



Equações para estimativa volumétrica de espécies arbóreas da Amazônia

Laiz Bruna Diniz da Silva ¹, Vinícius Augusto de Moraes ^{2*}, Murielli Garcia Caetano ³ e Luiz Felipe Gonçalves de Mello Bernardes ⁴

¹ Universidade do Estado de Mato Grosso, Alta Floresta, MT, Brasil

² Universidade do Estado de Mato Grosso, Alta Floresta, MT, Brasil

³ Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Manaus, AM, Brasil

⁴ Universidade do Estado de Mato Grosso, Alta Floresta, MT, Brasil

* Autor Correspondente: viniciusmoraes@unemat.br

Recebido: 29/09/2019; Aceito: 23/03/2020

Resumo: O ajuste de equações volumétricas ou mesmo do fator de forma, únicos por espécie, podem representar valiosas ferramentas para condução de planos de manejo sustentáveis. Diante do exposto, a hipótese desse trabalho é que as equações de volume por espécie são mais precisas nas estimativas volumétricas, quando comparadas com fator de forma ou equação para o “*mix*” de espécies. Assim, o objetivo foi ajustar equações volumétricas para oito espécies nativas da floresta tropical amazônica e para o *mix* de espécie; calcular o fator de forma estimado e testar qual o método mais preciso. O estudo foi desenvolvido em um projeto de manejo sustentável localizado no município de Nova Ubiratã – MT. Foram cubadas 189 árvores, e ajustados sete modelos volumétricos para as espécies individuais e para o *mix de espécies*. Não foi encontrada diferença significativa entre os métodos de estimativa volumétricos testados. Porém o fator de forma para o *mix* apresentou valor mais próximo ao valor do parâmetro, gerado pela cubagem rigorosa. Os ajustes das equações apresentaram ótimos resultados, sendo que o modelo de Schumacher-Hall Log foi o melhor.

Palavras-chave: volumetria; manejo florestal; fator de forma; cubagem rigorosa; Schumacher-Hall.

Equations for volumetric estimation of Amazonian tree species

Abstract: The fitting of volume equations or form factor, when are species-specific, may represent valuable tools for conducting sustainable forest management plans. Thus, the hypothesis of this work is that species-specific volume equations are more precise in volume estimates than general form factors or equations. The aim was to 1) fit volume equations to eight native species belonging to the Amazon tropical forest and to the *mix* of species; 2) estimate the form factor and test which estimation method is more precise. The study was developed in a project of sustainable management located in the municipality of Nova Ubiratã – MT. We measured stems of 189 trees and fitted seven species-specific volume models as well as one general model, i.e., including all species. We found no significant difference between the tested estimation methods. However, the general form factor presented value closer to the parameter value generated by the stem measurements. The equation fittings presented great results, where Schumacher-Hall model was the best one.

Key-words: volumetry; forest management; form factor; strict cubing; Schumacher-Hall.

1. INTRODUÇÃO

As florestas tropicais apresentam grande heterogeneidade em sua formação vegetal, com tempo de crescimento e forma de vida, em geral, muito distintos. Em consequência disso, as árvores possuem idades, estrutura diamétrica, altura, área basal, espécies e estágios sucessionais diferentes (CYSNEIROS et al., 2017).

Buscando a exploração florestal sustentável, que em longo prazo apresente os mesmos benefícios financeiros, sociais e ecológicos da atualidade se faz necessário aprimorar as técnicas de manejo (SCHNEIDER, 2004). Para isso, um fator importante é a estimativa precisa da volumetria de madeira disponível para exploração.

Para estimativa do volume pode ser utilizar métodos diretos e indiretos. O método direto mais utilizado é a cubagem rigorosa, por sua precisão, contudo, a determinação é mais onerosa, por se tratar de um método destrutível. Uma alternativa é o emprego dos métodos indiretos, onde são mensurados o DAP (diâmetro a 1,30 metros do solo)

e quando possível a altura total ou comercial das árvores em pé, e a partir desses dados são estimados os volumes utilizando uma equação matemática ou aplicação do fator de forma para correção do volume cilíndrico (SANQUETTA et al., 2016).

Para a floresta tropical do estado de Mato Grosso são escassos trabalhos que ajustaram e testaram a aplicabilidade dessas equações, ainda mais quando se trata de equações específicas para cada espécie (LANSSANOVA et al., 2018; COLPINI et al., 2009). A falta de estudos disponíveis leva o Estado a adotar o fator de forma próximo de 0,70 apresentado por Heinsdijk & Bastos (1963), como referência para estimativa volumétrica de espécies da Floresta Amazônica no processo de elaboração e liberação de planos de manejo sustentável. O que pode levar a erro de sub e superestimativas, dependendo da conicidade da árvore cujo volume foi estimado.

Sub e superestimava podem acarretar erros de estimativa volumétrica, o que pode gerar falta ou sobra de madeira e volumetria autorizada para exploração. A falta de madeira com sobra de volumetria autorizada ou sobra de madeira sem autorização pode contribuir para o mercado de "comércio de notas fiscais ou esquentamento de madeira".

Neste contexto, o ajuste de equações volumétricas ou mesmo do fator de forma, únicos por espécie, podem representar valiosas ferramentas para condução de planos de manejo sustentáveis, uma vez que será possível obter estimativas volumétricas mais próximas do real, desde que os mesmos sejam ajustados em diferentes regiões do Estado, contemplando as diferenças fisionômicas e características específicas a cada região.

Diante do exposto, a hipótese desse trabalho é que as equações de volume por espécie são mais precisas nas estimativas volumétricas, quando comparadas com fator de forma ou equação para o "mix" de espécies. Assim, o objetivo foi ajustar equações volumétricas para oito espécies nativas da floresta tropical amazônica e para o mix de espécie; calcular o fator de forma estimado e testar qual o método mais preciso; e avaliar se uma mesma equação pode ser utilizada por espécie e para o mix com mesma precisão nas estimativas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido em um projeto de manejo sustentável na fazenda Mata Azul I localizada no município de Nova Ubitatã – MT, situada nas coordenadas geográficas 12°47'27" S e 54°53'21" W (Figura 1).

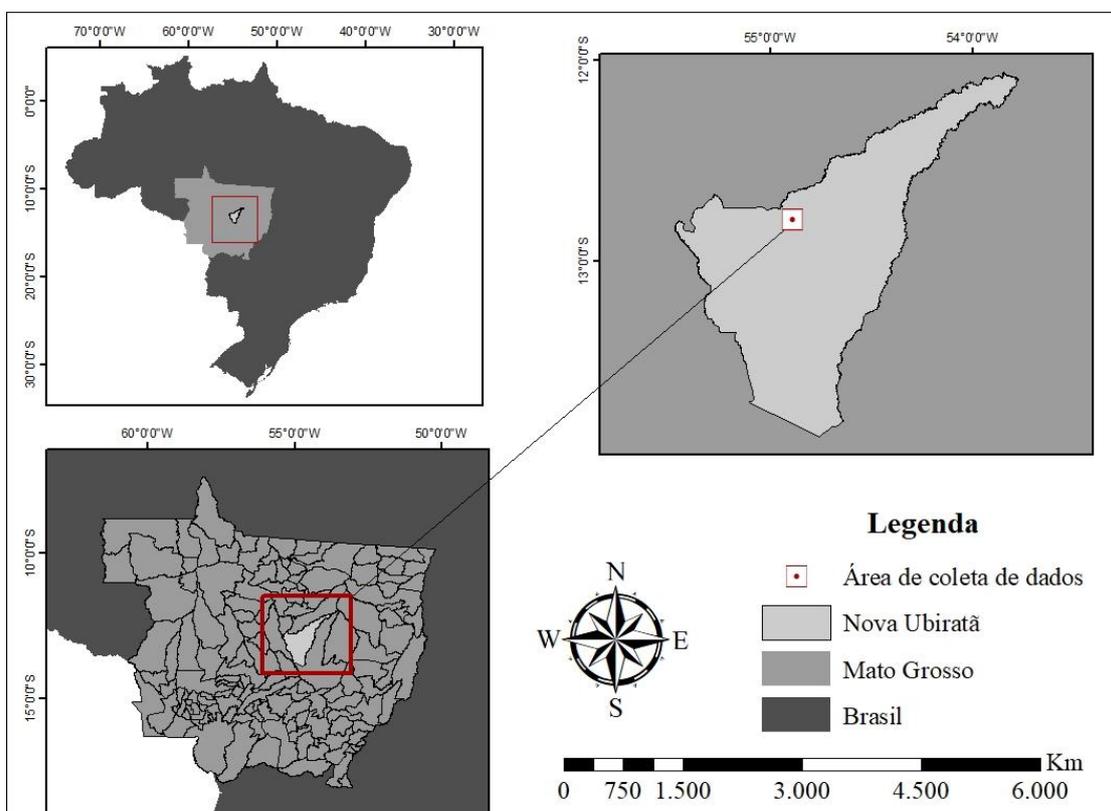


Figura 1. Localização da área de coleta de dados, em Nova Ubitatã, Mato Grosso, Brasil.

O município de Nova Ubitatã fica ao norte do estado de Mato Grosso, possui clima equatorial quente e úmido, com quatro meses de seca, de maio a agosto. A precipitação média é de 2.250 mm, com temperatura média anual de 24° C, e altitude de 400 m. O relevo se caracteriza por ser plano, com declive não superior a 3%. O solo predominantemente é Latossolo (80%) e areias quartzosas (20%). A vegetação composta por 70% de cerrado e 30% de floresta tropical. O município está localizado na Bacia Amazônica (PORTAL MATO GROSSO, 2017).

Foram cubadas 189 árvores, sendo, 22 da espécie *Hymenolobium petraeum* Ducke (Angeim pedra); 25 *Gochnatia polymorpha* Less. (Cambará); 24 *Nectandra membranacea* (Canelão); 25 *Cupressus lusitanica* Mill. (Cedrinho); 25 *Dipteryx odorata* (Cumaru); 24 *Apuleia leiocarpa* Vog. (Garapeira); 24 *Mezilaurus itauba* Meissn. (Itauba); 20 *Simarouba versicolor* St.Hil. (Morcegueira).

O volume com casca foi determinado pelo método de Smalian (1), com medidas de diâmetros coletadas na base, a 1,30 m (diâmetro a 1,30 m do solo – DAP), a 3 metros e a partir dessa a cada 2 metros, sendo a última seção de comprimento variado.

$$V = \left(\frac{g_1 + g_2}{2} \right) * (L_2 - L_1) \tag{1}$$

Onde: V= volume com casca (m³); g= área basal; L= medição de cada seção.

Foram ajustados sete modelos volumétricos (Tabela 1) para as espécies individuais e para o *mix de espécies*, entende-se por *mix* o conjunto de todas as espécies.

Tabela 1. Modelos volumétricos testados para os indivíduos arbóreos em um fragmento florestal na região de Nova Ubiratã – MT.

	Modelos	Autor
1	$Ln(V) = \beta_0 + \beta_1 * Ln(DAP) + \beta_2 * Ln(H) + \varepsilon$	Schumacher Hall Log
2	$V = \frac{DAP^2}{\beta_0 + \beta_1 * \frac{1}{H}} + \varepsilon$	Honner
3	$Ln(V) = \beta_0 + \beta_1 * Ln(DAP^2 * H) + \varepsilon$	Spurr Log
4	$Ln(V) = \beta_0 + \beta_1 * (DAP) + \beta_2 * \left(\frac{1}{DAP} \right) + \varepsilon$	Brenac
5	$V = \beta_0 + \beta_1 * (DAP) + \beta_2 * (DAP^2) + \varepsilon$	Hohenald

V= volume total com casca (m³); DAP= diâmetro a 1,30 m do solo (cm); H= altura comercial (m); Ln = logaritmo neperiano; β_0, \dots, β_3 = parâmetros do modelo. ε = Erro do modelo.

A qualidade do ajuste dos modelos foi avaliada utilizando as seguintes estatísticas: coeficiente de determinação ajustado - R^2_{aj} (2); erro padrão da estimativa percentual - $S_{yx}\%$ (3); e análise gráfica residual. Sendo que, a equação com R^2_{aj} mais próximo de 1, $S_{yx}\%$ mais próximo de 0 e distribuição de resíduos com maior uniformidade no gráfico de resíduos foi considerada como a equação mais precisa (BARRETO et al., 2014).

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

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

Onde: K = número de variáveis independentes da equação; N = número de observações; R^2 = coeficiente de determinação; S_{yx} = erro padrão da estimativa; \bar{Y} = média dos volumes.

Foi realizada a correção da discrepância logarítmica das equações logaritimizadas aplicando a metodologia proposta por Meyer (4) de acordo com Machado et al. (2008). Após a correção foram calculados os novos valores de $S_{yx}\%$ e R^2_{aj} (MACHADO et al., 2008).

$$IM = e^{0,5 * S_{yx}^2} \tag{4}$$

Onde: IM= Índice de Meyer; e= base dos logaritmos neperianos; S_{yx} = erro padrão da estimativa.

Foi realizada a estimativa do fator de forma por espécie e para o *mix* (combinação de todas as espécies) (5), seguido do cálculo de volume com casca utilizando o fator de forma estimado (6).

$$Vol = \frac{Volume\ real}{\left(\frac{\pi * DAP^2}{40000}\right) * ht} \quad (5)$$

$$Vol = \left(\frac{\pi * DAP^2}{40000}\right) * ht * ff \quad (6)$$

Onde: ff= Fator de forma; Volume real= Volume com casca calculado por Smalian (m³); Π = PI; DAP= Diâmetro a altura do peito (cm); ht= Altura total (m); Vol= Volume (m³).

Para verificar a possibilidade do uso de uma única equação para representar o *mix* de espécies ou uma equação única por espécie, aplicou-se o teste de identidade de modelo proposto por Graybill (1976). Em que, através da análise de variância, observa-se a diferença significativa do teste F, com a diferença entre a soma total dos quadrados das regressões ajustadas para cada espécie (modelo completo) e para o *mix* (modelo reduzido). A redução de soma de quadrados testa primeiro a hipótese de não haver diferença na forma. Caso não exista, deve testar se os níveis diferem. Se nenhuma diferença foi encontrada então uma única regressão pode ser ajustada para todas as espécies em conjunto.

Foi testado, por meio da análise de variância ao nível de 5% de significância (ANOVA), qual dos métodos apresenta maior precisão nas estimativas volumétricas, e quando o resultado da anova foi significativo aplicou-se o teste de média proposto por Tukey, utilizando o pacote ExpDes.pt (FERREIRA et al., 2018) do *software* R (R Core Team, 2019).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De maneira geral, os valores de altura e diâmetro apresentaram alto valor de coeficiente de variação, gerando grande amplitude nos valores de volume médio entre as espécies. Analisando o volume médio por espécie, pode-se observar que a morcegueira e cedrinho apresentaram valores mais altos, e a itaúba menor valor de volume estimado (Tabela 2).

As equações ajustadas para o *mix* de espécies apresentaram valores de R²aj. próximos a 1, e erro padrão da estimativa próximos a zero, portanto podemos considerar os resultados como satisfatórios, o modelo de Schumacher Hall log pode ser considerado o mais preciso entre os ajustados (Tabela 3).

Tabela 2. Análise estatística, por espécie, das variáveis coletados em Nova Ubitatã, Mato Grosso.

Espécie	Nome comum	n	\bar{Y}_{DAP}	\bar{Y}_{Ht}	S_{DAP}	S_{Ht}	Vol(m ³)	\bar{Y}_{Vol}	S_{vol}
<i>Hymenolobium petraeum</i> Ducke	Angelim pedra	22	61,75	16,3	6,9414	0,8864	77,7203	3,5327	0,9393
<i>Gochnatia polymorpha</i> Less.	Cambará	25	64,78	16,1	7,6855	1,2549	97,3144	3,8926	1,1072
<i>Nectandra membranacea</i>	Canelão	24	63,45	15,7	8,0630	0,9011	86,7134	3,6131	1,1069
<i>Cupressus Lusitanica</i> Mill.	Cedrinho	25	66,87	16,0	10,7081	1,2248	102,9427	4,1177	1,6190
<i>Dipteryx odorata</i>	Cumarú	25	62,72	15,8	9,2015	0,7906	88,6223	3,5449	1,0986
<i>Apuleia leiocarpa</i> Vog.	Garapeira	24	64,25	16,0	7,5615	0,9870	90,7535	3,7814	1,0827
<i>Mezilaurus itauba</i> Meissn.	Itauba	24	57,55	14,9	7,6068	1,0770	67,5913	2,8163	0,9375
<i>Simarouba versicolor</i> St.Hil.	Morcegueira	20	68,29	15,7	10,2778	0,8833	85,5693	4,2785	1,3748

Em que: n é número de amostra por espécie; \bar{Y}_{DAP} é a média do diâmetro a 1,30 m do solo; \bar{Y}_{Ht} média da altura total; S_{DAP} Desvio padrão do diâmetro a altura do peito (1,30m acima do solo); S_{Ht} Desvio padrão da altura total; Vol(m³) Volume com casca total por espécie; \bar{Y}_{Vol} média dos volumes com casca; S_{vol} Desvio padrão dos volume com casca.

Na análise gráfica dos resíduos para o *mix* observou-se que a maioria dos modelos tiveram uma distribuição sem tendências (Figura 2). Já nos gráficos por espécie, a maioria dos modelos apresentaram sub ou superestimativas, sendo o modelo de Schumacher Hall Log com melhor distribuição dos resíduos (Figuras 3 a 9).

O modelo de Schumacher e Hall log apresentou o melhor ajuste, em geral esse modelo volumétrico tem sido o que mais se ajusta a dados de cubagem de florestas nativas, isso se dá pelo fato da fórmula matemática desse modelo, ser o que mais se aproxima da metodologia de estimativa de volume do cilindro (LANSSANOVA et al. 2018; TONINI & BORGES, 2015; GIMENEZ et al., 2015; SILVA & SANTANA, 2014; ANDRADE, 2017; CHICHORRO et al, 2003).

O fator de forma por espécie variou de 0,6990 (cedrinho) a 0,7251 (morcegueira). Já para o *mix* de espécies o valor do fator de forma foi de 0,7116 (Tabela 4). Os valores encontrados nesse trabalho estão próximos ao fator de forma 0,73 encontrado por Gimenez et al. (2015).

Tabela 3. Coeficientes e ajuste dos modelos volumétricos para as espécies de Nova Ubiratã, Mato Grosso.

	Estatísticas de ajuste	Modelos				
		Schumacher Hall Log	Honner	Spurr Log	Brenac	Hohenald
Angelim	B0	-9.4495	141.6000	-9.5080	0.1570	-3.1001
	B1	1.9667	15665.7	0.9739	0.6629	0.0839
	B2	0.9249	-	-	-101.1203	0.0004
	B3	-	-	-	-	-
	R ² aj.	0.98	0.65	0.98	0.96	0.96
	Syx%	4.3675	4.2563	4.2322	6.1622	5.7655
Canelão	B0	-9.5388	183.3000	-9.9630	-3.9520	0.6039
	B1	2.0976	15020.6000	1.0155	1.4500	-0.0303
	B2	0.7611	-	-	-50.6880	0.0012
	B3	-	-	-	-	-
	R ² aj.	0.99	0.73	0.99	0.97	0.98
	Syx%	3.3857	4.1179	4.5989	5.1029	4.7167
Cambará	B0	-9.4563	149.1100	-9.5741	-17.0470	5.6449
	B1	2.0144	15331.7900	0.9812	3.9950	-0.1940
	B2	0.8608	-	-	110.5990	0.0025
	B3	-	-	-	-	-
	R ² aj.	0.99	0.87	0.99	0.95	0.93
	Syx%	2.9417	2.9939	3.0194	7.4104	7.4094
Cedrinho	B0	-9.6291	108.9000	-9.9501	-10.8470	2.3435069
	B1	2.1247	16466.0000	1.0126	2.7990	-0.0911039
	B2	0.7466	-	-	30.1730	0.0017152
	B3	-	-	-	-	-
	R ² aj.	1.00	0.75	0.99	0.98	0.9801
	Syx%	3.9014	4.4546	4.4865	1546.8084	5.6654
Cumaru	B0	-9.8842	4.4690	-9.9811	-0.1886	-3724.0000
	B1	2.0372	17851.7710	1.0170	0.6862	114.3000
	B2	0.9773	-	-	-87.5418	0.0246
	B3	-	-	-	-	-
	R ² aj.	0.99	0.73	0.99	1.00	0.97
	Syx%	3.8849	3.8763	4.0308	66.5162	111,310.1507
Garapeira	B0	-10.1123	-79.8600	-10.1818	-8.3810	-0.8884
	B1	2.0914	19124.3200	1.0354	2.3320	0.0072
	B2	0.9795	-	-	-1.2460	0.0010
	B3	-	-	-	-	-
	R ² aj.	0.99	0.81	0.99	0.95	0.96
	Syx%	2.9367	3.1040	2.9799	6.8635	6.1038
Itauba	B0	-9.5914	85.6500	-9.6992	-1.4350	-1.5179
	B1	2.0286	16691.3500	0.9911	0.9577	0.0351
	B2	0.8814	-	-	-82.1594	0.0007
	B3	-	-	-	-	-
	R ² aj.	0.98	0.75	0.98	0.94	0.97
	Syx%	4.0766	4.1990	4.3766	304.1440	6.2035
Morcegueira	B0	-9.7089	16.4400	-9.7949	5.3131	-5.6904
	B1	2.0094	17330.6800	1.0018	-0.3306	0.1599
	B2	0.9618	-	-	-168.2054	-0.0002
	B3	-	-	-	-	-
	R ² aj.	0.99	0.69	0.99	0.96	0.96
	Syx%	3.7563	3.5249	3.7432	3017.0867	6.6803
Mix	B0	-9.6850	70.74000	-9.8605	-23868	-1.6378
	B1	2.0519	16781.32	1.0062	11542	0.0367
	B2	0.8833	-	-	-713560	0.0007
	B3	-	-	-	-	-
	R ² aj.	0.99	0.78	0.99	0.99	0.96
	Syx%	3.7028	3.66126	3.8443	7.2746	6.5243

Em que, $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ = parâmetros do modelo; R²aj.= coeficiente de determinação ajustado; Syx%= erro padrão da estimativa percentual.

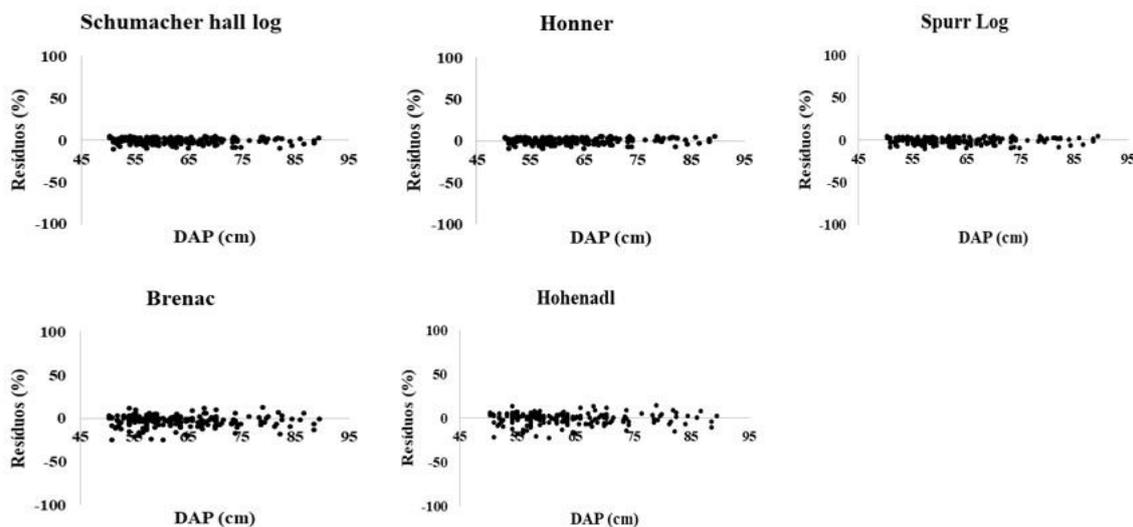


Figura 2. Análise gráfica dos resíduos do ajuste para o *mix* de espécie, em Nova Ubiratã, MT.

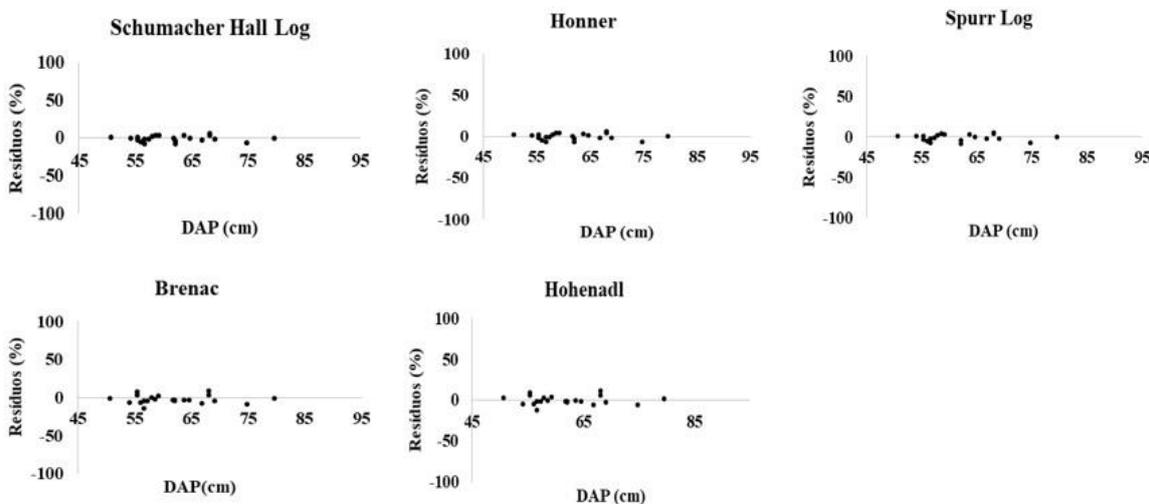


Figura 3. Análise gráfica dos resíduos do ajuste por espécie para a espécie Angelim Pedra em Nova Ubiratã, MT.

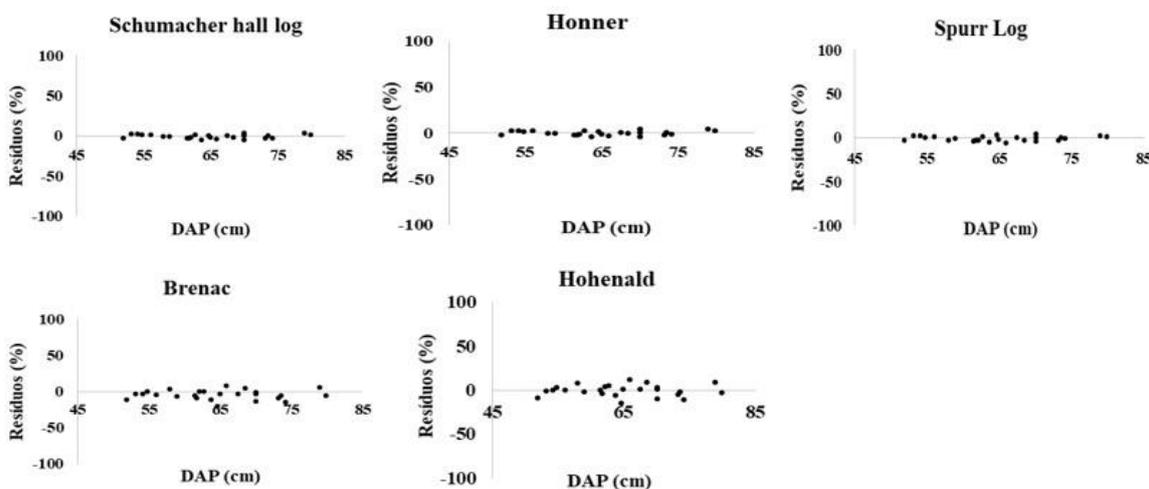


Figura 4. Análise gráfica dos resíduos do ajuste por espécie para a espécie Cambará em Nova Ubiratã, MT.

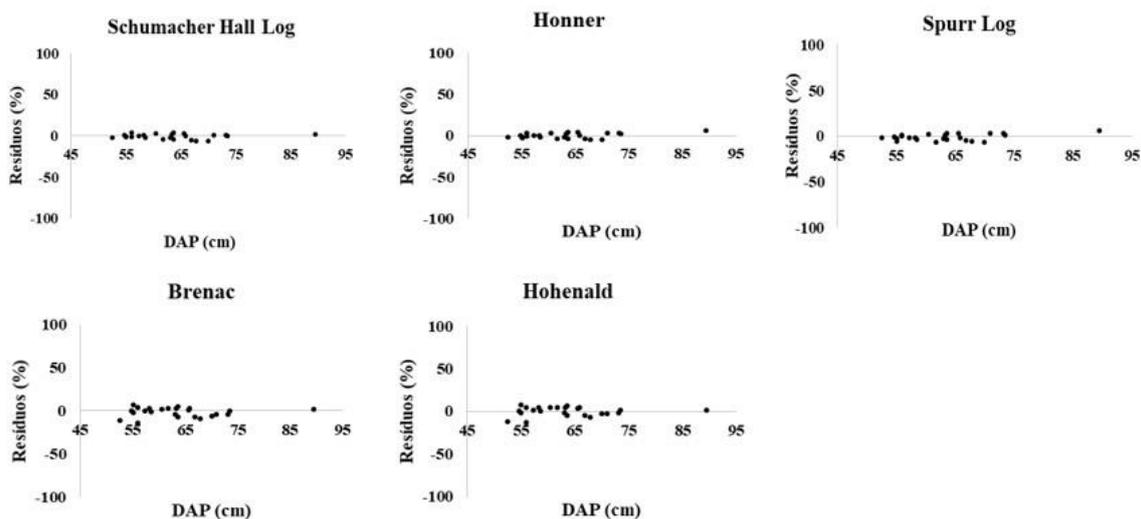


Figura 5. Análise gráfica dos resíduos do ajuste por espécie para a espécie Canelão em Nova Ubiratã, MT

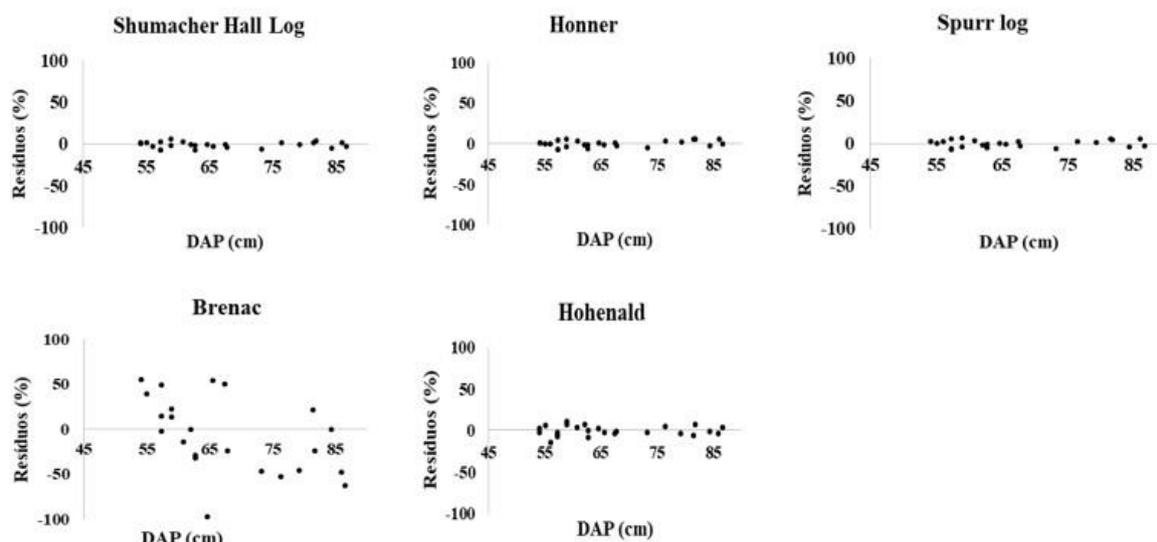


Figura 6. Análise gráfica dos resíduos do ajuste por espécie para o Cedrinho em Nova Ubiratã, MT

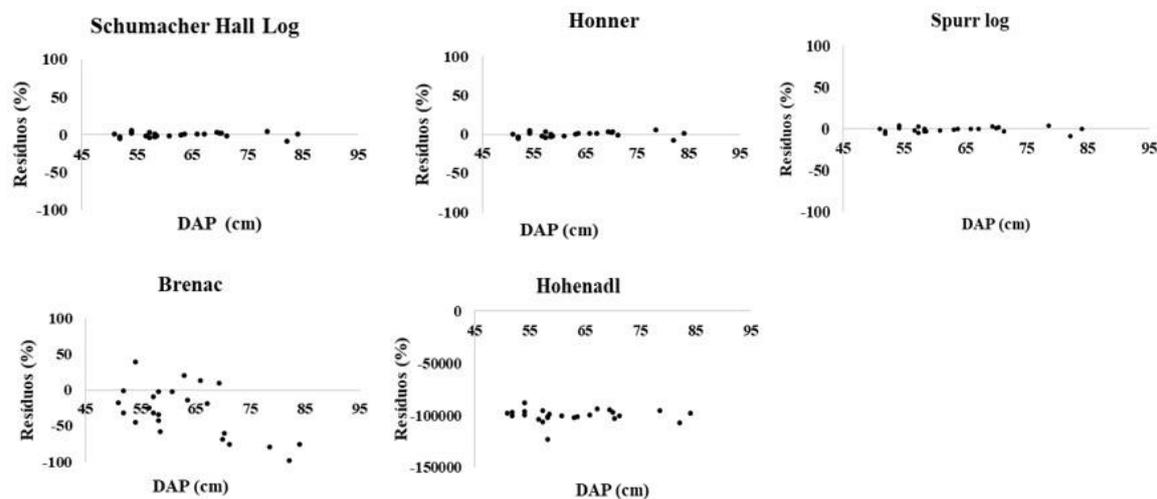


Figura 7. Análise gráfica dos resíduos do ajuste por espécie para a espécie Cumaru em Nova Ubiratã, MT

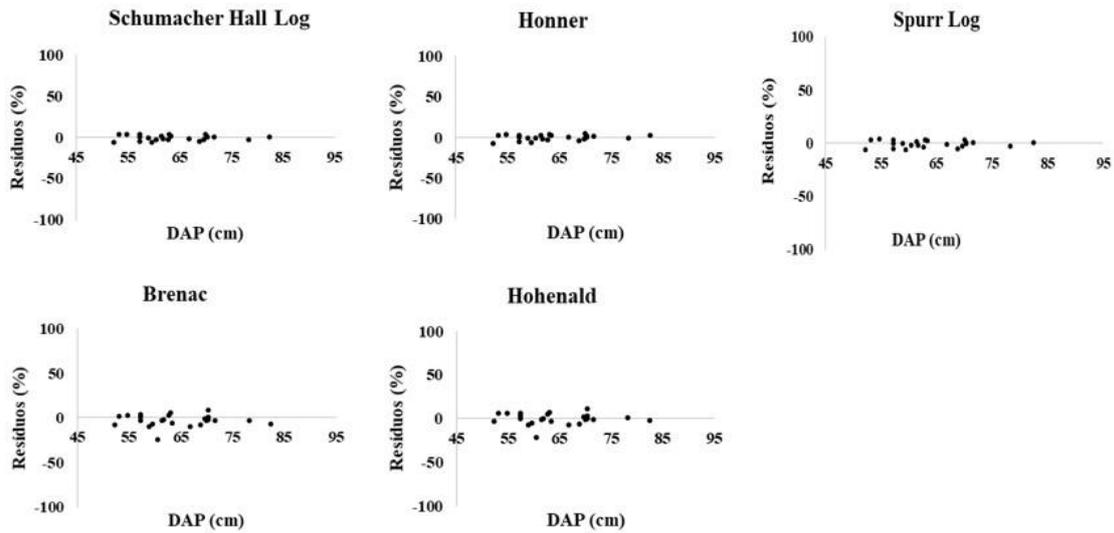


Figura 8. Análise gráfica dos resíduos do ajuste por espécie para a espécie Garapeira em Nova Ubiratã, MT

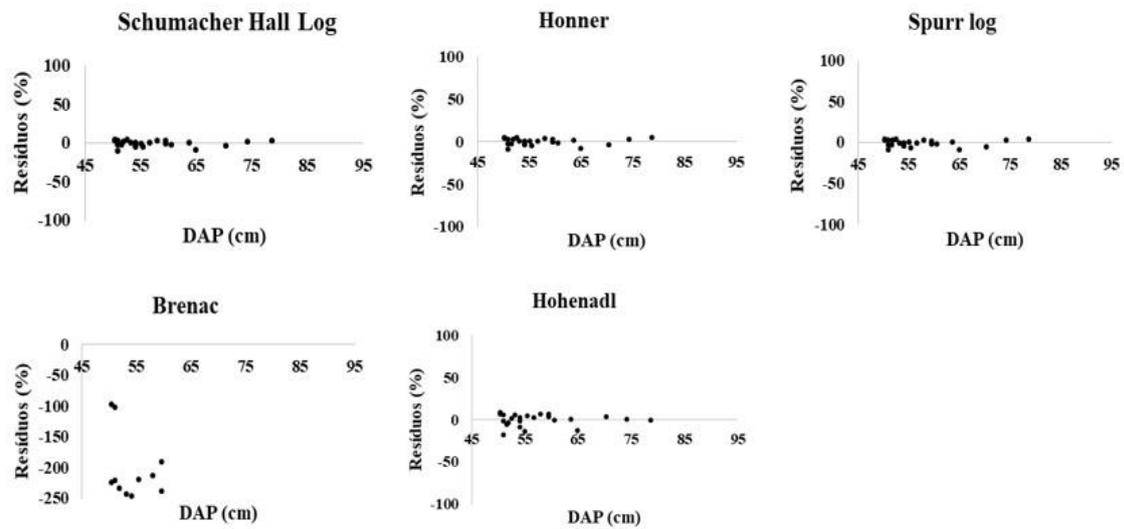


Figura 9. Análise gráfica dos resíduos do ajuste por espécie para a espécie Itauba em Nova Ubiratã, MT

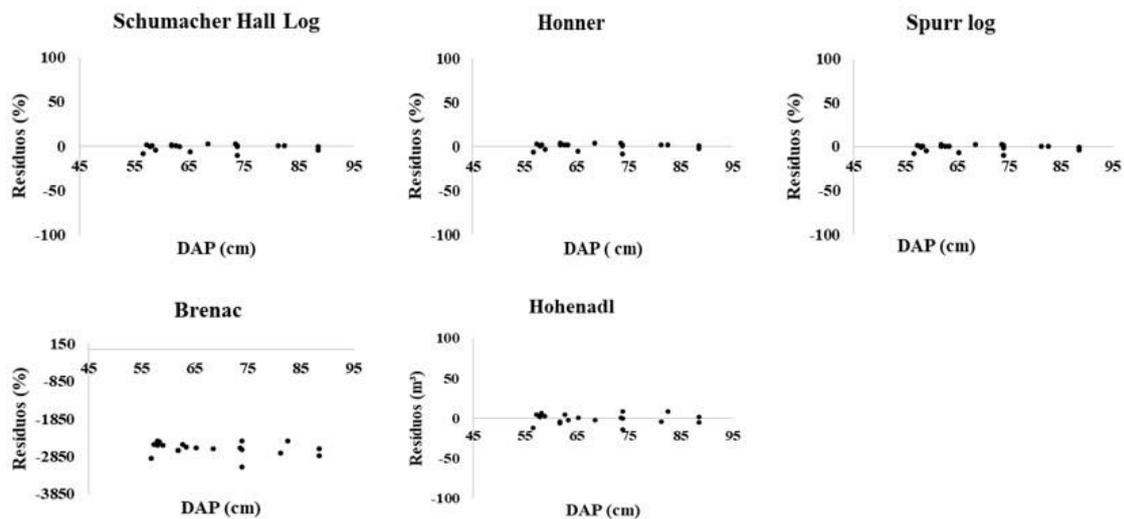


Figura 10. Análise gráfica dos resíduos do ajuste por espécie para a espécie Morcegueira em Nova Ubiratã, MT

Tabela 4. Valores de fator de forma estimados para cada espécie e para o mix das espécies amostradas em Nova Ubitatã, e fator de forma utilizado no estado de Mato Grosso, Brasil.

	Espécie	Fator de forma
1	Angelim	0,7008
2	Cambará	0,7098
3	Canelão	0,7000
4	Cedrinho	0,6990
5	Cumarú	0,7086
6	Garapeira	0,7156
7	Itauba	0,7012
8	Morcegueira	0,7251
9	Mix de espécies	0,7116
10	Fator de forma aplicado em Mato Grosso	0,7000

A volumetria está altamente correlacionada com a altura total e comercial, forma do fuste, DAP e defeitos no tronco, o que justifica a necessidade de ajuste de equações de volume para cada conjunto de espécie, mesmo que em mesma localidade, pois em uma floresta equiana essas variáveis apresentam grande variação. A utilização somente do fuste comercial para geração dos volumes pode ter mascarado algumas dessas características, pois torna as toras mais cilíndricas. No entanto, Ribeiro et al. (2014) testaram o uso de toras seccionadas na estimativa volumétrica e concluíram que isso não trouxe resultado expressivo na perda de precisão das equações de volume.

A análise de variância não foi significativa, portanto não existe diferença significativa entre os métodos de estimativa do volume testados, portanto o uso de equação de volume, fator de forma estimado ou fator de forma 0,7 (Tabela 5). Visto que, as médias apresentaram valores muito próximos (Tabela 6).

Tabela 5. Resultado da análise de variância para as espécies amostradas em Nova Ubitatã, MT.

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	5	0,56	0,1115	0,0731	0,99621
Resíduo	1128	1719,17			
Total	1133	1719,73			

Onde, GL= Graus de liberdade; SQ= Soma de quadrados; QM= Quadrado médio; Fc= F calculado.

O valor do fator de forma utilizado no Mato Grosso apresentou a média mais distante, mesmo as médias sendo consideradas estatisticamente iguais é notável que seu uso leva a subestimativa do volume real, o que vai acarretar em maior volume real explorado.

Tabela 6. Valores das médias estimadas por cada método de estimativa volumétrica.

Método de estimativa de volume	Média de volume (m³)
Equação do <i>mix</i>	3,6867
Equação por espécie	3,6867
Fator de forma do Mato Grosso	3,6275
Fator de forma do <i>mix</i>	3,6876
Fator de forma por espécie	3,6667
Smalian	3,6890

O resultado do teste de identidade entre modelos apontou que o uso de uma única equação de volume por espécie ou a equação do *mix*, neste caso o Schumacher Hall Log vai gerar resultados estatisticamente iguais, portanto, pode-se utilizar qualquer uma delas sem comprometer o resultado final (Tabela 7). No entanto, ajustar equação por espécie foi mais preciso, uma vez que cada espécie possui diferenças anatômicas e morfológicas que podem influenciar na estimativa de volume, além disso as florestas amazônicas apresentam alto nível de diversidade e complexidade.

Os resultados dos ajustes por espécie e pelo *mix* corroboram que a afirmativa anterior é verdadeira, visto que no ajuste do *mix* a equação de Hohenald apresentou precisão quanto aos parâmetros utilizados (Tabela 3), no entanto, quando se ajusta para algumas espécies os gráficos de resíduos (Figuras 2 a 10) apontam sub ou superestimava de volume, com exceção da espécie do cambará. O mesmo ocorre com outras equações, como a de Brenac, o que deixa claro a importância de se utilizar diferentes equações por espécie.

Tabela 7. Resultado do teste de identidade de modelo, comparando as equações ajustadas para diferentes espécies e para o mix de espécies para Nova Ubiratã, Mato Grosso.

Combinações	Modelo Reduzido	Modelo Completo	F tabelado	F calculado	Hipótese
1	Mix	Soma das sp.	1,6203	-7,6556	NS
2	Angelim	Cambará	2,6123	-9,5372	NS
3	Angelim	Canelão	2,6190	-9,2097	NS
4	Angelim	Cedrinho	2,6123	-9,4910	NS
5	Angelim	Cumaru	2,6123	-9,3994	NS
6	Angelim	Garapeira	2,6190	-9,2354	NS
7	Angelim	Itauba	2,6190	-9,2215	NS
8	Angelim	Morcegueira	2,6499	-8,1752	NS
9	Cambará	Angelim	2,6123	-8,5310	NS
10	Cambará	Canelão	2,6000	-10,0704	NS
11	Cambará	Cedrinho	2,5913	-10,2976	NS
12	Cambará	Cumaru	2,5943	-10,2833	NS
13	Cambará	Garapeira	2,6000	-10,0810	NS
14	Cambará	Itauba	2,6000	-10,0502	NS
15	Cambará	Morcegueira	2,6261	-9,0694	NS
16	Canelão	Angelim	2,6190	-9,2097	NS
17	Canelão	Cambará	2,6000	-10,0704	NS
18	Canelão	Cedrinho	2,6000	-10,0354	NS
19	Canelão	Cumaru	2,6000	-9,9534	NS
20	Canelão	Garapeira	2,6060	-9,7819	NS
21	Canelão	Itauba	2,6060	-9,7593	NS
22	Canelão	Morcegueira	2,6335	-8,7288	NS
23	Cedrinho	Cumaru	2,5943	-10,2373	NS
24	Cedrinho	Garapeira	2,6000	-10,0311	NS
25	Cedrinho	Itauba	2,3000	-10,0306	NS
26	Cedrinho	Morcegueira	2,6261	-8,9956	NS
27	Cumaru	Garapeira	2,6000	-9,9939	NS
28	Cumaru	Itauba	2,6000	-9,9687	NS
29	Cumaru	Morcegueira	2,6261	-8,9205	NS
30	Garapeira	Itauba	2,6060	-9,7743	NS
31	Garapeira	Morcegueira	2,6335	-8,7665	NS
32	Itauba	Morcegueira	2,6335	-8,7390	NS

Em que: NS = os níveis diferem, portanto os modelos são estatisticamente iguais.

Tonini & Borges, (2015) e Gimenez et al. (2015) defendem a ideia de que os volumes estimados podem ter diferentes resultados devido as árvores apresentarem altura comercial e diâmetro diferentes, também fuste irregulares conforme a espécie, e as vezes possuírem ocos no tronco e/ou pelo diâmetro mínimo amostrado

Vale salientar a necessidade de desenvolvimento de mais trabalhos de ajuste de equações de volume e fatores de forma para espécies da Amazônia Matogrossense, uma vez que a precisão de estimativas de volume são de suma importância para sustentabilidade da exploração madeireira.

4. CONCLUSÕES

Não houve diferença significativa no método de estimativa volumétrica, portanto o uso do fator de forma adotado no Mato Grosso não apresenta resultados estatisticamente diferentes dos gerados por fator de forma estimado ou equações de volume ajustadas para a base de dados.

O modelo de Schumacher Hall Log apresentou o melhor ajuste. O teste de identidade entre modelos comprovou que uma mesma equação pode ser aplicada para uma única espécie ou para o *mix*.

Mesmo com esses resultados apontamos que sejam realizados estudos semelhantes em mais áreas, devido à complexidade das florestas nativas da Amazônia.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, V.C.L. Modelos volumétricos de dupla entrada para aplicar em povoamentos florestais brasileiros. **Floresta e Ambiente**, v.24, p.e00135415, 2017. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.135415>.
- BARRETO, W.F.; LEÃO, F.M.; MENEZES, M.C. de; SOUZA, D.V. Equação de volume para apoio ao manejo comunitário de empreendimento florestal em Anapu, Pará. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.34, n.80, p.321-329, 2014. <https://doi.org/10.4336/2014.pfb.34.80.721>
- CHICHORRO, J.F.; RESENDE, J.L.P.; LEITE, H.G. Equações de volume e de taper para quantificar multiprodutos da madeira em floresta Atlântica. **Revista Arvore**, v.27, n.6, p.799-809, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622003000600006>

- CYSNEIROS, V.C.; AMORIM, T.A.; JÚNIOR MENDONÇA, J.O.; GAUI, T.D.; MORAES, C.R. de; BRAZ, D.M.; MACHADO, S. do A. Distribuição diamétrica de espécies da Floresta Ombrófila Densa no sul do Estado do Rio de Janeiro. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.37, n.89, p.1-10, 2017.
- COLPINI, C. TRAVAGIN, D.P.; SOARES, T.S. Determinação do volume, do fator de forma e da porcentagem de casca de árvores individuais em uma Floresta Ombrófila Aberta na região noroeste de Mato Grosso. **Acta Amazonica**, v.39, n.1, p.97-104, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672009000100010>
- FERREIRA, E.B.; CAVALCANTI, P.P.; NOGUEIRA, D.A. (2018). ExpDes.pt: Pacote Experimental Designs (Portuguese). R package version 1.2.0. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=ExpDes.pt>. Acesso em: 19 mar. 2020.
- GIMENEZ, B.O.; DANIELLI, F.E.; OLIVEIRA, C.K.A. de; SANTOS, J. dos; HIGUCH, N. Equações volumétricas para espécies comerciais madeireiras do sul do estado de Roraima. **Scientia Forestalis**, v.43, n.106, p.291-301, 2015.
- GRAYBILL, F.A. **Theory and application of the linear model**. Belmont: Duxbury, p.704, 1976.
- HEINSDIJK, D.; BASTOS, A.M. Inventários florestais na Amazônia. **Boletim do Serviço Florestal**, v.6, p.1-100, 1963.
- LANSSANOVA, L.R.; SILVA, F.A. da; SCHONS, C.T.; PEREIRA, A.C. da S. Comparação entre diferentes métodos para estimativa volumétrica de espécies comerciais da Amazônia. **Biofix Scientific Journal**, v.3, n.1 p.109-115, 2018. <http://dx.doi.org/10.5380/biofix.v3i1.57489>
- MACHADO, S. do A.; AGUIAR, L.P.; FILHO, A.F.; KOEHLER, H.S. Modelagem do volume do povoamento para *Mimosa scabrella* Benth. na região metropolitana de Curitiba. **Revista Árvore**, v.32, n.3, p.465-478, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622008000300009>
- PORTAL MATO GROSSO. (2017) - **Nova Ubiratã**. Disponível em: <http://www.portalmatogrosso.com.br/municipios/geografia-de-nova-ubirata/904>. Acesso em: 08 jan. 2019.
- R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2019. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 08 jan. 2019.
- RIBEIRO, R.B.S.; GAMA, J.R.V.; MELO, L.O. Seccionamento para cubagem e escolha de equações de volume para a Floresta Nacional do Tapajós. **Revista Cerne**, v.20, n.4, p.605-612, 2014. <https://doi.org/10.1590/01047760201420041400>
- SANQUETTA, C.R.; DOLCI, M.; CORTE, A.P.C. Estimação de volumes de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze por fatores de forma em classes diamétricas e modelos de regressão. **Revista Biosfera**, v.13, n.23, p.588-597, 2016. https://doi.org/10.18677/Enciclopedia_Biosfera_2016_052
- SCHNEIDER, P.R. **Manejo Florestal: planejamento da produção florestal**. Biblioteca Central – UFSM. Santa Maria, RS, 2004.
- SILVA, E.N. da; SANTANA, A.C. de. Modelos de regressão para estimação do volume de árvores comerciais, em florestas de Paragominas. **Revista Ceres**, v.61, n.5, p.631-636, 2014. <https://doi.org/10.1590/0034-737X201461050005>
- TONINI, H.; BORGES, R.A. Equação de volume para espécies comerciais em Floresta Ombrófila Densa no sul de Roraima. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.35, n.82, p.111-117, 2015. <https://doi.org/10.4336/2015.pfb.35.82.738>