



Eficiência na estimativa volumétrica de madeira na Floresta Nacional do Tapajós

Karla Mayara Almada GOMES^{1*}, Renato Bezerra da SILVA-RIBEIRO², João Ricardo Vasconcellos GAMA³,
Dárlison Fernandes Carvalho de ANDRADE⁴

¹Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, PA, Brasil.

²Instituto de Biodiversidade e Florestas, Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, PA, Brasil.

³Programa de Pós-Graduação em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento, Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, PA, Brasil.

³Programa de Pós-Graduação em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento, Universidade Federal do Oeste do Pará/Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Santarém, PA, Brasil.

*E-mail: karlamayaralmada@gmail.com

Recebido em junho/2017; Aceito em novembro/2017.

RESUMO: O objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência de uma equação utilizada na estimativa volumétrica de madeira na Floresta Nacional do Tapajós. Os dados foram oriundos da Área de Manejo Florestal da Cooperativa Mista da Flona do Tapajós. Foram analisados dados de inventário florestal a 100% e cubagem rigorosa de 2.869 árvores de 26 espécies comerciais. Avaliou-se o erro de estimativa volumétrica por espécie e estratos de altura comercial e foram comparadas as estimativas volumétricas a partir da equação específica e geral definidas para a área e do fator de forma. O erro associado à mensuração da altura comercial influenciou na estimativa volumétrica, mas considerando o mínimo de erro na obtenção da variável no inventário, o volume estimado correspondeu a 96,77% do volume colhido. Concluiu-se que a equação específica para a área foi eficiente e que é necessário investir no aperfeiçoamento das técnicas e em treinamento dos trabalhadores envolvidos no inventário.

Palavra-chave: manejo florestal comunitário, equação de volume, floresta amazônica, erros ao estimar altura comercial.

Efficiency in the volumetric estimation of wood in the Tapajos National Forest

ABSTRACT: The aim of this study was to evaluate the efficacy of an equation used in the volumetric estimation of wood in the Tapajos National Forest. Data were from the Forest Management Area of the Mixed Cooperative of Flona Tapajos. The forest inventory data 100% and cubed data of 2,869 trees of 26 commercial species were analyzed. It was evaluated the volume estimated error by species and height strata and compared volumetric estimates from a specific and defined general equation for the area and the form factor. The error associated with the measurement of commercial height influenced the volumetric estimate, but considering the minimum error in obtaining the variable in the inventory, the estimated volume corresponded to 96.77% the collected volume. It was concluded that the specific equation for the area was efficient and the need to invest in improving techniques and training of workers involved in the inventory.

Keywords: community forest management, volume equation, amazon forest, errors in estimating commercial height.

1. INTRODUÇÃO

A quantificação do volume é um procedimento fundamental na avaliação do potencial econômico de uma floresta e necessária para o estabelecimento de ações de manejo (MACHADO et al., 2005). Medidas precisas de volume são essenciais para um melhor aproveitamento do recurso madeireiro e para um bom planejamento da colheita (THOMAS et al., 2006).

Estimar o volume de forma eficiente reduz o desperdício de madeira em tora que, dentre os inúmeros produtos que a floresta dispõe, é o responsável pelo abastecimento da indústria madeireira que é uma precursora da economia regional (SILVA-RIBEIRO, 2013).

As técnicas voltadas à utilização do recurso madeireiro vêm sendo aperfeiçoadas no intuito de reduzir os impactos ambientais e garantir o recurso florestal para as gerações atuais e futuras. Conforme Thaines et al. (2010), algumas dessas técnicas, embora simples, são necessárias no cotidiano das empresas florestais. Quando se trata da quantificação do

volume de florestas nativas, por exemplo, são necessários métodos eficientes para estimá-lo, uma vez que fatores relacionados a essa tipologia dificultam a determinação das variáveis que possibilitam mensurá-lo, como a altura e as medidas de diâmetros.

A Amazônia detém fitocenoses distintas com uma expressiva diversidade de espécies. Isso requer modelagem criteriosa para estimar o volume de madeira em diferentes áreas na região, por permitir estimativas precisas da produção madeireira, o que é determinante no planejamento florestal.

Gama (2004) ressalta que é importante a obtenção dessas equações para cada área específica, visando reduzir a possibilidade de inferências incorretas, uma vez que a quantificação equivocada de estoques volumétricos propicia maiores danos ambientais e perdas econômicas. Para isso, é relevante que os profissionais envolvidos nas atividades de pré-colheita e colheita disponham de treinamento adequado, no intuito de diminuir as chances de mensurar erroneamente

as variáveis necessárias ao ajuste de modelos, como o diâmetro medido a 1,30 m do solo (DAP) e a altura.

Em 1974 foi criada a Floresta Nacional do Tapajós (FNT), sendo uma Unidade de Conservação (UC) federal localizada no Oeste do estado do Pará. A FNT é classificada pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) como UC de uso sustentável e prevê o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais, por meio de manejo florestal (BRASIL, 2000). Desde 2006, é realizado o manejo florestal comunitário, para o qual os próprios moradores tradicionais se organizaram e criaram a Cooperativa Mista da Flona do Tapajós (COOMFLONA), tornando-se referência no âmbito da gestão dos recursos florestais na Amazônia.

Em dez anos de execução, as ações de manejo na FNT se consolidaram como a principal atividade econômica para a população tradicional. Além disso, o aperfeiçoamento contínuo das técnicas por meio de treinamentos realizados pela Universidade Federal do Oeste do Pará passou a refletir em melhor aproveitamento do recurso florestal.

Como exemplo, desde 2009, a equação para estimar o volume de madeira na COOMFLONA é anualmente reajustada, cuja estimativa de produção madeireira tem atingido 80% de precisão. Isso tem diminuído a incerteza referente à estimativa de produção, melhorando a administração mercadológica. Moro et al. (2016), ressalta que muitas deliberações importantes estão baseadas em estimativas de venda, como o planejamento e controle da produção, o investimento em mão de obra, compras, vendas, entre outros bens de produção.

A equação de volume utilizada pela cooperativa é de dupla entrada, em que o volume é estimado em função do DAP e da altura comercial das árvores. De acordo com Leite (2008), a precisão na estimativa do volume a partir de modelos de dupla entrada é melhor, devido essa relação representar mais fielmente o comportamento das árvores na natureza. Trabalhos realizados na FNT como os de Silva et al. (1984), Moura (1994) e Silva-Ribeiro et al. (2014), constataram que os modelos de dupla entrada são mais precisos quando comparados com os modelos de simples entrada.

As equações de dupla entrada acarretam na necessidade de mensurar a variável altura, o que requer cautela em virtude das características estruturais da floresta nativa, como, por exemplo: assimetria dos espaçamentos, heterogeneidade de altura, interposição de copas e características fenotípicas das espécies, que podem influenciar a precisão da estimativa dessa variável.

É necessário, portanto, garantir a qualidade dos inventários florestais, no intuito de elevar a precisão das equações nas estimativas volumétricas. Diante disso, o objetivo desse trabalho foi avaliar a eficiência de uma equação utilizada na estimativa do volume de madeira na Floresta Nacional do Tapajós.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de Estudo

Os dados da pesquisa foram oriundos da Área de Manejo Florestal da COOMFLONA, especificamente na Unidade de Produção Anual nº 08 (UPA 08). Essa área fica localizada na FNT, Km 67 da Rodovia BR-163, entre os paralelos de 2° 45' e 4° 10' de latitude sul e entre os meridianos de 54° 45' e

55° 30' de longitude oeste, no município de Belterra, estado do Pará (ESPÍRITO-SANTO et al., 2005) (Figura 1).

O clima da região é do tipo Ami, de acordo com a classificação de Köppen, com 25,5°C de temperatura média anual e umidade relativa média em torno de 90% (ALVARES et al., 2013). A topografia da região varia de plana a ondulada, o solo é caracterizado como Latossolo Amarelo Distrófico e a vegetação é caracterizada como Floresta Ombrófila Densa (IBAMA, 2004).

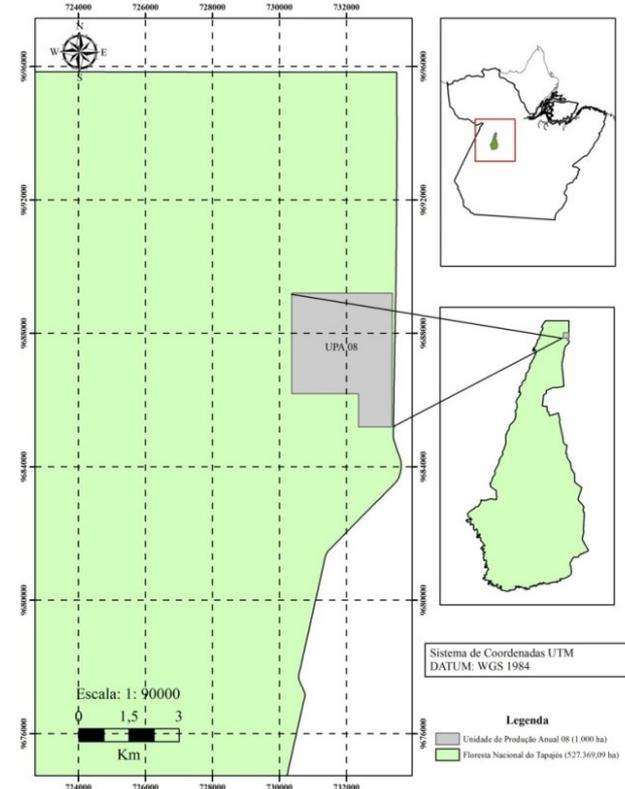


Figura 1. Localização da Unidade de Produção Anual 08 na Floresta Nacional do Tapajós, Estado do Pará, Brasil.

Figure 1. Location of Annual Production Unit 08 in the Tapajós National Forest, Para State, Brazil.

2.2. Coleta de Dados

Os dados foram obtidos a partir de informações do inventário florestal 100% e da cubagem rigorosa (romaneio) provenientes da UPA 08, manejada pela COOMFLONA em 2013. Foram colhidas 2.869 árvores em 10 Unidades de Trabalho (UT's), distribuídas em 26 espécies comerciais.

A COOMFLONA realizou a cubagem rigorosa das toras pelo método de Smalian. No romaneio as toras foram traçadas em seções de tamanhos variados, geralmente de 4 a 7 m, para garantir o melhor aproveitamento do fuste e também atender as demandas do transporte durante o baldeio. O controle de quantas e quais toras pertencem a cada árvore foi realizado pela cooperativa através do método de cadeia de custódia.

2.3. Análise dos Dados

Foram analisadas as variáveis altura comercial e DAP, utilizadas para estimar o volume comercial com casca. Para isso, a altura comercial das árvores, estimada visualmente no inventário florestal 100% devido ao adensamento característico das florestas naturais, foi comparada com a altura comercial observada no romaneio, que corresponde ao

somatório do comprimento das toras obtido na cubagem rigorosa. No intuito de verificar se houve diferença estatística entre as alturas estimada e a observada, aplicou-se o teste F de Graybill (LEITE & OLIVEIRA, 2002).

A COOMFLONA executou o Plano Operacional Anual (POA) 08, estimando os volumes das árvores com a Equação 1, ajustada a partir de dados de cubagem rigorosa da UPA 07, manejada no ano anterior (COOMFLONA, 2013):

$$v_{(c/c)} = -1,6241742 + (0,0480995 * DAP) + (-0,00023995 * DAP^2) + (0,00003845 * DAP^2 * h_c) \quad (\text{Equação 1})$$

em que: $v_{(c/c)}$ = volume comercial com casca (m^3); DAP = diâmetro medido a 1,30 m do solo (cm); h_c = altura comercial (m).

Foi avaliado o erro de estimativa volumétrica por espécie e por estratos de altura. A amplitude de erro em altura comercial por espécie foi determinada após a obtenção do erro percentual na estimativa ($E\%$), através da equação 2.

$$E\% = [(CT - h_c) / CT] * 100 \quad (\text{Equação 2})$$

em que: CT = comprimento da tora, em m; h_c = altura estimada, em m.

A definição dos estratos foi baseada na média e desvio padrão da altura das árvores colhidas, sendo: Estrato inferior = $h_c < (h_{m_c} - 1s)$; Estrato médio = $(h_{m_c} - 1s) \leq h_c < (h_{m_c} + 1s)$; Estrato superior = $h_c \geq (h_{m_c} + 1s)$, em que h_{m_c} = Altura comercial média, em m; h_c = Altura comercial, em m; e s = desvio padrão da altura comercial, em m (SOUZA & SOARES, 2013).

Foram elaborados gráficos de dispersão e histogramas dos resíduos para visualizar possíveis tendências nas estimativas de volume comercial. Para isso foram plotados os resíduos das seguintes estimativas volumétricas, enumeradas em casos:

Caso I: Validação da equação de volume comercial da UPA 07 para a UPA 08.

Caso II: Comparação do volume obtido no romaneio (volume rigoroso) *versus* volume estimado por meio do fator de forma 0,7 desenvolvido por Heinsdijk & Bastos (1963), com dados do inventário florestal;

Caso III: Comparação do volume obtido no romaneio (volume rigoroso) *versus* estimativa de volume com a equação ajustada para a área utilizando os dados de romaneio (comprimento das toras);

Caso IV: Validação da equação geral para a FNT, ajustada por Silva et al. (1984), para a UPA 08.

Para o cálculo do resíduo percentual (Res %) foi utilizada a Equação 3.

$$\text{Res (\%)} = [(V_e - V_o) / V_o] * 100 \quad (\text{Equação 3})$$

em que: V_e = volume estimado e V_o = volume observado.

Em havendo presença de *outliers* estes dados foram padronizados de acordo com a metodologia de inspeção visual dos dados e dos histogramas. Realizou-se o tratamento dos *outliers* pelo método de padronização dos resíduos, conforme metodologia adotada por Scolforo (2005), por meio da Equação 4.

$$\text{Resíduos padronizados} = e_i / S_{y_x} \quad (\text{Equação 4})$$

em que: e_i = resíduo e S_{y_x} = erro padrão residual.

Realizou-se análise de variância (ANOVA) para verificar a existência ou não de diferença significativa entre quatro formas de calcular o volume. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos: T_0 – Volume rigoroso cubado por Smalian; T_1 – Volume estimado pela equação ajustada para o POA 08 com dados de cubagem (COOMFLONA, 2013); T_2 – Volume estimado pelo fator de forma (HEINSDJIK & BASTOS, 1963); T_3 – Volume estimado pela equação geral ajustada para a FNT (SILVA et al., 1984). Quando constatada diferença significativa, as médias foram comparadas pelo teste SNK (Student-Newman-Keuls) ao nível de 95% de probabilidade.

No intuito de validar a utilização de dados de cubagem da UPA 07 para o ajuste da equação para a UPA 08 foi aplicado o teste Qui-quadrado, ao nível de significância de 0,05.

3. RESULTADOS

A partir da comparação entre variáveis obtidas no inventário e no romaneio foi constatado um erro significativo associado à estimativa da altura comercial. Conforme os resultados apresentados na Tabela 1, de maneira geral, o erro médio nas alturas comerciais estimadas no inventário foi de 18,93%. A altura comercial estimada no inventário diferiu estatisticamente da observada, calculada pelo somatório do comprimento das toras de uma árvore, conforme Teste F de Graybill, considerando um nível de 95% de confiança. O $\varepsilon\%$ variou de -120% a +70,6% entre as espécies manejadas. Ao analisar os erros, buscou-se avaliar de forma distinta os casos em que a altura comercial foi superestimada ou subestimada. Verificou-se que 2.295 árvores apresentaram altura subestimada (média de erro de 19,68%) e 574 árvores tiveram altura superestimada no inventário (média de erro de 15,92%). Os dados da Tabela 1 revelam que a maior amplitude de erro na estimativa da altura comercial foi das espécies *Bagassa guianensis* Aubl., *Mezilaurus itauba* (Meisn.) Taub. ex Mez, *Hymenaea courbaril* L. e *Couratari guianensis* Aubl., respectivamente, sendo as duas últimas com maior volumetria autorizada para o manejo, de acordo com a Autorização para Exploração (AUTEX) de 2013. Na Tabela 2 observa-se que houve tendência de superestimação no estrato inferior ($H_c < 15,57$ m) e de subestimação no estrato superior ($H_c \geq 25,84$ m).

Na Figura 2 são apresentados os gráficos de dispersão e histogramas dos resíduos percentuais das estimativas volumétricas para os quatro casos analisados. Observa-se que os resíduos normalizados indicam uma tendência à superestimativa de volume. Constatou-se que o erro médio associado à estimativa de volume foi menor quando, na equação, a altura comercial correspondeu ao somatório do comprimento das toras (Caso III). Dessa forma, verificou-se que a equação ajustada para a referida UPA foi eficiente, pois, ao considerar o mínimo de erro na mensuração da variável altura comercial, o erro na estimativa volumétrica foi inferior. Com esse resultado presume-se que a acurácia na estimativa da altura comercial no inventário deve ser garantida para estimar com maior precisão a produção florestal. Para isso, uma alternativa indispensável apontada seria o investimento em treinamentos para as equipes de

inventário florestal, afim aperfeiçoar os manejadores e reduzir estimativas imprecisas.

Observou-se que a estimativa de volume com o fator de forma (Caso II) resultou no Caso menos eficiente, já que o erro associado à estimativa de volume foi superior às situações em que foi utilizada a equação para a referida área com dados do inventário e do romaneio e também a equação geral, confirmando a necessidade de utilizar equações específicas para as áreas manejadas. O Caso III demonstrou melhor distribuição dos resíduos, visto que estão menos dispersos e concentram-se nas menores porcentagens de erro. Além disso, o histograma do Caso III apresenta mais equilíbrio entre o erro superestimado e o subestimado e indicou menor tendência de superestimativa em relação aos

resultados obtidos nos histogramas dos casos I, II e IV. Os resultados apresentados na Tabela 3 mostram que o Caso IV apresentou amplitude de erro superior ao Caso III, confirmando a necessidade de utilização de equações específicas para áreas de manejo florestal.

De acordo com a análise de variância, os volumes obtidos pelos diferentes tratamentos diferiram estatisticamente (Tabela 4). Desse modo, foi aplicado o teste SNK ao nível de 95% de probabilidade e verificou-se que não houve diferença significativa entre calcular o volume através do fator de forma e por meio de uma equação geral, ou seja, estimar o volume com a equação genérica para a FNT é tão pouco eficiente quanto com o fator de forma (Tabela 5).

Tabela 1. Amplitude de erro na estimativa de altura comercial e média de erro na estimativa volumétrica por espécie.

Table 1. Amplitude error for estimating commercial height and mean error in volume estimation by species.

Nome regional	Nome Científico	Nº de indivíduos	Amplitude de Erro em Altura Comercial (%)	Erro em Volume (%)
Angelim pedra	<i>Hymenolobium petraeum</i> Ducke	47	-48,6 — +39,7	-17,7
Breu amescla	<i>Trattinnickia rhoifolia</i> Willd.	76	-36,5 — +42,5	-22,4
Cedro vermelho	<i>Cedrela odorata</i> L.	11	-42,5 — +26,6	12,1
Cedrorana	<i>Cedrelinga catenaeformis</i> Ducke	58	-48,6 — +48,4	-10,2
Fava amargosa	<i>Vatairea paraensis</i> Ducke	50	-43,0 — +44,7	0,4
Fava paricá	<i>Schizolobium amazonicum</i> Huber ex Ducke	28	-74,3 — +37,1	7,6
Fava timborana	<i>Pseudopiptadenia psilostachya</i> (Benth.) G.P.Lewis & L.Rico	93	-43,2 — +48,6	-13,0
Fava tucupi	<i>Parkia mulijuga</i> Benth.	23	-34,4 — +39,1	-29,6
Garapeira	<i>Apuleia moralis</i> Spruce ex Benth.	38	-43,7 — +39,9	10,4
Gombeira	<i>Swartzia grandifolia</i> Bong. ex Benth	19	-13,7 — +51,0	2,0
Ipê amarelo	<i>Handroanthus serratifolia</i> (Vahl) Nichols.	118	-70,8 — +70,6	2,9
Itaúba	<i>Mezilaurus itauba</i> (Meisn.) Taub. ex Mez	85	-116,3 — +48,0	-7,3
Jarana	<i>Lecythis lurida</i> (Miers) S.A.Mori	399	-72,6 — +63,8	-14,1
Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	244	-92,0 — +61,0	-16,8
Jutaí mirim	<i>Hymenaea parvifolia</i> Huber	100	-58,7 — +44,6	-8,2
Louro preto	<i>Ocotea baturitensis</i> Vattimo	44	-43,5 — +43,2	-11,3
Maçaranduba	<i>Manilkara huberi</i> (Ducke) Chevalier	149	-23,6 — +55,9	-10,1
Melancieira	<i>Alexa grandiflora</i> Ducke	254	-61,4 — +52,2	-7,2
Mirindiba	<i>Glycydendron amazonicum</i>	10	-54,2 — +28,7	11,5
Muiracatiara	<i>Astronium lecoitei</i> Ducke	42	-34,8 — +55,1	4,8
Mururé	<i>Brosimum acutifolium</i> Huber	18	-37,3 — +41,5	13,5
Quaruba	<i>Vochysia maxima</i> Ducke	363	-69,5 — +55,7	-18,8
Sapucaia	<i>Lecythis pisonis</i> Cambess.	38	-50,0 — +40,5	3,7
Sucupira amarela	<i>Diploptropis purpurea</i> (Rich.) Amshoff	11	-5,8 — +38,3	-19,9
Tatajuba	<i>Bagassa guianensis</i> Aubl.	133	-120,0 — +44,8	-8,1
Tuari	<i>Couratari guianensis</i> Aubl.	417	-91,4 — +57,1	-9,5

173

Tabela 2. Erro médio (%) na estimativa da variável altura comercial por estrato.

Table 2. Mean error (%) in the estimation of variable commercial height by stratum.

Estrato	Altura Superestimada	Altura Subestimada
	Erro Médio (%)	Erro Médio (%)
Inferior	26,05	16,93
Médio	10,68	18,99
Superior	2,19	23,47

Tabela 3. Amplitude e percentual médio de erro associado à estimativa de volume a partir dos quatro casos.

Table 3. Error of the average percentage and amplitude associated with the estimate of volume from the four cases.

Cenário	Amplitude de Erro em Altura Comercial (%)	Erro médio em Volume (%)
I	-73,8 — +154,2	-9,23
II	-100,0 — +211,8	9,87
III	-67,6 — +152,6	1,27
IV	-57,5 — +229,1	13,79

Tabela 4. Resultado da análise de variância aplicada aos tratamentos de obtenção do volume comercial.

Table 4. Results of analysis of variance applied to the obtaining of the commercial volume treatments.

Fonte da variação	GL	SQ	QM	F _{cal}	p
Tratamentos	3	1632	544,2	32,39	<0,0001
Resíduos	11472	172709	16,8		
Total	11475	174341			

Tabela 5. Teste SNK de comparação de médias dos tratamentos.

Table 5. Mean Comparison SNK test of the treatments.

Tratamentos	Média	SNK (5%)
T ₀	7,489360	b
T ₁	7,243371	c
T ₂	8,019626	a
T ₃	8,166360	a

em que: T₀ – Volume rigoroso cubado por Smalian; T₁ – Volume estimado pela equação ajustada para o POA 08 com dados de cubagem (COOMFLONA, 2013); T₂ – Volume estimado pelo fator de forma (HEINSDJIK & BASTOS, 1963); T₃ – Volume estimado pela equação geral ajustada para a FNT (SILVA et al., 1984).

Através das médias obtidas no teste SNK, observou-se ainda que o fator de forma e a equação geral superestimaram (7,08% e 9,04%, respectivamente) o volume rigoroso. Em contrapartida, o volume calculado por meio da equação específica com dados de romaneio subestimou (3,28%) o volume rigoroso com média mais aproximada. Considerando que não houve cubagem na UPA 08 para ajustar a equação específica, constatou-se que a equação utilizada, ajustada com dados de cubagem da UPA 07 localizada a, aproximadamente, 16 km de distância é adequada para estimar o volume de madeira.

O teste Qui-quadrado aplicado para validar a utilização de dados de cubagem da UPA 07 para o ajuste da equação para a UPA 08 mostrou não haver diferença significativa ao nível de 95% de probabilidade ($p= 0,4273$). Dessa forma, observa-se que o volume estimado com a equação ajustada com dados da UPA 07 é estatisticamente igual ao volume estimado com a equação ajustada com dados da UPA 08. Assim, pode-se utilizar a equação ajustada com dados da UPA da colheita

anterior para estimar o volume a ser retirado na próxima colheita.

Uma simulação representada na Tabela 6 demonstra, com base na análise dos dados, o quanto a porcentagem de erro na estimativa da altura comercial impacta no erro associado à estimativa volumétrica das espécies manejadas pela COOMFLONA.

Tabela 6. Impacto do erro na estimativa da altura comercial na eficiência da estimativa do volume das árvores manejadas.

Table 6. Impact of error in estimating the commercial height in the efficiency of the estimated volume of managed trees.

Erro médio na estimativa da altura comercial (%)	Erro em volume (%)
15	11,97
10	9,11
5	6,22
0	3,28

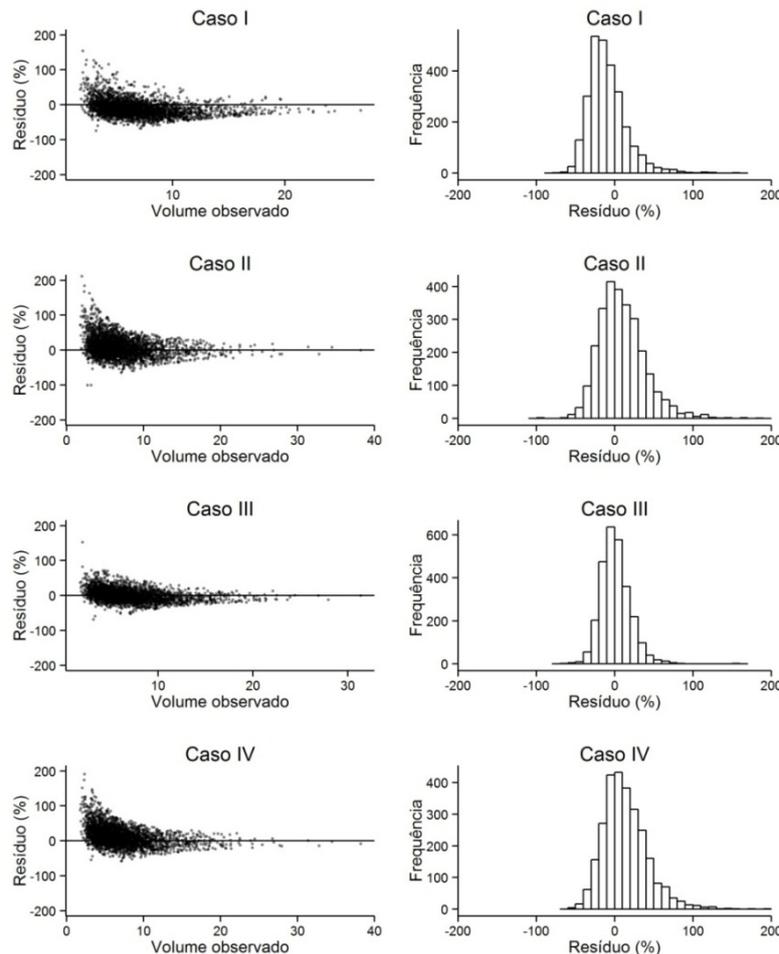


Figura 2. Distribuição dos resíduos associados à estimativa de volume para os quatro casos analisados. Caso I: Validação da equação de volume da UPA 07 para a UPA 08; Caso II: Comparação do volume obtido no romaneio (volume rigoroso) versus volume estimado por meio do fator de forma 0,7 desenvolvido por Heinsdjik & Bastos (1963) com dados do inventário florestal; Caso III: Comparação do volume obtido no romaneio (volume rigoroso) versus estimativa de volume com a equação ajustada para a área utilizando os dados de romaneio (comprimento das toras); Caso IV: Validação da equação geral para a Floresta Nacional do Tapajós, ajustada por Silva et al. (1984), para a UPA 08.

Figure 2. Distribution of the residues associated to the volume estimate for the four cases analyzed. Case I: Validation of the APU 07 volume equation for APU 08; Case II: Comparison of the volume obtained in the romaneio (rigorous volume) versus volume estimated by means of the form factor 0,7 developed by Heinsdjik & Bastos (1963) with forest inventory data; Case III: Comparison of the volume obtained in the romaneio (rigorous volume) versus volume estimate with the equation adjusted for the area using the romaneio data (length of the logs); Case IV: Validation of the general equation for the Tapajós National Forest, adjusted by Silva et al. (1984), for APU 08.

4. DISCUSSÃO

Com o uso da equação selecionada para o POA 08 foi estimado um volume de 25.837,45 m³ de madeira em tora, porém, o volume colhido foi de 21.714,87 m³, ou seja, 84,04% do volume autorizado para a exploração. A diferença foi de aproximadamente 4.122 m³ o que, em termos monetários, representou R\$ 907.000,00 (novecentos e sete mil reais), haja vista que o volume em tora comercializado pela COOMFLONA em 2013 foi de R\$220,00/m³(duzentos e vinte reais por metro cúbico).

No entanto, a análise dos resultados evidenciou a eficiência da equação na estimativa volumétrica, mas que a incerteza nas estimativas da altura comercial durante o inventário florestal impacta no erro em volume e compromete a extração total autorizada para a UPA, ou seja, a qualidade nos inventários é determinante na máxima utilização da área manejada.

A melhor distribuição dos resíduos ilustrada no Caso III também indica a eficiência da equação. Silva et al. (1984), ao selecionar equações de volume em uma área também situada no Km 67 da Rodovia BR 163, concluíram que as equações de dupla entrada foram mais precisas que as de uma entrada e desenvolveram uma equação genérica para a FNT. Contudo, os resultados apontam a necessidade de utilizar equações específicas para áreas de manejo florestal, uma vez que a estimativa através da equação geral acarretou maior amplitude de erro.

Considerando os casos analisados, é possível inferir que a equação utilizada foi eficiente para estimar o volume. O erro associado à mensuração da variável altura comercial influenciou na estimativa de volume, entretanto, considerando o mínimo de erro na obtenção da variável, o volume estimado correspondeu a 96,77% do volume colhido.

De acordo com Rolim et al. (2006), o uso do fator de forma 0,7 era comum para calcular o volume com casca das árvores da região na década de 80, por recomendação de Heinsdijk & Bastos (1963). No entanto, Schröder et al. (2013) afirma que o fator de forma 0,7 deve ser considerado um método defasado, uma vez que não produz estimativas precisas de volume. Além disso, a utilização de equações volumétricas é uma ferramenta básica na atividade florestal (ROLIM et al., 2006). Entretanto, ressalva-se que quando não se tem uma equação específica para a área a ser manejada é melhor utilizar o fator de forma do que uma equação geral, uma vez que os parâmetros estimados no ajuste das equações levam em consideração as características do sítio.

Conforme mencionado por Barreto et al. (2014), ainda são poucos os modelos volumétricos específicos para áreas de manejo florestal comunitário, como os ajustados para a FNT, e manejar a floresta com base em equações específicas para estimar o volume de madeira para cada local se faz necessário, já que as condições de solo, clima, relevo e as características das espécies, por exemplo, são naturalmente distintas e acabam sendo determinantes na relação entre as variáveis.

5. CONCLUSÕES

A equação utilizada para estimativa de volume de madeira colhido na FNT foi eficiente. Contudo, a mensuração errônea da variável altura comercial no inventário florestal influenciou na eficiência da equação.

Pode-se utilizar a equação ajustada com dados da UPA da colheita anterior para estimar o volume a ser retirado na próxima colheita.

É necessário ajustar equações específicas para as áreas de manejo florestal e investir no aperfeiçoamento das técnicas de estimativa da variável altura comercial e em treinamento dos trabalhadores envolvidos no inventário.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à COOMFLONA pelo apoio à realização desta pesquisa.

7. REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- 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, p. 21-329, 2014.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Decreto-lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 18 jul. 2000. Seção 1, p. 1.
- COOMFLONA – COOPERATIVA MISTA DA FLONA TAPAJÓS. **Plano Operacional Anual 08**. Santarém: COOMFLONA, 2013. 61p.
- ESPIRÍTO-SANTO, F. D. B.; SHIMABUKURO, Y. E.; ARAGÃO, L. E. O. C.; MACHADO, E. L. M. Análise da Composição florística e fitossociológica da floresta nacional do Tapajós com o apoio geográfico de imagens de satélites. *Acta Amazonica*, Manaus, v. 35, n. 2, p. 155-173, 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672005000200006>
- GAMA, J. R. V. **Manejo florestal em faixas alternadas para floresta ombrófila aberta no município de Codó, Estado do Maranhão**. 2004. 139f. Tese (Doctor Scientiae) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.
- HEINSDIJK, D.; BASTOS, A. M. Inventários florestais na Amazônia. *Boletim do Serviço Florestal*, Colombo, v.6, p. 1-100, 1963.
- IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Floresta Nacional do Tapajós: Plano de Manejo**. Brasília: IBAMA; 2004. 580p.
- LEITE, F. S. **Estimativa do volume de madeira a partir do diâmetro da cepa em uma área explorada de floresta amazônica de terra firme**. 2008. 81f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, Brasília. 2008.
- LEITE, H. G.; OLIVEIRA, F. H. T. Statistical procedure to test the identity of analytical methods. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v. 33, n. 8, p. 1105-1118, 2002.

- MACHADO, S. A.; URBANO, E.; CONCEIÇÃO, M.B. Comparação de métodos de estimativa de volume para *Pinus oocarpa* em diferentes idades regimes de desbastes. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 50, p. 81-98, 2005.
- MORO, M. F.; SANTOS, B. M.; PATIAS, J.; CARDOSO, D.; GODOY, L. P.; VINCENZI, S. L. Previsão de vendas: Uma aplicação do modelo Holt-Winters em uma indústria moveleira. **Revista Espacios**, Caracas, v. 37, n. 32, p. 1-2, 2016.
- MOURA, J. B. **Estudo de forma do fuste e comparação de métodos de estimativa volumétrica de espécies florestais da Amazônia Brasileira**. 1994. 132f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 1994.
- ROLIM, S. G.; COUTO, H. T. Z.; JESUS, R. M.; FRANÇA, J. T. Modelos volumétricos para a Floresta Nacional do Tapirapé-Aquiri, Serra dos Carajás (PA). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 36, n. 1, p. 107-114, 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672006000100013>
- SCHRÖDER, T.; PEREIRA, L. D.; HOFIÇO, N. S. A. Comparação de métodos de estimativa de Volume Total para *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 20, n. 4, p. 480-486, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/loram.2013.041>
- SCOLFORO, J. R. **Biometria Florestal; Parte 1: modelos de regressão linear e não linear; Parte II: modelos para relação hipsométrica, volume, afilamento e peso de matéria seca**. Lavras, ESAL/FAEPE, 2005. 352p.
- SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P.; LOPES, J. C. A.; CARVALHO, M. S. P. 1984. Equações de volume para a Floresta Nacional do Tapajós. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.9, p. 50-63, 1984.
- SILVA-RIBEIRO, R. B. **Quantificação e valoração de resíduos da colheita florestal na Floresta Nacional do Tapajós, Pará**. 2013. 91f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.
- 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**, Lavras, v. 20, n. 4, p. 605-612, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/01047760201420041400>
- SOUZA, A. L.; SOARES, C. P. B. **Florestas Nativas: estrutura, dinâmica e manejo**. 1.ed. Viçosa: Editora UFV, 2013. 322p.
- THAINES, F.; BRAZ, E. M.; MATTOS, P. P.; THAINES, A. A. R. Equações para estimativa do volume de madeira para a região da bacia do Rio Ituxi, Lábrea, AM. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 64, p. 283-289, 2010.
- THOMAS, C.; ANDRADE, C. M.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Comparação de equações volumétricas ajustadas com dados de cubagem e análise de tronco. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 3, p. 319-327, 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/19805098191>