTIMATIVA DE  
VOLUME DE UM PLANTIO HOMOGÊNEO DE *Pterogyne nitens***

Tul.

Monografia apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Curso de Engenharia Florestal, para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

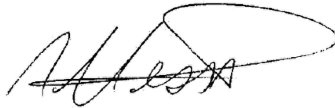
Aprovada em 11 de novembro de 2021.

Comissão Examinadora:



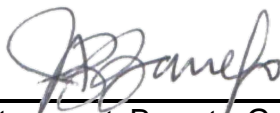
---

Prof. Gileno Brito de Azevedo (D.Sc., Ciências Florestais) - UFMS



---

Prof. Alessandro de Paula (D.Sc., Ecologia e Recursos Naturais) - UESB



---

Prof<sup>a</sup>. Patrícia Anjos Bittencourt Barreto-Garcia (D.Sc., Produção Vegetal) -  
UESB

Orientadora

## SUMÁRIO

RESUMO.....	5
ABSTRACT.....	5
INTRODUÇÃO.....	5
MATERIAL E MÉTODOS.....	6
Caracterização da área de estudo.....	6
Coleta dos dados.....	7
Processamento dos dados.....	7
<i>Quociente de Forma</i> .....	8
<i>Fator de Forma</i> .....	8
<i>Ajuste de modelos</i> .....	8
Verificação da acurácia das metodologias utilizadas.....	9
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	9
CONCLUSÃO.....	13
REFERÊNCIAS.....	13
ANEXO 1.....	15

Trabalho monográfico escrito em forma de artigo científico seguindo as Normas da **Revista Ciência Florestal**, as quais estão anexas.

1 ACURÁCIA DE QUOCIENTE DE FORMA NA ESTIMATIVA DE VOLUME DE UM PLANTIO  
2 HOMOGÊNEO DE *Pterogyne nitens* Tul.

3  
4 ACCURACY OF FORM QUOTIENT IN ESTIMATING THE VOLUME OF A HOMOGENEOUS  
5 PLANTING OF *Pterogyne nitens* Tul.

6  
7 **RESUMO**

8 Os estudos relacionados à estimação de volume de espécies florestais nativas em plantios homogêneos são  
9 escassos no Brasil, especialmente no que diz respeito aquelas que apresentam crescimento perfilhado. Por este  
10 motivo, o objetivo do trabalho foi propor um quociente de forma e avaliar a acurácia desse quociente e de outros  
11 dois métodos comumente utilizados para estimação de volume de árvores em um plantio homogêneo de  
12 *Pterogyne nitens* Tul. Foi feita a cubagem rigorosa de 108 árvores, em um povoamento puro de *Pterogyne*  
13 *nitens*, com 14 anos de idade, localizado, no município de Vitória da Conquista, Bahia. Os dados obtidos foram  
14 utilizados para o cálculo do quociente de forma, fator de forma e ajuste de modelos de volume. Para validação  
15 desses três métodos, estimou-se o volume utilizando dados independentes (cerca de 10%) do ajuste e, em  
16 seguida, foi aplicado o teste t de Student ( $\alpha=0,05$ ) para comparação com o volume real. O quociente de forma e  
17 fator de forma encontrados foram 0,61 e 0,59, respectivamente. As equações de Schumacher e Hall  
18 logaritimizada e Spurr demonstraram um melhor desempenho no ajuste, o que também foi observado por outros  
19 autores. As metodologias não apresentaram diferença significativa em relação ao volume real. As três  
20 metodologias são indicadas para a estimação do volume de *Pterogyne nitens*. O quociente de forma proposto  
21 apresenta uma facilidade na coleta de dados em campo, quando comparada aos outros métodos, sem a  
22 necessidade do corte da árvore.

23 **Palavras-chave:** inventário florestal; Smalian; modelos volumétricos; fator de forma.

24  
25 **ABSTRACT**

26 Studies related to the estimation of the volume of native forest species in homogeneous plantations are scarce in  
27 Brazil, especially with regard to those that present tillered growth. For this reason, the objective of this work  
28 was to propose a form quotient and evaluate the accuracy of this quotient and two other methods commonly  
29 used to estimate the volume of trees in a homogeneous plantation of *Pterogyne nitens* Tul. A rigorous cubage of  
30 108 trees was carried out in a pure 14-year-old *Pterogyne nitens* stand located in the municipality of Vitória da  
31 Conquista, Bahia. The data obtained were used to calculate the form quotient, form factor and adjustment of  
32 volume models. To validate these three methods, the volume was estimated using independent data (about 10%)  
33 of the fit, and then Student's t test ( $\alpha=0.05$ ) was applied to compare with the actual volume. The form quotient  
34 and form factor found were 0.61 and 0.59, respectively. The logarithmic and Spurr equations of Schumacher  
35 and Hall demonstrated a better performance in the adjustment, which was also observed by other authors. The  
36 methodologies did not show significant difference in relation to the real volume. The three methodologies are  
37 indicated for estimating the volume of *Pterogyne nitens*. The proposed form quotient presents an ease in  
38 collecting data in the field, when compared to other methods, without the need for tree felling.

39 **Keywords:** forest inventory; Smalian; volumetric models; form factor.

40  
41 **INTRODUÇÃO**

42 Devido à grande demanda por produtos madeireiros, no Brasil e no mundo, tem-se cada vez mais  
43 recorrido à utilização de madeira proveniente de florestas plantadas. O Brasil é um grande competidor no  
44 mercado de produtos florestais, uma vez que possui características edafoclimáticas desejáveis e  
45 desenvolvimento tecnológico nas áreas de silvicultura e manejo florestal (REGO *et al.*, 2019).

46 Para o planejamento das atividades de manejo florestal, são necessárias informações confiáveis sobre o  
47 crescimento e a produção dos povoamentos (ZONETE *et al.*, 2010). Dessa forma, inventários florestais são  
48 instrumentos básicos na avaliação das reais potencialidades e capacidades produtivas dos recursos florestais de  
49 determinada área.

50 Existem métodos diretos e indiretos para estimar a produção do volume de madeira de uma floresta.  
51 Dentre os métodos diretos existentes temos a xilometria e a cubagem rigorosa. A xilometria é o método em que  
52 é obtido o volume por meio do deslocamento da água de um tanque cheio após a imersão do fuste, porém este  
53 método acaba sendo muito oneroso devido ao tamanho do recipiente utilizado para realização do trabalho e,  
54 além disso, quando não controlado, podem ocorrer erros relacionados com a tensão superficial da água e erros  
55 gerados pelo experimentador (HACKENBERG, J. *et al.*, 2015). A cubagem rigorosa é o método de estimação  
56 do volume de árvores mais comumente utilizado em inventários florestais e é realizada por meio da obtenção de  
57 medidas sucessivas de diâmetros ao longo do tronco, dividindo-o em seções. Após isso, o volume sólido é  
58 obtido por meio da aplicação das variáveis mensuradas em fórmulas matemáticas (Smalian, Huber, Newton, etc)  
59 (LIMA *et al.*, 2016). No entanto, a xilometria e a cubagem resultam em um aumento no custo do inventário  
60 florestal, por demandarem tempo e serem feitos separadamente das medições das unidades amostrais. Por essa  
61 razão, são utilizados métodos indiretos para estimar o volume das árvores.

62 Dentre os métodos indiretos mais utilizados estão os modelos volumétricos, o fator de forma e os  
63 quocientes de forma, que são ajustados por meio dos dados de cubagem de árvores em pé ou abatidas (SOARES  
64 *et al.*, 2006). Os modelos volumétricos são ajustados utilizando análise de regressão relacionando o volume com  
65 as variáveis dendrométricas diâmetro e altura, resultando em uma equação ajustada que irá estimar o volume das  
66 árvores a partir da sua aplicação (FREITAS; ANDRADE, 2017). O fator de forma é um fator utilizado para  
67 reduzir o volume do cilindro para o volume real da árvore e o volume é obtido por meio da multiplicação do  
68 fator de forma médio pelo volume do cilindro. O quociente de forma caracteriza o decréscimo natural do  
69 diâmetro ao longo do fuste, é expresso pela razão entre diâmetros e apresenta como vantagem a obtenção de  
70 estimativas rápidas de volume, dispensando, em alguns casos, a realização de cubagem rigorosa. Esse volume  
71 pode ser estimado, de forma semelhante ao fator de forma, multiplicando-se o quociente de forma médio pelo  
72 volume cilíndrico da árvore (SCOLFORO; THIERSCH, 2004). Os quocientes mais conhecidos são o de  
73 Schiffel e o de Girard (SOARES *et al.*, 2006), embora outros quocientes já tenham sido propostos na literatura  
74 (ESPANHA, 1977; PEREIRA *et al.*, 2021).

75 No Brasil, existem diversos estudos sobre métodos de estimação de volume em plantações florestais de  
76 espécies tradicionalmente plantadas no país, como as dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus* (OLIVEIRA *et al.*, 2011;  
77 AZEVEDO *et al.*, 2011; MELO *et al.*, 2013; STEPKA *et al.*, 2017). Todavia ainda são escassos os estudos  
78 relacionados à estimação de volume de espécies florestais nativas em plantios homogêneos. Além disso, as  
79 técnicas até então adotadas desconsideram as condições peculiares das árvores perfilhadas, o que provoca a  
80 superestimação ou subestimação da área basal e volume de madeira das árvores.

81 Dentre as espécies nativas do Brasil, *Pterogyne nitens* (popularmente conhecida como amendoim-bravo  
82 ou madeira-nova) possui potencialidades de utilização na produção de madeira para carvão vegetal  
83 (FIGUEIREDO *et al.*, 2018), confecção de móveis finos, interior de embarcações e vagões, tonéis e na  
84 construção civil. A madeira nova, geralmente, apresenta indivíduos tortuosos e perfilhados dificultando a sua  
85 cubagem, por demandar mais tempo e custo para realização do inventário, já que uma só árvore apresenta vários  
86 fustes para serem seccionados e medidos. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi propor um quociente de  
87 forma que facilite a coleta das variáveis dendrométricas sem a necessidade da derrubada da árvore, avaliando a  
88 acurácia desse quociente, do fator de forma e de modelos volumétricos para estimação de volume de árvores em  
89 um plantio homogêneo de *Pterogyne nitens* Tul. no sudoeste da Bahia.

90

## 91 MATERIAL E MÉTODOS

### 92 Caracterização da área de estudo

93 O estudo foi desenvolvido em um plantio puro de *Pterogyne nitens* (Figura 1), com cerca de 14 anos de  
94 idade, situado no campo experimental da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), *campus* de  
95 Vitória da Conquista, Bahia. A área possui cerca de 0,74 m<sup>2</sup> e espaçamento inicial de 3 x 3 m.



Fonte: O Autor (2021).

96

97

98 FIGURA 1: Área de *Pterogyne nitens* na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *campus* de Vitória da  
99 Conquista, Bahia.

100 FIGURE 1: *Pterogyne nitens* area at the State University of Southwest Bahia, *campus* of Vitória da Conquista,  
101 Bahia.

102 O clima da região, segundo Köppen, é classificado como Cwb, tropical de altitude, considerado ameno  
103 devido a altitude média de 840 m. A temperatura média anual e a precipitação são, respectivamente, 25°C e 850  
104 mm anuais (BARBOSA *et al.*, 2017). A precipitação está distribuída nos meses de novembro a março, com um  
105 período seco de quatro a cinco meses e o solo da região trata-se de um Latossolo Amarelo Distrófico (SOUSA  
106 *et al.*, 2018).

107

#### 108 **Coleta dos dados**

109 Foi realizada a cubagem rigorosa de 108 árvores selecionadas de forma aleatória nas diferentes classes  
110 de diâmetro ao nível do solo (DNS), de modo a obter uma distribuição proporcional às suas frequências. Para  
111 isso, inicialmente, mediu-se o DNS, coletado à 0,1 m de altura, de todas as árvores do povoamento para o  
112 cálculo da distribuição diamétrica.

113 Os indivíduos foram derrubados por meio de uma motosserra e, logo em seguida, com o auxílio de uma  
114 suta e uma fita métrica, os diâmetros e as alturas foram medidos ao longo do fuste, adotando-se o método de  
115 Smalian. Em cada fuste, foram medidos os diâmetros nas posições 0,1 m, 0,3 m, 0,5 m, 0,7 m, 1,3 m, 2 m, e,  
116 a partir desse ponto, as seções foram medidas de 1 m em 1 m até atingir o diâmetro mínimo de 4 cm. Também,  
117 mediu-se o comprimento da ponta e a altura total das árvores.

118 Após cubagem rigorosa, inicialmente, foi calculado o volume real das árvores (método de Smalian). No  
119 caso das árvores com mais de um perfilho, considerou-se a altura do maior fuste como altura total e, a partir dos  
120 diâmetros à altura do peito (DAP) dos múltiplos fustes, foi calculado o  $DEq$  (equação 1), que considera que a  
121 área transversal (g) a 1,3 m de uma árvore com diversos fustes é equivalente à soma das áreas transversais  
122 individuais de cada fuste.

123

$$DEq = \sqrt{\sum DAP^2} \quad (1)$$

124

#### 125 **Processamento dos dados**

126 Cerca de 10% dos dados foram separados para validação dos métodos utilizados, uma vez que é  
127 recomendado que os dados para o ajuste e validação sejam independentes (PRODAN *et al.*, 1997). A maior  
128 proporção dos dados foi empregada na obtenção do quociente de forma, fator de forma e equações ajustadas.

129



130 **Quociente de Forma**

131 Foi calculado o quociente de forma definido pela razão entre o diâmetro à 2 metros do nível do solo  
132 ( $D_{2,0}$ ) e o diâmetro à altura de 0,1 m (DNS), conforme equação (2). A escolha das posições de medição do  
133 diâmetro foi baseada na viabilidade de coleta das medidas sem a necessidade da derrubada da árvore.

134 
$$Q = \frac{D_{2,0}}{DNS}, \text{ sendo } Q < 1 \quad (2)$$

135  
136 Em que:  $DNS$ = diâmetro à nível do solo (cm);  $D_{2,0}$  = diâmetro à 2 metros do nível do solo (cm).

137  
138 A partir da média aritmética dos valores individuais de  $Q$  o volume foi calculado utilizando a equação  
139 (3).

140  
141 
$$V = g \cdot H \cdot \bar{Q} \quad (3)$$

142 Em que:  $g$ = área seccional da árvore a 1,3 m do solo (DAP) ( $m^2$ );  $H$ = altura total da árvore (m);  $Q$ = quociente  
143 de forma médio.

144  
145 Além do quociente de forma proposto neste estudo, foram empregados outros dois métodos  
146 tradicionalmente utilizados para estimativa de volume: fator de forma ( $f$ ) e equação ajustada.  
147

148 **Fator de Forma**

149 O fator de forma é um fator que reduz o volume do cilindro para o volume real da árvore, sendo  
150 calculado conforme equação (4).

151  
152 
$$f = \frac{V_{real}}{V_{cilindro}}, \text{ sendo } f < 1 \quad (4)$$

153  
154 A partir da média aritmética dos valores individuais de  $f$ , obteve-se o fator de forma médio, o qual foi  
155 multiplicado pelo volume do cilindro, conforme equação (5).

156  
157 
$$V = g \cdot H \cdot \bar{f} \quad (5)$$

158  
159 Em que:  $g$  = área seccional a 1,3 m do solo (DAP) ( $m^2$ );  $H$  = altura total da árvore (m);  $f$  = fator de forma  
160 médio.

161  
162 **Ajuste de modelos**

163 Para seleção da melhor equação ajustada, foi realizado o ajuste de 10 modelos volumétricos (Tabela 1),  
164 em função das variáveis independentes diâmetro (D) e altura total (H). Como critérios estatísticos de escolha do  
165 modelo de melhor desempenho, foram considerados: coeficiente de determinação ajustado ( $R_{aj}^2$ ), erro padrão do  
166 resíduo ( $S_{yx}$ ), critério de informação de Akaike (AIC) e análise gráfica de dispersão dos resíduos.

167  
168 TABELA 1: Modelos testados para a estimação de volume de *Pterogyne nitens* no sudoeste da Bahia  
169 TABLE 1: Models to be fitted to estimate the volume of *Pterogyne nitens* in southwest Bahia

Nº	Modelo	Autor
1	$V = \beta_0 + \beta_1 D + \beta_2 H + \varepsilon$	Schumacher e Hall
2	$V = \beta_0 + \beta_1 \ln(D) + \beta_2 \ln(H) + \varepsilon$	Schumacher e Hall modificado
3	$\ln(V) = \beta_0 + \beta_1 \ln(D) + \beta_2 \ln(H) + \varepsilon$	Schumacher e Hall logaritimizado
4	$\ln(V) = \beta_0 + \beta_1 \ln(D^2 \cdot H) + \varepsilon$	Spurr
5	$V = \beta_0 + \beta_1 H + \beta_2 D^2 + \beta_3 D^2 \cdot H + \varepsilon$	Stoate
6	$V = \beta_0 + \beta_1 D^2 + \varepsilon$	Koperzky-Gehrhardt
7	$V = \beta_0 + \beta_1 D + \beta_2 D^2 + \varepsilon$	Hohenald-Krenm
8	$\ln(V) = \beta_0 + \beta_1 \ln(D) + \varepsilon$	Husch

9	$V = \beta_0 + \beta_1 D^2 + \beta_2 D^2 * H + \beta_3 D * H^2 + \beta_4 H^2 + \varepsilon$	Naslund
10	$V = \beta_0 + \beta_1 D + \beta_2 H + \beta_3 D^2 + \beta_4 D^2 * H + \beta_5 D * H + \varepsilon$	Meyer

170 Em que: V = volume (m<sup>3</sup>); D= diâmetro à altura de 1,30 m do solo (DAP) ou diâmetro equivalente à altura de  
 171 1,30 m do solo (DEq) (cm); H= altura total (m); Ln = logaritmo neperiano;  $\beta_n$  = coeficientes de regressão.

172  
 173 O  $R^2_{aj}$  informa a porcentagem da variação dos dados observados em torno da média que está sendo  
 174 explicada pelo modelo ajustado, e este é dado pela equação (6):

175  
 176 
$$R^2_{aj} = 1 - \left[ \frac{p-1}{n-p} \right] \times \frac{Sq.res}{Sq.tot} \quad (6)$$

177  
 178 Em que:  $R^2_{aj}$  = coeficiente de determinação ajustado;  $n$  é o número de observações;  $p$  é o número de  
 179 parâmetros;  $Sq.res$  = soma dos quadrados do resíduo para a variável de interesse;  $Sq.tot$  = soma dos  
 180 quadrados total para a variável de interesse.

181  
 182 O AIC, equação (7), é derivado da informação ou distância de Kullback-Leibler, que mede a  
 183 discrepância entre dois modelos e é baseado no valor da verossimilhança e no número de parâmetros (AKAIKE,  
 184 1973). Quanto menor o valor de AIC melhor será o modelo.

185  
 186 
$$AIC = -2l(\hat{\theta}) + 2p \quad (7)$$

187  
 188 Em que:  $l(\hat{\theta})$  é a log verossimilhança maximizada;  $p$  é o número de parâmetros.

189  
 190 Para os modelos em que a variável dependente sofreu transformação logarítmica, foi adotado o fator de  
 191 correção de Sprugel (1983), dado pela equação (8), para corrigir o erro padrão à escala original e possibilitar a  
 192 comparação com os modelos aritméticos.

193 
$$CF = \exp\left(-\frac{S^2}{2}\right) \quad (8)$$

194 Em que: CF= fator de correção;  $S^2$ = erro padrão da estimativa.

195  
 196 **Verificação da acurácia das metodologias utilizadas**

197 Para avaliar como os valores médios de quociente de forma, fator de forma e equação ajustada  
 198 comportam-se na estimativa de volume, foi realizada a validação dos resultados considerando os dados  
 199 separados inicialmente.

200 As estimativas de volume, pelos três métodos considerados, foram comparadas aos volumes reais. Para  
 201 isso, foi aplicado o teste t de Student para dados pareados ( $\alpha = 0,05$ ). De forma complementar, considerou-se o  
 202 erro padrão da diferença média ( $S_{yx}$ ) e o erro médio em porcentagem (E%), calculado pela diferença entre valor  
 203 real e o valor estimado, como empregado por KOHLER et al. (2013). Também foi feita a análise gráfica dos  
 204 resíduos da validação.

205 O processamento, validação e verificação da acurácia dos dados foi por meio do software R versão  
 206 4.1.1.

207  
 208 **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

209 Os valores médios de DAP e DNS dos indivíduos amostrados foram 8,96 cm e 10,62 cm,  
 210 respectivamente (Tabela 2). A altura das árvores foi a variável que apresentou o menor coeficiente de variação,  
 211 variando entre 2,6 m e 10,12 m. O volume, por sua vez, apresentou o maior CV (Tabela 2) e maior  
 212 distanciamento entre valores mínimo e máximo (0,0031 e 0,1037 m<sup>3</sup>). Esse comportamento do coeficiente de  
 213 variação, no qual se observa um menor coeficiente de variação para a altura seguido do diâmetro e do volume,  
 214 também foi observado por Andrade e Schmitt (2018) e Martins *et al.* (2020) em plantios homogêneos de *Pinus*  
 215 sp. no nordeste do estado de Goiás e para as árvores de *Acacia* sp. em diferentes regiões no Rio Grande do Sul.  
 216 O comportamento dos coeficientes obtidos neste trabalho demonstram similaridade quando comparados aos  
 217 observados pelos autores, já que o mesmo ocorre em diferentes regiões e formas do fuste.

218  
219

TABELA 2: Estatística descritiva do plantio de *Pterogyne nitens* na região sudoeste da Bahia  
TABLE 2: Descriptive statistics of *Pterogyne nitens* planting in southwestern Bahia

Variável	Máx.	Mín.	Média	S	CV
DAP	19	4,7	8,96	2,87	31,97
DNS	22	5,5	10,62	3,41	32,09
H	10,12	2,6	5,92	1,21	20,44
V	0,1037	0,0031	0,0174	0,0164	94,22

220  
221

Em que: Máx = valor máximo; Mín= valor mínimo; S= desvio padrão; CV= coeficiente de variação (%).

222  
223  
224  
225  
226  
227  
228

O quociente de forma médio foi 0,61. Esse valor é bem próximo do encontrado por Fraga *et al.* (2014) para a mesma espécie (0,60), empregando o quociente de Schiffel, que considera a relação entre o diâmetro na metade da altura da árvore e o DAP. Isso evidencia o potencial de utilização do quociente proposto, pois para o cálculo de outros quocientes é necessário o abatimento da árvore, já que os diâmetros utilizados são de difícil acesso com a árvore em pé. Dessa forma, o quociente proposto contribui para a redução de tempo e custo do inventário. O valor médio de fator de forma foi de 0,59 e também se aproxima do encontrado por Fraga *et al.* (2014).

229  
230  
231  
232  
233  
234  
235

As equações Schumacher e Hall e Spurr logaritimizadas foram as que apresentaram os melhores ajustes, com estatística de precisão semelhantes (Tabela 3). As duas equações apresentaram  $R^2_{aj}$  próximo a 0,94,  $S_{yx}$  em torno de 4% e AIC entre -59 e -53. Rufini *et al.* (2010) também observaram que os modelos de Schumacher e Hall e de Spurr logaritimizados se comportaram melhor para estimação do volume no cerrado *sensu stricto*, em Minas Gerais. Um melhor desempenho na estimação de volume de árvores utilizando a equação ajustada de Schumacher e Hall logaritimizada também foi observado por Fernandes *et al.* (2017) para *Carapa guianensis* Aubl. e *Swietenia macrophylla* King em sistema silvopastoril na Amazônia.

236  
237  
238

TABELA 3: Ajuste dos melhores modelos para o povoamento de *Pterogyne nitens* no sudoeste da Bahia  
TABLE 3: Adjustment of the best models for the *Pterogyne nitens* population in southwest Bahia

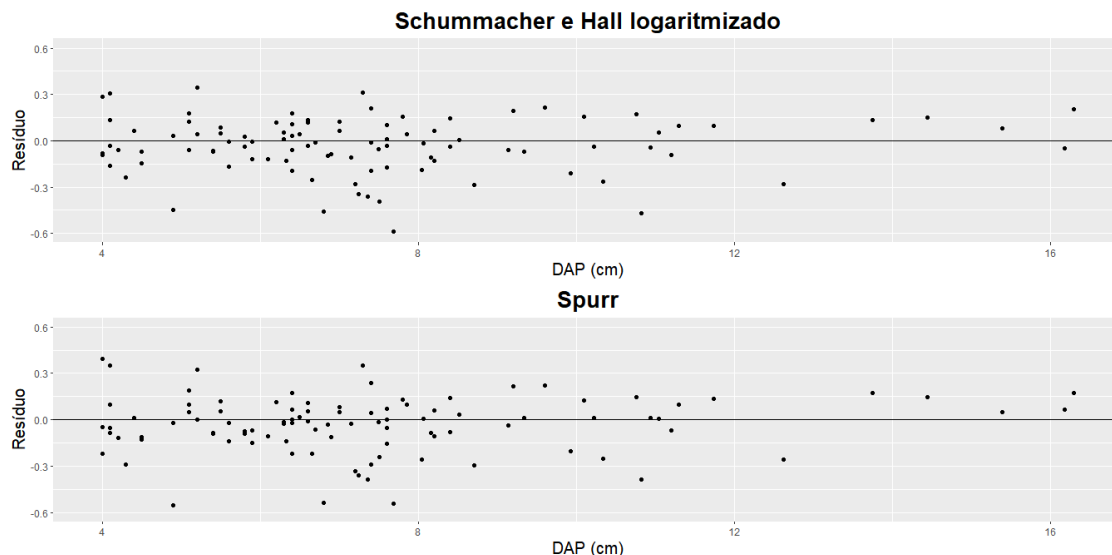
Modelo	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$R^2_{aj}$	$S_{yx}\%$	AIC
3	8,8182100	1,8430700	0,5022200	0,9418	4,01	-59
4	9,0538600	0,8331800	-	0,9367	4,16	-53

239  
240

Em que:  $\beta_n$  = coeficientes de regressão;  $S_{yx}\%$  = erro-padrão da estimativa;  $R^2_{aj}$  = coeficiente de determinação ajustado; AIC= critério de informação de Akaike.

241  
242  
243  
244  
245

As duas equações selecionadas apresentaram significância para todos os parâmetros. A dispersão gráfica dos resíduos de ambas (Figura 2) mostrou semelhança na distribuição e ausência de tendências nítidas. Apesar disso, selecionou-se a equação de Schummacher Hall logaritimizada, para verificação da proximidade entre o volume estimado e o volume real, uma vez que mostrou melhores resultados de coeficiente de determinação (0,9418), erro padrão da estimativa (4,01%) e critério de Akaike (-59).



246

247

Fonte: O Autor (2021).

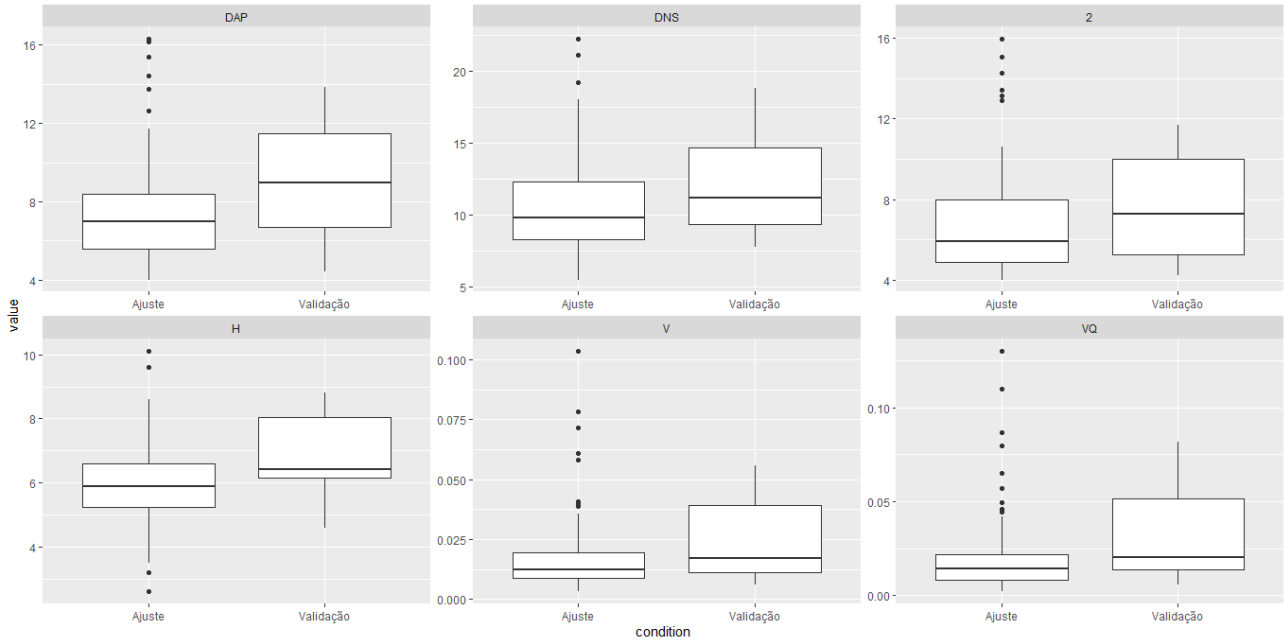
248 FIGURA 2: Dispersão de resíduos das melhores equações ajustadas para o povoamento de *Pterogyne nitens* no  
249 sudoeste da Bahia.

250 FIGURE 2: Residual dispersion of the best fitted equations for the *Pterogyne nitens* population in southwestern  
251 Bahia.

252

253 Os indivíduos utilizados para o ajuste dos modelos apresentaram *outliers* nas suas variáveis  
254 dendrométricas (Figura 3), enquanto os dados utilizados para validação das metodologias não apresentaram esse  
255 comportamento. As variáveis predictoras e a variável resposta demonstraram alta correlação entre si ( $r > 0,59$ )  
256 (Figura 4).

257



258

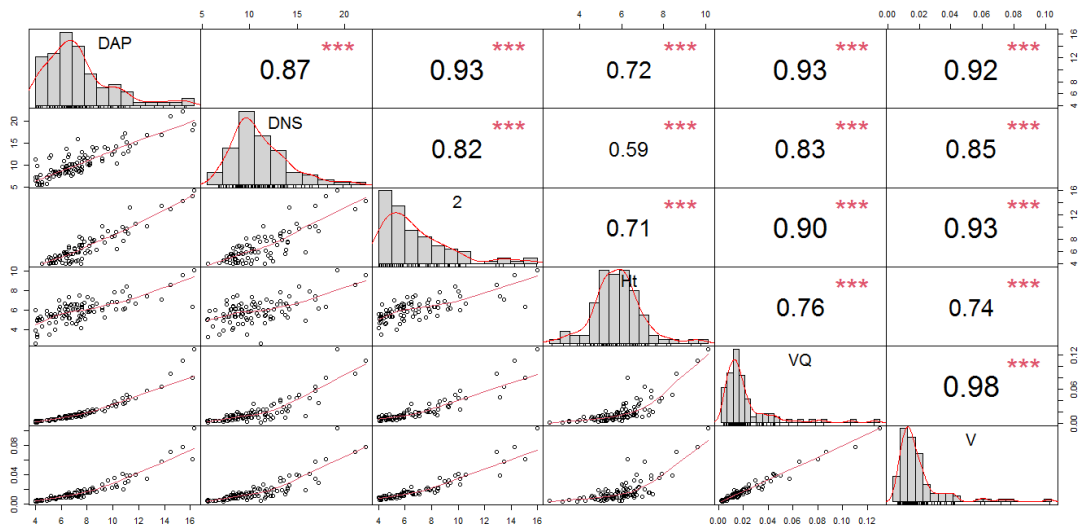
259

Fonte: O Autor (2021).

260 FIGURA 3: Variação das variáveis dendrométricas DAP, DNS,  $D_2$  (diâmetro à 2 metros de altura), H, V e VQ  
261 (volume obtido pelo quociente de forma) utilizadas para o ajuste e validação das metodologias.

262 FIGURE 3: Variation of the dendrometric variables DBH, DGL,  $D_2$  (diameter at 2 meters high), H, V and VQ  
263 (volume built by the form quotient) used for the adjustment and validation of the methodologies.

264



265

266

Fonte: O Autor (2021).

267 FIGURA 4: Distribuição e correlação das variáveis dendrométricas DAP, DNS, D<sub>2</sub> (diâmetro à 2 metros de  
 268 altura), H, V e VQ (volume obtido pelo quociente de forma) utilizadas para o ajuste das metodologias.  
 269 FIGURE 4: Distribution and correlation of the dendrometric variables DBH, DGL, D<sub>2</sub> (diameter at 2 meters  
 270 high), H, V and VQ (volume built by the form quotient) used for the adjustment of the methodologies.  
 271

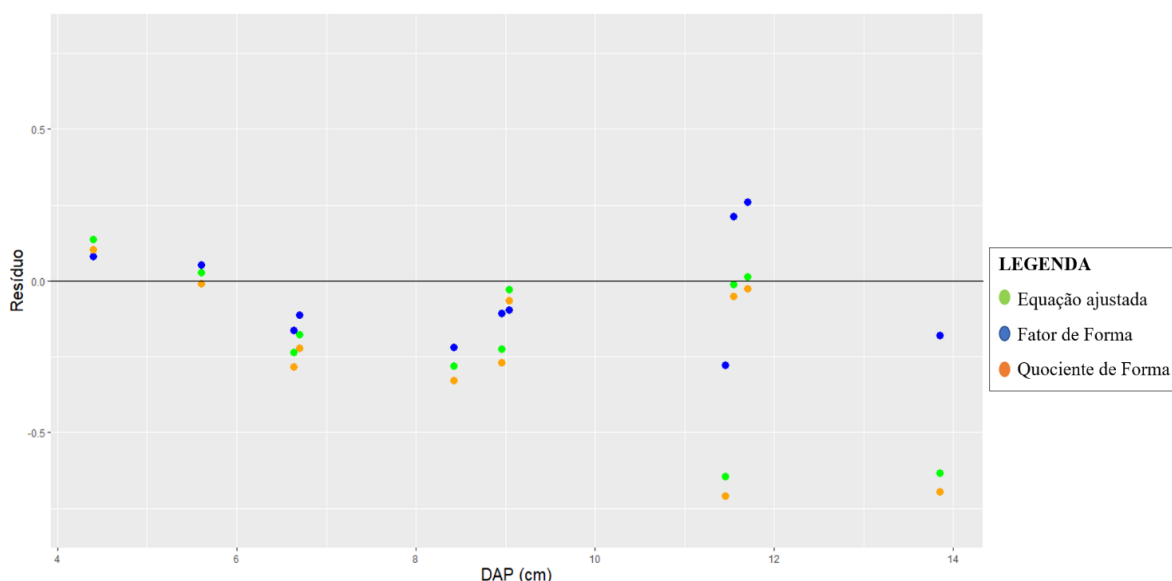
272 O volume real médio foi 0,0248 m<sup>3</sup>. Já os volumes estimados médios variaram entre 0,0249 e 0,0317  
 273 m<sup>3</sup>. Os volumes estimados pelos três métodos utilizados não apresentaram *p*-valor significativo quando  
 274 comparados ao volume real (Tabela 4). A equação ajustada apresentou menores valores de erro padrão da  
 275 diferença média (0,0049) e erro médio associado a estimativa em percentagem (0,4240 %). Fator e quociente de  
 276 forma apresentaram valores de erro padrão da diferença média e erro médio associado a estimativa em  
 277 percentagem semelhantes entre si. Pereira *et al.* (2021), estudando a volumetria de árvores da Caatinga, também  
 278 não observaram diferença significativa entre as estimativas obtidas por quociente de forma, fator de forma e  
 279 equação ajustada quando comparadas ao volume real.

280 TABELA 4: Comparação das estimativas de volume, utilizando os dados de validação, pelos três métodos  
 281 considerados em relação ao volume real  
 282 TABLE 4: Comparison of volume estimates, using validation data, by the three methods considered in relation  
 283 to the actual volume

Método	Média	<i>p</i> -valor	EPd	E%
Volume real	0,0248	-	-	-
Quociente de Forma	0,0317	0,0603 <sup>ns</sup>	0,0074	27,49
Fator de Forma	0,0305	0,0902 <sup>ns</sup>	0,0072	22,84
Equação Ajustada	0,0249	0,9611 <sup>ns</sup>	0,0049	0,4240

284 Em que: *p*-valor = nível crítico observado pelo teste t de Student ( $\alpha = 0,05$ ) em comparação ao valor de  
 285 referência (Volume real); EPd= Erro padrão da diferença média; E%= erro médio associado a estimativa em  
 286 percentagem.  
 287

288 De modo geral, a distribuição dos resíduos obtidos pela equação ajustada, fator e quociente de forma em relação  
 289 ao DAP mostrou padrão semelhante de subestimação e superestimação dos volumes obtidos em relação ao real  
 290 (Figura 5). Embora as equações tenham apresentado melhores resultados, a aproximação das estimativas de  
 291 volume em relação aos valores reais e os resultados de erro (Tabela 4) sugerem que o quociente de forma  
 292 proposto possibilita a obtenção de estimativas consistentes e pode constituir uma técnica de grande importância  
 293 para a obtenção rápida de volume de árvores perfilhadas, a exemplo da *Pterogyne nitens*.



294  
 295 Fonte: O Autor (2021).

296 FIGURA 5: Dispersão de resíduos das metodologias utilizadas no estudo para o povoamento de *Pterogyne*  
 297 *nitens* no sudoeste da Bahia.

298 FIGURE 5: Residue dispersion from the methodologies used in the study for the *Pterogyne nitens* population in  
299 southwestern Bahia.  
300

## 301 CONCLUSÃO

302 O quociente de forma proposto é recomendado para a estimação de volume de madeira de *Pterogyne*  
303 *nitens* Tul, fornecendo estimativas confiáveis e redução do tempo e custo do inventário. As equações ajustadas  
304 de Schumacher e Hall e Spurr logaritimizadas e o fator de forma também são indicados para estimatição do  
305 volume de madeira da espécie.

## 306 REFERÊNCIAS

- 307 AKAIKE, H. **Information Theory and an Extension of the Maximum Likelihood Principle**. Second  
308 International Symposium on Information Theory, eds. B.N. Petrov and F. Csake, Akademiai Kiado, Hungary,  
309 p.267-281, 1973.
- 310 ANDRADE, V. C. L.; SCHMITT, T. Quantidade de árvores cubadas de pinho no ajuste de equações  
311 volumétricas regionais. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 17, n. 3, p. 344-351, 2018.
- 312 AZEVEDO, G. B. *et al.* Estimativas volumétricas em povoamentos de eucalipto sob regime de alto fuste e  
313 talhadia no sudoeste da Bahia. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, n. 68, p. 309, 2011.
- 314 BARBOSA, V. *et al.* Biomassa, carbono e nitrogênio na serapilheira acumulada de florestas plantadas e nativa.  
315 **Floresta e Ambiente**, v. 24, 2017.
- 316 CARNEIRO, A. C. O. *et al.* Potencial energético da madeira de *Eucalyptus* sp. em função da idade e de  
317 diferentes materiais genéticos. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 38, n. 2, p. 375-381, 2014.
- 318 ESPANHA, J. R. **Cubagem de árvores, lenha e madeiras**. Porto: Coleção Agricultura Moderna, p. 97 p, 1977.
- 319 FERNANDES, A. M. V. *et al.* Equações volumétricas para *Carapa guianensis* Aubl. e *Swietenia macrophylla*  
320 King em sistema silvipastoril na Amazônia. **Nativa**, v. 5, n. 1, p. 73-77, 2017.
- 321 FIGUEIREDO, M. E. O. *et al.* Potencial da madeira de *Pterogyne nitens* Tul. (madeira-nova) para produção de  
322 carvão vegetal. **Ciência Florestal**, v. 28, p. 420-431, 2018.
- 323 FRAGA, M. P.; BARRETO, P. A. B.; PAULA, A. Estimação de volume de *Pterogyne nitens* em plantio puro  
324 no sudoeste da Bahia. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 34, n. 79, p. 207-215, 2014.
- 325 FREITAS, B. C.; ANDRADE, V. C. L. Bancos de dados de cubagem rigorosa de árvores-amostra de *Corymbia*  
326 *citriodora* empregados no ajuste de modelos volumétricos regionais. **Advances in Forestry Science**, v. 4, n. 2,  
327 p. 93-97, 2017.
- 328 HACKENBERG, J. *et al.* SimpleTree - An Efficient Open Source Tool to Build Tree Models from TLS Clouds.  
329 **Forests**, 6, 4245-4294, 2015.
- 330 KOHLER, S. V.; KOEHLER, H. S.; FIGUEIREDO FILHO, A. Modelos de afileamento para *Pinus taeda* por  
331 classes de idade. **Floresta e Ambiente**, v. 20, p. 470-479, 2013.
- 332 LIMA, G. C. P. *et al.* Acuracidade de métodos de cubagem para estimativa do volume de *Pinus taeda* L.  
333 **BIOFIX Scientific Journal**, v. 1, n. 1, 2016.
- 334 MARTINS, J. F. C. *et al.* Modelagem volumétrica de árvores de Acácia-negra em povoamentos de regiões do  
335 rio grande do sul. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 5, n. 2, p. 195-202, 2020.
- 336 MELO, L. C. *et al.* Estimativas volumétricas em povoamento de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* no sudoeste  
337 da Bahia. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 76, 2013.
- 338 OLIVEIRA, F. *et al.* Desempenho de modelos hipsométricos para um povoamento de *Eucalyptus urophylla* no  
339 município de Jaguaquara, Bahia. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 13, 2011.
- 340 PEREIRA, J. E. S. *et al.* Form quotient in estimating Caatinga tree volume. **Journal of Sustainable Forestry**,  
341 v. 40, n. 5, p. 508-517, 2021.

- 342 PRODAN, M. *et al.* **Mensura forestal**. San José: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura -  
343 IICA. 586 p, 1997.
- 344 REGO, A. M. *et al.* Modelos de equações volumétricas para um povoamento de eucalipto situado em Codó  
345 (MA). **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 10, n. 4, p. 1-8, 2019.
- 346 RUFINI, A. L. *et al.* Equações volumétricas para o cerrado sensu stricto, em Minas Gerais. **Cerne**, v. 16, p. 1-  
347 11, 2010.
- 348 SCOLFORO, J. R. S.; THIERSCH, C. R. **Biometria florestal: medição, volumetria e gravimetria**. Lavras:  
349 UFLA/FAEPE, p. 285, 2004.
- 350 SOARES, C. P. B.; PAULA NETO, F.; S., A. L. **Dendrometria e inventário florestal**. UFV, p. 276, 2006.
- 351 SOUSA, E. N. *et al.* Performance assessment of methodologies for vertical stratification in native forests.  
352 **Ciência Florestal**, v. 28, p. 1583-1591, 2018.
- 353 SPRUGEL, D. G. Correcting for bias in log-transformed allometric equations. **Ecology (Durham)**, v. 64, n. 1,  
354 p. 209-210, 1983.
- 355 STEPKA, T. F. *et al.* Modelos volumétricos e funções de afilamento para *Pinus taeda* L. na região Dos Campos  
356 Gerais, Paraná, Brasil. **Espacios**, v. 38, n. 21, p. 26-34, 2017.
- 357 ZONETE, M. F.; RODRIGUEZ, L. C. E.; PACKALÉN, P. Estimação de parâmetros biométricos de plantios  
358 clonais de eucalipto no sul da Bahia: uma aplicação da tecnologia laser aerotransportada. **Scientia Forestalis**, v.  
359 38, n. 86, p. 225-23, 2010.

## ANEXO 1

### DIRETRIZES PARA AUTORES / INSTRUCTIONS TO AUTHORS

4. Os artigos devem ser organizados da seguinte forma:

[The articles must be organized in this sequence:]

4.1. Artigo científico e nota técnica: Título, Resumo, Introdução com Revisão de Literatura e objetivos, Materiais e Métodos, Resultados e Discussão, Conclusões, Agradecimentos (quando houver) e Referências. Antes do item Referências, quando apropriado, mencionar a aprovação pela Comissão de Ética e Biossegurança da Instituição.

[Scientific article and technical note: title, abstract, introduction and literature review, materials and methods, results and discussion, conclusions, acknowledgements and references. Before the item references write when appropriate, mention its approval by the Ethics and Biosecurity Committee of the Institution.]

4.2. Artigo de revisão bibliográfica: Título, Resumo, Introdução, Desenvolvimento, Considerações finais, Agradecimentos (quando houver) e Referências.

[Article of bibliographical review: title, abstract, introduction, development, final considerations, acknowledgements, references.]

5. O manuscrito deve ser editado no Microsoft Word, com espaço simples, linhas numeradas continuamente e sem os nomes dos autores, fonte Times New Roman, tamanho 11, tabulação de 1,25 cm, formato A4, com 2 cm de margens esquerda, inferior e superior, e 1,5 cm de margem direita, orientação retrato e máximo de 12 páginas.

[The paper must be edited in Microsoft Word, simple space, lines numbered continuously and without the authors' names, letter type Times New Roman, size 11, tab 1.25 cm, size A4, with 2.0 cm of left, inferior and superior margins and 1.5 cm in the right margin, portrait orientation and maximum of 12 pages.]

6. O Título do manuscrito, com no máximo duas linhas, deve ser centralizado e em negrito, com letras maiúsculas (exceto nomes científicos), redigido em português ou espanhol, seguido da versão em inglês (em não-negrito).

[The paper title, up to 2 lines, must be centralized and in bold type, in capital letters and followed by the Portuguese version.]

7. O Resumo deve ser apresentado em um único parágrafo, contendo o máximo de 300 palavras) e redigido em dois idiomas, sendo um deles o inglês. As palavras RESUMO e ABSTRACT devem ser redigidas em letras maiúsculas, negrito e centralizadas.

[The abstract has to be presented in a single paragraph and written in two languages, being the Portuguese language one of them. The words RESUMO and ABSTRACT must be in capital letters.]

8. Logo após o texto do Resumo e do Abstract devem ser incluídos os termos Palavras-chave e Keywords, respectivamente, com alinhamento à esquerda, seguidas de dois pontos e em negrito, contendo até quatro termos (não contidos no título), separados por ponto e vírgula.

[ABSTRACT and RESUMO must be followed by Keywords and Palavras-chave, respectively, aligned to the left containing up to four words, separated by semicolons.]



9. Os grandes itens (INTRODUÇÃO, MATERIAL E MÉTODO, RESULTADOS E DISCUSSÃO, CONCLUSÃO, AGRADECIMENTOS e REFERÊNCIAS) devem ser escritos em letras maiúsculas, negrito e alinhados à esquerda. Os demais obedecem a seguinte sequência:

**MATERIAL E MÉTODO** - (item primário) - todo em maiúsculas e negrito.

**Caracterização do local** - (item secundário) - só a inicial maiúscula e em negrito.

***Solo*** - (item terciário) - só a inicial maiúscula, em negrito e itálico.

***Horizonte A*** - (item quaternário) - só a inicial maiúscula, em itálico.

[The primary titles (INTRUDUCTION, MATERIAL AND METHOD, RESULTS AND DISCUSSION, CONCLUSION, ACKNOWLEDGMENTS and REFERENCES) must be written in capital letters, aligned to the left. The other ones must obey the sequence as follows:

**MATERIAL AND METHOD** – (primary item) – fully in capital letters and in bold type.

**Characterizing the local** – (secondary item) – In bold type but the first letter in capitals.

***Soil*** – (tertiary item) – The initial in capitals, in bold type and in italics.

***Horizon A*** – (quaternary item) – only the initial letter in capitals, in italics.]

10. As siglas e abreviaturas, ao aparecerem pela primeira vez no trabalho, deverão ser colocadas entre parênteses, precedidas do nome por extenso.

[The acronyms and abbreviations, when they first appear in the paper, must be within brackets, preceded by their

full names.]

11. Figuras (gráficos e fotografias) **PODENDO SER EM CORES**, porém sem-contorno. As dimensões (largura e altura) não podem ser maiores que 17 cm, sempre com orientação da página na forma retrato (fonte: Times New Roman, tamanho da fonte: 11, não-negrito e não-itálico).

[Figures (graphs and photographs), can be in color, noboundary. The dimensions (height and width) cannot be larger than 17 cm, always with portrait page orientation, letter type of Times New Roman, size 11, non-bold type and nonitalics.]

12. As figuras e tabelas devem ser auto-explicativas e alocadas no texto logo após sua primeira chamada, no formato de imagem. A identificação destas deve ser expressa em dois idiomas (a usada na versão do trabalho e o inglês e, se o trabalho for em inglês, a outra será o português). As tabelas também devem ter sua versão no formato Excel e vir como Documento Suplementar, com a denominação Tabela e o número correspondente. As figuras, além de estarem no texto, devem vir como Documento Suplementar, em formato de imagem, com resolução superior a 300 dpi, com denominação de Figura e o número correspondente. Para tabelas com conteúdo numérico, as vírgulas (ou pontos) devem ficar alinhadas verticalmente e os números centralizados na coluna.

[The figures and tables must self-explanatory and located in the text immediately after the first call, in the image format. The identification of these should be expressed in two languages (the one used in the working version and English and, if the work is in English, the other will be Portuguese). The tables should also have their version in Excel format and come as Supplementary Document, with the Table name and the corresponding number. The figures, in addition to being in the text, should come as Supplementary Document, in

image format, with a resolution superior to 300 dpi, with figure naming and the corresponding number. For the tables which include numbers, the points must be aligned vertically and the numbers must be centralized in the column.]

13. Nomes científicos devem ter gênero e espécie escritos por extenso (Ex: *Araucaria angustifolia*) e em itálico (e acompanhar o estilo ao qual estão inseridos).

[Scientific names must be fully written (ex: *Araucaria angustifolia*) and in italics (and accompany the style to which they are inserted).]

14. Fórmulas devem vir no texto em forma de imagem e, no Documento Suplementar, editadas pelo módulo Equation Editor, do Microsoft Word, devem obedecer à fonte do texto, com símbolos, subscrito/sobrescrito etc., em proporções adequadas, nunca superior a fonte 11. No documento suplementar devem receber a nomenclatura Equação e o número correspondente.

[Formulae must be in the text as an image, and in the Supplemental Document, edited by the Equation Editor module of Microsoft Word, must obey the font of the text, with symbols, subscript / superscript etc., in adequate proportions, never exceeding font 11 In the supplementary document, they must receive the name Equation and the corresponding number.]

15. Citações bibliográficas serão feitas de acordo com a NBR 10520 da ABNT, usando o sistema "autor-data". Todas as citações mencionadas no texto obrigatoriamente devem ser relacionadas na lista de Referências (e vice-versa), de acordo com a norma NBR 6023 da ABNT. Já no item REFERÊNCIAS o autor deve colocar todas as citações feitas no trabalho, fazendo uso somente das referências mais relevantes dos últimos 10 anos e em número máximo de 30 citações.

[Bibliographical quotations will be carried out in accordance with NBR 10520 from ABNT, using the system author-date. All quotations mentioned in the text must listed down in the reference list, in compliance with NBR 6023 from ABNT. In the REFERENCES, the author should place all the citations made in the work, using only the most relevant references of the last 10 years and in a maximum number of 30 citations.]

16. No momento apropriado o autor será solicitado a inserir os nomes de todos os participantes, que devem ser posicionados logo abaixo do título em inglês, e identificados com número sequencial sobrescrito. O chamamento dos autores deve ser indicado no rodapé da primeira página, antecedido do número de identificação, devendo conter: título de graduação (Ex: Engenheiro Florestal), maior titulação (Ex: Dr.), descrição da função/profissão (Ex: Professor do Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria), endereço (Ex: Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS), Brasil.) e e-mail (Ex: cienciaflorestal@ufsm.br) sem o ponto final.

[In its final version, all authors names must be inserted immediately below the paper title and identified with its superscript sequence number. The authors calling must be indicated as footnote at the first page.]

17. Os manuscritos submetidos à revista passam pela triagem inicial do comitê de área, são enviados para revisores ad hoc, devolvidos aos autores para correções e, posteriormente, passam pela avaliação final do Conselho Editorial. Além disso ainda passam pelas correções de língua estrangeira (inglês e espanhol), língua portuguesa e referências. Os artigos aceitos são publicados na ordem de aprovação e para os não-aceitos é feita a comunicação aos autores. Os artigos são disponibilizados no formato "pdf", no endereço eletrônico da revista ([www.ufsm.br/cienciaflorestal](http://www.ufsm.br/cienciaflorestal)).

[The manuscripts subjected to Ciência Florestal are submitted to the area committee which will decide the need of sending to ad hoc reviewers. The trial version is returned to the authors for corrections and, later, are finally

evaluated by the Editing Committee. The accepted articles are published preferably in the order of their approval. Offprint will not be provided. The articles are available, in 'pdf' format, at the following electronic address: [www.ufsm.br/cienciaflorestal](http://www.ufsm.br/cienciaflorestal).]

18. Em caso de dúvidas sobre formatação, consultar os artigos já publicados no site ou o e-mail [cienciaflorestal@ufsm.br](mailto:cienciaflorestal@ufsm.br).

[For further information and doubts consult the published articles and the Editing Committee through the e-mail: [cienciaflorestal@ufsm.br](mailto:cienciaflorestal@ufsm.br).]

19. Consulte também, no item AJUDA, "Um Trabalho Exemplo" no rodapé da janela superior CAPA.

[Also see, in the HELP item, "A Sample Job" in the footer of the upper HOME window.]

[julho/2018.]