

Ajuste volumétrico por grupo e para 24 espécies comerciais em uma área de manejo florestal comunitário

Volume adjustment per group and for 24 commercial species in a communitarian forest management

Gisele de Aguiar Lima¹, Renato Bezerra da Silva Ribeiro², Karla Mayara Almada Gomes³,
Lucas Cunha Ximenes⁴, Girlene da Silva Cruz⁵

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo ajustar o modelo volumétrico de Schumacher-Hall por grupos de espécies e para um conjunto de 24 espécies, utilizando a análise multivariada, em uma área submetida ao Manejo Florestal Comunitário. Os dados da Unidade de Produção Anual 10, da Floresta Nacional do Tapajós (Pará, BR), foram utilizados neste estudo. Foi realizada a análise de Cluster e análise discriminante para verificar a veracidade do dendrograma formado. A partir do agrupamento foi ajustado o modelo volumétrico de Schumacher e Hall para os grupos e para todas as espécies que fizeram parte do estudo, com a finalidade de compará-los. Dentre os grupos, o que mais se destacou em volumetria foi o grupo III (*Manilkara huberi*; *Couratari guianensis* e *Hymenaea courbaril*), seguido do grupo II (*Cordia goeldiana*; *Dipteryx odorata*; *Lecythis pisonis*; *Cedrela odorata*; *Diploptropis purpurea*; *Handroanthus incana*; *Vochysia maxima*; *Goupia glaba*; *Pseudopiptadenia psilostachya*; *Mezilaurus itauba*; *Terminalia dichotoma*; *Handroanthus serratifolius*) e em terceiro o grupo I (*Apuleia moralis*; *Pouteria bilocularis*; *Vatairea paraensis*; *Cedrelinga catenaeformis*; *Lecythis lurida*; *Hymenolobium petraeum*; *Bagassa guianensis*; *Hymenaea parvifolia*; *Astronium lecointei*). Para este estudo o ajuste das equações apresentou diferença significativa apenas para a equação do grupo II quando comparado o volume estimado com o volume real, não sendo aplicável a equação geral para tal grupo de espécies. Os grupos I e III só apresentaram diferença significativa em relação a equação aplicada para todas as espécies. Com isso recomenda-se o ajuste por agrupamento de espécies, principalmente para florestas tropicais.

Palavras-chave: Análise multivariada. Floresta Nacional do Tapajós. Volumetria.

ABSTRACT: Schumacher-Hall's volumetric model is adjusted by groups of species for 24 species by employing multivariate analysis in a communitarian forest management area. Data from the Annual production Unit 10 of the National Forest of Tapajós in Tapajós PA, Brazil, were employed. Cluster analysis and discriminant analysis were used to verify the dendrogram. The Schumacher-Hall's volumetric model was adjusted for the groups and for all species involved in current study for comparison. Group III may be highlighted for volumetrics (*Manilkara huberi*; *Couratari guianensis* and *Hymenaea courbaril*), followed by group II (*Cordia goeldiana*; *Dipteryx odorata*; *Lecythis pisonis*; *Cedrela odorata*; *Diploptropis purpurea*; *Handroanthus incana*; *Vochysia maxima*; *Goupia glaba*; *Pseudopiptadenia psilostachya*; *Mezilaurus itauba*; *Terminalia dichotoma*; *Handroanthus serratifolius*); group I ranked third (*Apuleia moralis*; *Pouteria bilocularis*; *Vatairea paraensis*; *Cedrelinga catenaeformis*; *Lecythis lurida*; *Hymenolobium petraeum*; *Bagassa guianensis*; *Hymenaea parvifolia*; *Astronium lecointei*). Adjustment of equations had a significant difference only for the equation of group II when compared to estimated volume with real volume. It was not applicable to the general equation for this species group. Groups I and III showed a significant difference with regard to equation applied for all species. The adjustment per species grouping is recommended mainly for tropical forests.

Keywords: Multivariate analysis. National Forest of Tapajós. Volumetrics.

Autor correspondente:

Girlene da Silva Cruz: girlene.lenecruz@gmail.com

Recebido em: 05/03/2020

Aceito em: 12/12/2020

¹ Mestranda no programa de pós-graduação em sociedade, ambiente e qualidade de vida da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), Santarém (PA), Brasil.

² Doutorando em Ciências Ambientais no Programa de Pós-Graduação em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), Santarém (PA), Brasil.

³ Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba (PR), Brasil.

⁴ Doutorando em Ciências Ambientais, Programa de Pós-Graduação em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento, Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), Santarém (PA), Brasil.

⁵ Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba (PR), Brasil.

INTRODUÇÃO

Fatores como o crescimento populacional e pressões do mercado econômico por madeira geram problemas como o desmatamento e o aparecimento de fragmentos florestais (LEITE; REZENDE, 2010). A contribuição da ciência florestal na utilização correta e racional das florestas tropicais, com o intuito de diminuir a exploração predatória e desordenada, pode ser feita manejando de forma adequada as florestas nativas e realizando a determinação da produção florestal de forma precisa, com embasamento em modelos matemáticos para estimar o volume de madeira, variável importante para o planejamento e uso racional da floresta (BARROS; SILVA-JUNIOR, 2009).

O volume é uma informação de base para obtenção de dados do potencial disponível em uma área florestal, uma vez que o volume árvore a árvore fornece dados para a averiguação do estoque madeireiro e avaliação do potencial de produção da área em questão (THOMAS *et al.*, 2006). Dessa forma, estimar o volume florestal de forma correta é de suma importância, pois ele influencia diretamente na volumetria a ser solicitada ao órgão ambiental competente e definirá o volume permitido para corte de cada espécie florestal (HIRAMATSU, 2008).

O ajuste de equações volumétricas desenvolvidas especificamente para as áreas dos Planos de Manejo Florestal Sustentável constitui o procedimento mais eficiente, econômico e com precisão aceitável para a quantificação da produção em volume da floresta (BARROS, 2009). As diferentes maneiras de obtenção e aplicação da quantificação da volumetria florestal são estimuladas, devido ao fato de que os pequenos ganhos em precisão individual resultam em ganhos significativos quando se avaliam os valores da área total (CORDEIRO *et al.*, 2015).

Há três maneiras para obtenção de equações volumétricas para florestas tropicais: a primeira é por espécies individuais, a segunda é para todas as espécies combinadas e a terceira é por grupo específico de espécies (AKINDELE, 2005). Diante da presença de diversas variáveis que a floresta possui, a ciência florestal pode utilizar a estatística multivariada como uma ferramenta para a análise de um conjunto de dados e as relações que eles apresentam entre si (ALBUQUERQUE, 2013). Dentre as variações dessa estatística, a mais utilizada no setor florestal é a análise de agrupamento, que busca reconhecer um padrão dos dados, visando simplificar e explicar o comportamento de uma floresta, de um grupo de parcelas, de uma parcela, por meio da mensuração de várias espécies (ALBUQUERQUE, 2013). Dessa forma, é recomendado realizar ajustes volumétricos por grupos de espécies, pois os resultados derivados de agrupamentos são mais robustos e mais seguros (CRUZ *et al.*, 2019).

Diante disso, este trabalho objetivou ajustar o modelo volumétrico de Schumacher e Hall por grupos de espécies e para um total de 24 espécies em uma área submetida ao Manejo Florestal Comunitário.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

Os dados são oriundos da Unidade de Produção Anual 10, situada na Floresta Nacional do Tapajós, no município de Belterra, Pará (BR), entre os municípios de Santarém e Aveiro, mais precisamente no km 117 da rodovia BR-163, na Área de Manejo Florestal pertencente à Cooperativa Mista da Flona Tapajós (Coomflona).

Segundo a classificação de Köppen o clima da região é descrito como do tipo Ami, tropical úmido, com temperatura média anual de 25,5 °C e precipitação média anual de 1.820 mm, apresentando maiores precipitações de janeiro a maio; solo predominantemente do tipo Latossolo Amarelo distrófico e vegetação situada na zona do tipo Floresta Ombrófila Densa.

2.2 COLETA, ANÁLISE E PROCESSAMENTO DOS DADOS

Os dados utilizados nos ajustes foram provenientes do inventário e do romaneio de toras das árvores extraídas na Unidade de Produção Anual 10, manejada pela Coomflona, no qual os manejadores são os próprios residentes da Unidade de Conservação.

Utilizaram-se dados de 4.708 árvores, correspondente a 24 espécies comerciais. O volume das toras foi determinado pelo método de Smalian (MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2013). As variáveis utilizadas no ajuste foram: o volume por Smalian, o diâmetro medido a 1,30 m do solo (DAP) e a altura comercial foi baseada na soma dos comprimentos das toras, conforme Silva-Ribeiro *et al.* (2014).

Para realizar o agrupamento de espécies foi realizada análise multivariada. Para essa análise, foram utilizadas as variáveis: média do DAP, média da altura comercial e somatório do volume. Utilizou-se a medida de distância euclidiana e o método de Ward para proceder com o agrupamento. Para confirmar a distinção e classificação dos grupos foi realizada a análise discriminante.

2.3 AJUSTE E SELEÇÃO DE MODELO

A partir da determinação dos grupos de espécies, ajustou-se o modelo volumétrico de Schumacher-Hall na forma logarítmica (Equação 1), modelo que vem sendo utilizado para a Floresta Nacional do Tapajós e que vem tendo os melhores ajustes (SILVA *et al.*, 1984; SILVA-RIBEIRO *et al.*, 2014; CRUZ *et al.*, 2017), além disso, em sua forma logarítmica apresenta boas estimativas sem ser tendencioso (CAMPOS; LEITE, 2002).

$$\ln(v) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln DAP + \beta_2 \cdot \ln Hc + \varepsilon_i \quad (\text{Equação 1})$$

Em que: v = volume comercial com casca, em m^3 ;

DAP = diâmetro medido a 1,30 m do solo, em cm;

Hc = altura comercial (soma dos comprimentos de toras), em m;

β_0 , β_1 e β_2 = coeficientes de regressão;

ε_i = erro aleatório.

O ajuste foi realizado para cada grupo de espécies formado e para o conjunto das 24 espécies comerciais (Tabela 1) com o intuito de avaliar o desempenho das equações por grupo e da equação genérica na estimativa volumétrica.

Tabela 1. Lista de espécies comerciais exploradas pela COOMFLONA na Floresta Nacional do Tapajós, Pará (BR)

#	Nome comum	Nome específico	Nº de Árvores
1	Angelim pedra	<i>Hymenolobium petraeum</i>	49
2	Cedro vermelho	<i>Cedrela odorata</i>	16
3	Cedrorana	<i>Cedrelinga catenaeformis</i>	93
4	Cuiarana	<i>Terminalia dichotoma</i>	84
5	Cumarú	<i>Dipteryx odorata</i>	61
6	Cupiúba	<i>Goupia glaba</i>	117
7	Fava amargosa	<i>Vatairea paraenses</i>	160
8	Fava timborana	<i>Pseudopiptadenia psilostachya</i>	115
9	Freijó cinza	<i>Cordia goeldiana</i>	55
10	Garapeira	<i>Apuleia moralis</i>	251
11	Goiabão	<i>Pouteria bilocularis</i>	441
12	Ipê amarelo	<i>Handroanthus serratifolia</i>	95
13	Ipê roxo	<i>Handroanthus incana</i>	74
14	Itaúba	<i>Mezilaurus itauba</i>	82
15	Jarana	<i>Lecythis lurida</i>	333
16	Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i>	243
17	Jutaí mirim	<i>Hymenaea parvifolia</i>	228
18	Maçaranduba	<i>Manilkara huberi</i>	1137
19	Muiracatiara	<i>Astronium lecointei</i>	164
20	Quaruba	<i>Vochysia maxima</i>	76
21	Sapucaia	<i>Lecythis pisonis</i>	54
22	Sucupira amarela	<i>Diplotropis purpurea</i>	40
23	Tatajuba	<i>Bagassa guianensis</i>	148
24	Tauari	<i>Couratari guianensis</i>	592
	Total	-	4708

Após os ajustes, foi realizado o exame e retirada de dados discrepantes conforme método descrito por Scolforo (2005). Esse método consiste na padronização dos erros para tentar melhorar os ajustes, relacionando o resíduo absoluto e o erro padrão residual.

2.4 VALIDAÇÃO DAS EQUAÇÕES

Para cada grupo de espécies e para o conjunto total das espécies comerciais avaliadas, foi separado um banco de dados com árvores não incluídas nos ajustes, totalizando 500 árvores, que contemplaram todas as classes de DAP e todas as espécies avaliadas.

Estimou-se o volume comercial das árvores com as equações ajustadas por grupos e geral. Em seguida, aplicou-se o teste t pareado ($\alpha = 0,05$), a fim de verificar a validade das estimativas volumétricas em relação ao volume real (romaneado) e em função da equação genérica para todas as espécies.

A análise de agrupamentos e a discriminante foram realizadas utilizando o *software* R (CORE TEAM, 2013). Os ajustes volumétricos, teste de validação das equações e teste t foram realizados na planilha eletrônica do *Microsoft Excel* versão 2010 com a plataforma do *Action* 2.8.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ANÁLISE MULTIVARIADA

Os dados formaram 3 grupos de espécies (grupo I, II e III). Esse método de agrupamento pode ser considerado o mais adequado para agrupar espécies, pois garante que elas sejam classificadas pelas funções que guiam o modelo e não atributos ecofisiológicos de pouco conhecimento (AKINDELE, 2005). O agrupamento das espécies demonstrou que, no grupo III, foram inseridas as espécies com maior volumetria. O II abrangeu aquelas espécies com média volumetria e o grupo I reuniu aquelas com menores volumes. O grupo III abrange o maior número de árvores correspondente a 39,66% do total, bem como são espécies de maior porte em diâmetro e altura.

A partir da análise do dendrograma foi realizada a análise discriminante linear de Fisher, com o valor de 87,5% de acerto, com as probabilidades de 0,375 para o grupo I, 0,5 para o grupo II e 0,125 para o grupo III (Tabela 1). A classificação dos grupos I, II e III foi de 77,77%, 91,66% e 100% respectivamente, mostrando que para o grupo I, de um total de 9 espécies 7 deveriam estar no grupo I, enquanto 2 deveriam estar no grupo II. Do grupo II, de um total de 12 espécies, 11 estão alocadas de maneira correta no grupo II, enquanto 1 deveria estar alocada no grupo I. O grupo III apresentou o total de espécies alocadas no grupo III de maneira correta.

Tabela 1. Análise Discriminante de Fisher apresentando classificação correta das espécies comerciais

Grupos	Classe I P=0,375	Classe II P=0,5	Classe III P=0,125	Total	Classificação (%)
I	7	2	0	9	77,77
II	1	11	0	12	91,66
III	0	0	3	3	100
Total	8	13	3	24	87,5

3.2 EQUAÇÃO VOLUMÉTRICA POR GRUPOS E PARA TODAS AS ESPÉCIES

Na Tabela 2 são mostrados os coeficientes e as estatísticas de precisão dos ajustes, obtidas a partir do modelo de Schumacher-Hall na forma logarítmica. Os valores de R^2_{aj} variaram entre 0,83 e 0,91, indicando que o volume é explicado pelas variáveis independentes DAP e Hc em mais de 80%. Os valores de erro padrão da estimativa variaram de 17,88% a 19,28%. Ressalta-se que todos os coeficientes das equações foram significativos pelo teste t ($p \leq 0,05$).

Tabela 2. Coeficientes e estatísticas de precisão das equações ajustadas por grupos e de 24 espécies comerciais em uma unidade de produção madeireira na Floresta Nacional do Tapajós, Pará (BR)

Grupos	Coeficientes e estatística de precisão				
	β_0	β_1	β_2	R^2_{aj}	$S_{y,x}$ (%)
Grupo I	-9,0429*	1,8791*	0,8584*	0,9152	19,25
Grupo II	-7,8092*	1,6546*	0,7585*	0,8377	18,46
Grupo III	-9,0824*	1,8303*	0,9327*	0,8576	17,88
Geral	-8,8801*	1,8326*	0,8668*	0,8786	19,28

Em que: R^2_{aj} = coeficiente de determinação ajustado; $S_{y,x}$ % = erro padrão da estimativa em porcentagem; β_0 , β_1 , β_2 e β_3 = coeficientes dos modelos.

Além das estatísticas de ajuste e precisão, analisou-se também a distribuição gráfica dos resíduos (Figura 2), em que se observa a distribuição independente dos erros percentuais ao longo da média zero para todas as equações. Destaca-se que a equação ajustada para o Grupo II apresentou menor amplitude de variação dos resíduos.

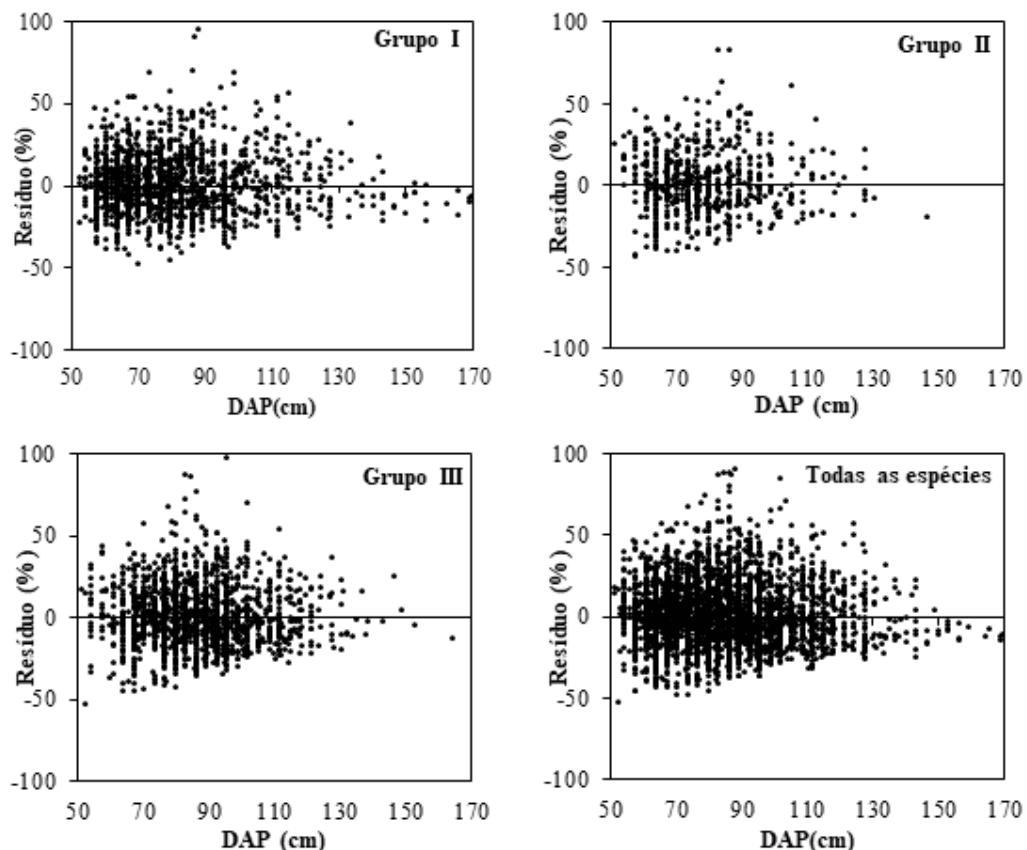


Figura 2. Distribuição gráfica dos resíduos em relação ao diâmetro (DAP) o modelo de Schumacher-Hall ajustado para diferentes grupos de espécies, em uma unidade de produção madeireira na Floresta Nacional do Tapajós, Pará (BR).

O modelo de Schumacher e Hall é mencionado como o mais adequado para estimar o volume de árvores presentes em florestas tropicais (AKINDELE; LEMAY, 2006; IGBINOSA; AMOO, 2014; SILVA-RIBEIRO *et al.*, 2014; CYSNEIROS *et al.*, 2017; CORRÊA *et al.*, 2018), podendo ser ajustado tanto para equações genéricas, quanto para equações específicas de espécies de interesse comercial na Amazônia (CYSNEIROS *et al.*, 2017).

Em um estudo realizado por Cysneiros (2017), com equações genéricas e específicas, observou-se que as equações específicas proporcionaram melhor precisão das estimativas volumétricas, devido à redução da variabilidade de dados analisados. Akindele (2005), que avaliou equações genéricas e por grupo de espécies utilizando o modelo de Schumacher e Hall em uma floresta tropical, diz que as equações por grupo de espécie estimam o volume com melhor precisão, tanto quando comparadas com equações genéricas como por equações feitas por espécies individuais. Barreto *et al.* (2014) corroboram quando dizem que as equações específicas, como a de Schumacher Hall, fornecem dados mais precisos em áreas de manejo comunitário. Por isso faz-se necessário que mais estudos sejam realizados nessas áreas com modelos volumétricos por agrupamentos.

3.3 VALIDAÇÃO DAS EQUAÇÕES

Apenas as equações do grupo II e a genérica apresentaram diferença significativa quando comparado o volume estimado como o volume real, enquanto as equações do grupo I, III não apresentaram diferenças significativas (Tabela 3).

Tabela 3. Teste t ($\alpha < 0,05$) aplicado para comparação entre os volumes observados e os volumes estimados pelas equações obtidas para cada grupo de espécies, bem como para o grupo que contemplou todas as espécies

Grupos	(P) Romaneio	(P) Equação Genérica
I	0,0546 ^{ns}	4,68x10 ^{-19*}
II	0,0035*	1,49x10 ^{-08*}
III	0,0828 ^{ns}	1,69x10 ^{-06*}
Genérica	0,0014*	-

Em que: ns = não houve diferença significativa de acordo com o teste t a 95% de probabilidade; * = houve diferença significativa a 95% de probabilidade.

Quando comparadas as equações específicas por agrupamento com a equação genérica usada para todas as espécies, o teste t pareado mostrou haver diferença significativa ($p > 0,05$) entre os volumes observados e os volumes estimados, de acordo com o teste t (Tabela 4), indicando que a equação genérica não pode ser ajustada para os grupos de espécie devido à diferença significativa apresentada a partir da validação das equações.

4 CONCLUSÃO

O uso de uma equação genérica para a estimativa volumétrica não é eficiente para todas as espécies. Dessa forma, torna-se necessário utilizar técnicas de análise multivariada para captar espécies com características semelhantes a fim de obter equações mais específicas e com isso ter melhores resultados na volumetria da floresta a ser manejada.

REFERÊNCIAS

AKINDELE, S. O.; LEMAY, V. M. Development of tree volume equations for common timber species in the tropical rain forest area of Nigeria. **Forest Ecology and Management**, v. 226, p. 41-48, 2006.

AKINDELE, S. O. Volume functions for common timber species of Nigeria's tropical rain forests. International Tropical Timber Organization (ITTO), 2005.

ALBUQUERQUE, M. A. **Análise de agrupamento hierárquica e incremental**: estudo de caso em Ciências Florestais. 2013. 160f. Tese (Doutorado em Biometria e Estatística Aplicada) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Estatística e Informática, Recife, 2013.

BARRETO, W. F.; LEÃO, F. M.; MENEZES, M. C.; SOUZA, D. V. Equação de volume para apoio ao manejo comunitário de empreendimento florestal em Anapu, Pará. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 34, n. 80, out./dez. 2014.

BARROS, P. L. C.; SILVA-JUNIOR, A. T. Equação de volume para árvores de uma floresta tropical densa no município de Anapú, Oeste do Estado do Pará, Amazônia oriental. **Revista Ciências Agrárias**, Belém, n. 51, p. 115-126, 2009.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal**: perguntas e respostas. Viçosa: UFV, 2002. 407p.

CORDEIRO, M. A.; PEREIRA, N. N. J.; BINOTI, D. H. B.; BINOTI, M. L. M. S.; LEITE, H. G. Estimativa do volume de *Acacia magium* utilizando técnicas de redes neurais artificiais e máquinas vetor de suporte. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 35, n. 83, p. 255-261, 2015.

CORRÊA, K. K. S.; GAMA, J. R. V.; SILVA-RIBEIRO, R. B.; XIMENES, L. C. Ajuste e classificação do potencial volumétrico de *Lecythis lurida* (MIERS) MORI, Flona do Tapajós. **Nativa**, v. 6, n. 4, p. 395-401, 2018.

CRUZ, G. S.; SOUSA, E. A. B.; ALMEIDA, B. R. S.; LIMA, B. A.; RODRIGUES, B. L.; SILVA-RIBEIRO, R. B. Ajuste volumétrico para *Hymenaea coubaril* L. na Floresta Nacional do Tapajós. In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 69., 2017, Belo Horizonte. **Anais [...]**. Reunião Anual da SBPC, 2017.

CYSNEIROS, V. C.; PELISSARI, AL. L.; MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO-FILHO, A.; SOUZA, L. Modelos genéricos e específicos para estimativa do volume comercial em uma floresta sob concessão na Amazônia. **Scientia Florestalis**, v. 45, n. 114, p. 295-304, 2017.

HIRAMATSU, N. A. **Equações de volume comercial para espécies nativas na região do vale do Jari, Amazônia Oriental**. 2008. 92f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

IGBINOSA, A. H.; AMOO, O. B. Appropriate volume functions for leguminosae family in two tropical rainforests in cross river state, Nigeria. **Journal of Environment and Ecology**, v. 5, n. 2, p. 206-221, 2014.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Floresta Nacional do Tapajós**: plano de manejo. Brasília, 2004. 373p.

LEITE, F. S. L.; REZENDE, A. V. Estimativa do volume de madeira a partir do diâmetro da cepa em uma área explorada de floresta amazônica de terra firme. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 1, p. 69-79, 2010.

MACHADO, A. S.; FIGUEIREDO-FILHO, A. **Dendrometria**. 2. ed. Guarapuava: Unicentro, 2013. 316p.

R CORE TEAM. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2013. ISBN 3-900051-07-0. Disponível em: <http://www.R-project.org/>. Acesso em: jan. 2020.

SCOLFORO, J. R. S. **Biometria florestal**: parte I: modelos de regressão linear e não linear: parte II: modelos para relação hipsométrica, volume, afilamento e peso da matéria seca. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 352p.

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

SILVA-RIBEIRO, R. B.; 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.

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

VANCLAY, J. K. Aggregating tree species to develop diameter increment equations for tropical rainforests. **Forest Ecology and Management**, v. 42, p. 143-168, 1991.