



# III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

## UMA ALTERNATIVA PARA O AJUSTE DE EQUAÇÕES VOLUMÉTRICAS EM FLORESTAS TROPICAIS MADURAS DA AMAZÔNIA CENTRAL

Adriano Lima<sup>1</sup>

Bruna Oliveira dos Santos<sup>2</sup>

Letícia Cobello<sup>2</sup>

Francisco Higuchi<sup>3</sup>

Silvy Katrinne Santana de Moraes<sup>4</sup>

Márcio Rogério Amaral<sup>5</sup>

Mateus Bonadiman<sup>4</sup>

Joaquim dos Santos<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

<sup>3</sup> Hdom Engenharia e Projetos Ambientais

<sup>4</sup> Hdom Engenharia e Projetos Ambientais Ltda - EPP

<sup>5</sup> Hdom Engenharia e Projetos Ambientais Ltda. - EPP



## III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

### UMA ALTERNATIVA PARA O AJUSTE DE EQUAÇÕES VOLUMÉTRICAS EM FLORESTAS TROPICAIS MADURAS DA AMAZÔNIA CENTRAL

**Resumo:** O manejo florestal é considerado uma das principais alternativas do uso da terra para a contenção do desmatamento, especialmente na Amazônia. O planejamento adequado e garantia da sustentabilidade inicia pela estimativa de estoques, por meio de aplicação de equações volumétricas. Estas podem ser ajustadas por diferentes métodos, ex.: destrutivo ou da amostragem de árvores caídas naturalmente. No entanto, o setor produtivo ainda resiste a este método, questionando sua representatividade. O presente trabalho teve como objetivo avaliar se a amostragem de árvores caídas representa a floresta em pé. Para isso, foram consideradas duas localidades distintas no Amazonas: Manaus e São Gabriel da Cachoeira. Em ambas, foi realizada a cubagem rigorosa de árvores abatidas e caídas naturalmente. Para cada método foi testado o modelo linear de Husch por apresentar resultados satisfatórios em outros estudos. A equação de volume foi aplicada em arquivo de inventário florestal e comparado as médias geradas por meio da Análise de Variância (ANOVA). Os resultados da ANOVA apresentaram fracas evidências para rejeitar a hipótese nula em ambas as localidades amostradas ( $p > 0,05$  em ZF2;  $p > 0,7$  em SGC). Os ajustes, de todos os arquivos gerados apresentaram estatísticas aceitáveis ( $R^2_{aj.} > 0,8$  e  $Sy_{x\%} < 10\%$ ).

**Palavras chave:** árvores caídas; alometria; manejo florestal.

### AN ALTERNATIVE FOR VOLUMETRIC EQUATIONS ADJUSTMENT IN OLD-GROWTH TROPICAL FOREST IN CENTRAL AMAZON

**Abstract:** Forest management is considered one of the main alternatives of land use to contain deforestation, especially in the Amazon. Adequate planning and sustainability assurance starts by estimating dependent forest variables, i.e. bole volume of tree through the application of volumetric equations. These can be adjusted by different methods, such as destructive method or by sampling of naturally fallen trees. However, the productive sector still resists the latter method, questioning its representativeness. Therefore, the main objective of the present study was to evaluate if sampling fallen trees represent the standing forest. To do so, two distinct locations in Amazonas State (Brazil) were considered: Manaus and São Gabriel da Cachoeira. Both methods (destructive and sampling fallen trees) were standardized in both localities. Bole volume was determined by combination of Hohenadl and Smalian methods. Volumetric model adjusted was Husch's linear model due to results in other studies. The volume equation was applied in a forest inventory data and estimated mean was compared by Analysis of Variance (ANOVA). ANOVA test showed weak evidences that bole volume estimates are dependent ( $p > 0,05$  for ZF2;  $p > 0,7$  for SGC) from the origin of the raw data. The adjustments of all the generated files presented acceptable statistics ( $R^2_{adj.} > 0,8$  e  $Sy_{x\%} < 10\%$ ).

**Keywords:** fallen trees; destructive method; allometry; forest management.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





# III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

## 1. INTRODUÇÃO

A floresta amazônica brasileira é a maior reserva contínua de floresta tropical madura e abriga uma das maiores biodiversidades terrestres do mundo. Os superlativos estão sempre atrelados à Amazônia, seja em sua extensão (SKOLE e TUCKER, 1993), sua capacidade de trocas gasosas com a atmosfera (BAKER et al., 2004) e no ritmo da alteração de sua paisagem. Até o ano de 2014, mais de 770 mil km<sup>2</sup> de área de floresta foram substituídos por outros usos da terra (INPE-PRODES, 2016), especialmente para o setor agropecuário (SOARES-FILHO et al., 2005). No entanto, uma parte significativa do desmatamento e degradação florestal na região é considerada ilegal e, conseqüentemente, estas áreas foram abandonadas e sua exploração não contribui com o desenvolvimento da região (HIGUCHI, 2006).

A presença de governança é considerada a alternativa mais eficaz para a contenção e prevenção do desmatamento e/ou degradação florestal ilegal (NEPSTAD et al., 2002; SOARES-FILHO et al., 2004). No entanto, “governança” não se limita à presença do Estado (instituições governamentais). A implantação de um sistema de manejo da floresta, por meio de projetos de extração de produtos (madeira e não madeireiros) de forma planejada, por exemplo, é a opção mais adequada para a manutenção da floresta em pé.

Para o manejo florestal, a principal variável de planejamento é o “volume de madeira”. Esta informação é imprescindível para a elaboração de um Plano de Manejo Florestal (PMF), de modo a permitir o planejamento da produção e determinar a viabilidade econômica do projeto. A estimativa do estoque de volume de madeira é geralmente realizada por meio de aplicação de equações volumétricas nos dados individuais do inventário florestal. No entanto, o método tradicional de ajuste de equações é, comumente, traduzido pelo método destrutivo, que requer o corte e derrubada de árvores. Quando o processo de cubagem é realizado na etapa inicial, além de oneroso (especialmente se anteceder qualquer operação que gere faturamento ao projeto), pode ser considerada degradadora (HUANG et al., 2008) e oferece riscos a equipe em campo.

A amostragem de árvores caídas naturalmente apresenta-se como uma alternativa segura e menos dispendiosa. Mesmo com trabalhos científicos corroborando sua eficácia (LIMA, 2010, ROCHA, 2010; HIGUCHI et al., 2015), este método ainda sofre resistência no setor florestal, onde a principal indagação é a “representatividade deste método”. Desta forma, o objetivo central do presente trabalho foi identificar se a amostragem de árvores caídas, para a cubagem rigorosa e ajuste de equações de volume, representa significativamente a floresta em pé. Para isso, foram considerados dois arquivos de dados, coletados pelos dois métodos: destrutivo e amostragem de árvores caídas. A equação de cada método foi aplicada no arquivo do inventário florestal e realizada uma Análise de Variância (ANOVA) das médias estimadas. De modo a assegurar a consistência estatística, foram considerados duas localidades amostrais em áreas distintas no Amazonas.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Localização e caracterização das áreas de estudo

O estudo foi realizado em duas localidades distintas do estado do Amazonas (Figura 1), distantes a, aproximadamente, 850 km em linha reta um do outro, nos municípios de Manaus (2° 35' 55,5"S a 60° 02' 14,8"W) e São Gabriel da Cachoeira (0° 7' 5.55"S e 67° 5' 4.87"O). A vegetação em ambas as áreas é caracterizada como

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





# III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

floresta tropical madura de terra firme, caracterizada pela alta diversidade florística, com predominância de leguminosas e espécies hiperdominantes (STEEGE et al., 2013). Em Manaus (ZF2) a floresta possui dossel de altura variando de 30 a 40 metros. Em São Gabriel (SGC), a floresta apresenta afloramentos rochosos e possui áreas de transição entre Floresta para Campinaranas e Campinas.

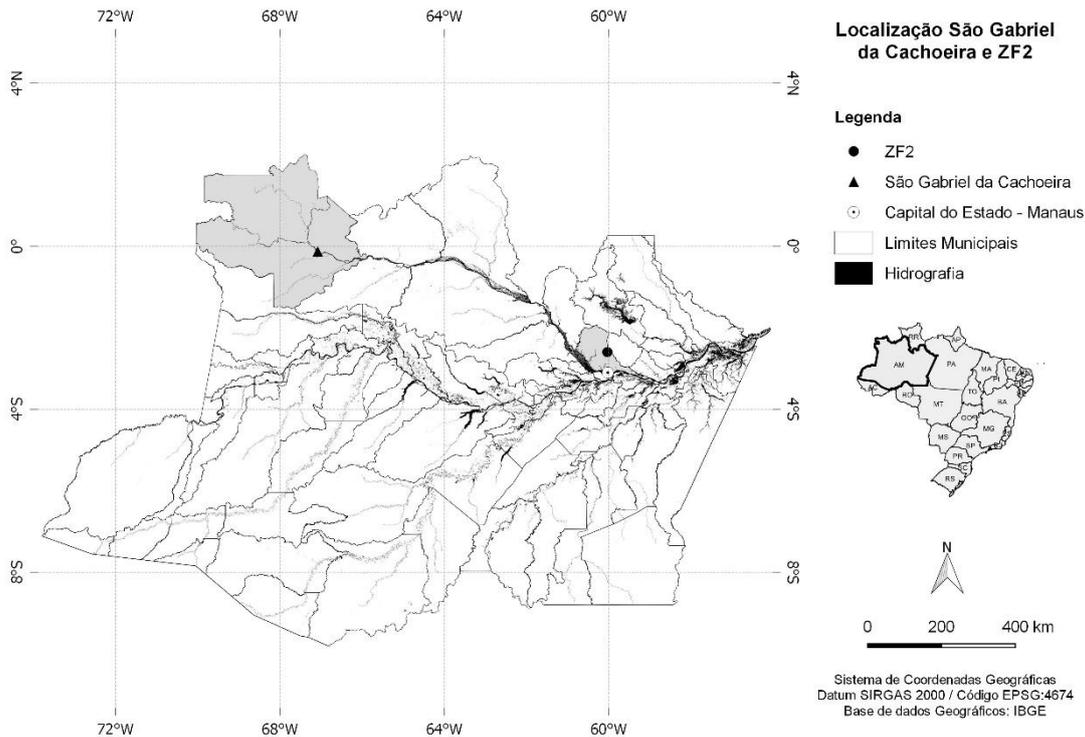


Figura 1. Localização geográfica das localidades da amostragem.

## 2.2. Amostragem

### 2.2.1. Inventário de árvores caídas naturalmente

O inventário de árvores caídas não contou com área fixa. A amostragem foi realizada considerando que todo indivíduo (árvore) encontrado em campo tratava-se de uma amostra. Os dados coletados e os critérios de seleção para amostragens das árvores caídas seguiram as premissas discutidas em Rocha (2010) e Higuchi et al. (2015). Ao todo, foram amostradas 130 árvores caídas nos dois sítios combinados: 78 SGC e 52 ZF2, todas com diâmetro mínimo de 10 cm. A distribuição diamétrica das árvores amostradas apresentaram leve tendência de um comportamento exponencial negativo, distribuição em “j-reverso” (Figura 2).

### 2.2.2. Método destrutivo

Foram delimitadas e instaladas unidades amostrais (parcelas) de área fixa de 100 m<sup>2</sup> (10 x 10 m) cada (SANTOS, 1996; SILVA, 2007) e realizado o inventário florestal em cada uma, por meio da mensuração dos diâmetros (DAP) e identificação dendrológica. Em seguida, todas as árvores foram cortadas e derrubadas, seguindo orientações

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





# III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

técnicas de corte direcionado, para evitar danos excessivos às demais árvores ao redor. Após a derrubada das árvores, foram mensuradas as alturas de fuste e total (HF e HT, respectivamente) por meio de um trena métrica. Ao todo, o método destrutivo contou com 131 árvores (DAP  $\geq$  10 cm), destas: 59 em SGC e 72 em ZF2, com DAPs variando de 10 cm até 63 e 85 cm, em SGC e ZF2, respectivamente.

Na amostragem destrutiva em SGC, foram identificadas 49 espécies diferentes, com destaque para: *Pterocarpus officinalis* Jacq. (11 indivíduos), *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke e *Virola* sp. (ambas com 7 indivíduos), todas as demais apresentaram “n” inferior à 5 indivíduos. Em ZF2, foram identificadas 52 espécies, no entanto, nenhuma apresentou “n-amostal” superior à 3 (três) indivíduos, destaque para: *Micrandropsis scleroxylon* W.Rodr; *Senefeldera macrophylla* Ducke e *Eschweilera* sp. todas com apenas 3 indivíduos cada. Como o número de representantes por espécie específica foi inferior à 30 (trinta) indivíduos, considerou-se insuficiente para o ajuste de equações espécie-específica. Em termos de estrutura horizontal, a distribuição diamétrica do arquivo de dados seguiu o comportamento padrão da floresta em pé (Figura 2).

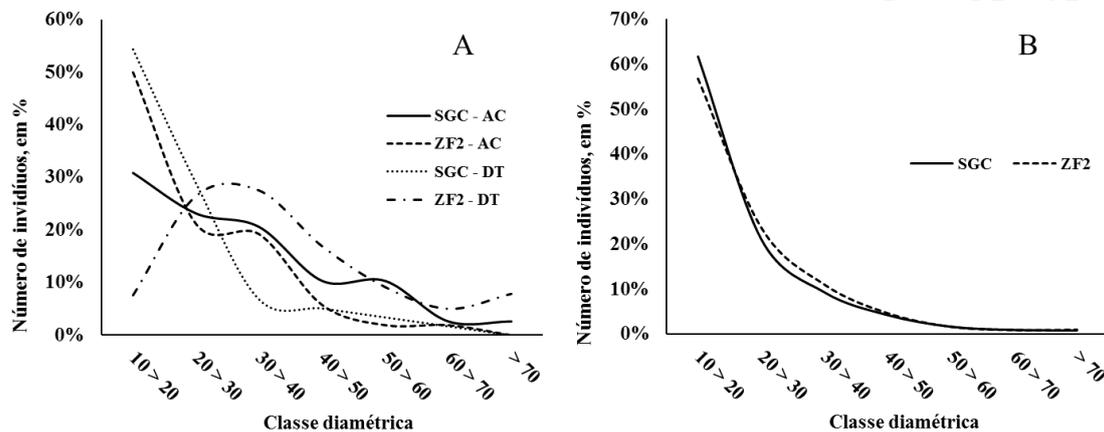


Figura 2. (A) Distribuição diamétrica das árvores cubadas, de acordo com seu respectivo método de amostragem: SGC – AC = árvores caídas naturalmente em São Gabriel da Cachoeira (SGC); SGC – DT = método destrutivo em SGC; ZF2 – AC = árvores caídas naturalmente em Manaus (ZF2); e ZF2 – DT = método destrutivo em ZF2; (B) distribuição diamétrica da floresta em pé, de acordo com o inventário florestal, por localidade.

### 2.3. Cubagem rigorosa e determinação do volume com casca

Os volumes individuais foram determinados por meio da cubagem rigorosa, com base nos métodos combinados de Smalian e Hohenadl, conforme descrito em Rocha (2010) e Higuchi et al. (2015). O fuste de cada árvore foi determinado da base até o início da copa. Em seguida, o mesmo foi dividido em dez seções do mesmo comprimento (método Hohenadl) e os diâmetros de cada extremidade mensurados e calculado sua média para compor o cálculo do volume da seção – fórmula matemática do cilindro (método Smalian). O volume total do fuste foi calculado pela soma do volume das dez seções de cada indivíduo. Não houve alteração no método de determinação do volume de tora com casca entre a amostragem de árvores caídas e o método destrutivo.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





## III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

### 2.4. Análise de regressão e ajuste de modelo volumétrico

Com base nos dados de volumetria, foi testado apenas o modelo linear de Husch:

$$\ln Vol = \beta_0 + \beta_1 \times \ln DAP$$

Em que:

$\ln$  = logaritmo neperiano

Vol = volume de tora com casa, em metros cúbicos ( $m^3$ )

$\beta_0$  e  $\beta_1$  = constantes da equação

DAP = diâmetro a 1,3 m dos solos, em centímetros (cm)

O modelo escolhido, em estudos similares, apresentou resultados satisfatórios (BARROS e SILVA JR., 2009; COLPINI et al., 2009; THAINES et al., 2010) na comparação de múltiplos modelos ajustados em áreas de floresta tropical. Para avaliar a representatividade da amostragem de árvores caídas, em relação à estrutura da floresta em pé e a heterogeneidade florística do bioma, foram ajustadas uma equação para cada conjunto de dados de cada método distinto (Tabela 1).

Tabela 1. Descrição do método de análise de regressão de cada conjunto de dados.

| Método                      | Dados                                  | Descrição   |
|-----------------------------|--|---|
| Destrutivo                  | Geral                                  | Todo o arquivo, independente de espécie ou distribuição diamétrica.                             |
| Árvores caídas naturalmente | Geral                                  | Todo o arquivo, independente de espécie ou distribuição diamétrica.                             |
|                             | Proporcional à distribuição diamétrica | Estratificação do arquivo para que o mesmo apresente uma distribuição similar à floresta em pé. |

### 2.5. Teste da representatividade

Para avaliar a representatividade da amostragem de árvores caídas naturalmente, para cubagem rigorosa e análise de regressão e ajuste de modelos volumétricos, foram realizados dois testes paralelos: Análise de Variância (ANOVA) da estimativa do volume individual por meio das equações ajustadas com base nos dados destrutivos e da amostragem de árvores caídas.

#### 2.5.1. Análise de Variância (ANOVA)

Dos dados de cubagem, coletados por cada método, foi realizado uma ANOVA dentro das localidades para analisar se há diferença estatística significativa. Caso a hipótese nula (de igualdade) seja rejeitada, será evidência de que diferentes métodos podem produzir diferentes resultados. Não houve comparação entre localidades, o foco da nossa pesquisa é apenas avaliar se o método de amostragem de árvores caídas naturalmente representa a floresta em pé.

Ainda, em cada uma das localidades (SGC e ZF2), foi realizado um inventário florestal amostral, por meio da instalação de unidades amostrais de área fixa (HIGUCHI et al., 1982; HIGUCHI 1986-87; OLIVEIRA et al., 2014). Do inventário florestal, foram mensuradas todas as árvores com DAP  $\geq$  10 cm e identificadas

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





# III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

dendrológicamente (identificação por meio do nome popular, corroborada por coletas dendrológicas – caracterização morfológica e coleta de exsicatas). Em SGC foram instaladas e mensuradas 100 parcelas e em ZF2 32, totalizando uma amostragem de 25 e 8 hectares, respectivamente.

Em cada arquivo destes dados, foi aplicada as duas equações ajustadas e estimado o volume individual de todas as árvores mensuradas. Em seguida, os valores foram agrupados por parcela e aplicado a ANOVA entre as médias geradas por cada equação (ajustada com base nos dois métodos testados – destrutivo e amostragem de árvores caídas). Caso o resultado da ANOVA aponte para rejeição da hipótese nula (igualdade das médias), será indício de que um método não representa o outro.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. Ajuste de equações

Para o atual conjunto de dados, não foi possível ajustar equações “espécie-específica”, uma vez que número de representantes por espécie foi insuficiente ( $n < 30$ ). Além disso, a comparação da análise florística do Inventário Florestal com os dados do método destrutivo, demonstrou que o esforço amostral para conseguir um arquivo grande o suficiente para o ajuste específico é, de acordo com nosso trabalho, inviável. Os estudos acerca da diversidade florística na região amazônica apontam para estimativas de destaque. Steege et al. (2013) estimaram que há mais de 13 mil espécies no bioma amazônico; Jardim e Hosokawa (1980) amostraram 8 hectares na estação experimental de silvicultura tropical do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA (ZF2) e identificaram 324 espécies, enquanto Carneiro (2004), na mesma área, aumentou o esforço amostral para 10 hectares e identificou 737 gêneros distintos.

Diante dos números apresentados por cada levantamento (52 e 45 espécies, em ZF2 e SGC respectivamente), o esforço amostral para constituir um arquivo de dados diverso o suficiente teria que ser, pelo menos, 6,2x e 7,2x para ZF2 e SGC, respectivamente. Para o ajuste de equações espécie-específicas é preciso contar com a densidade de indivíduos de cada espécie, suficiente para a análise de regressão, esta amostragem teria que ser ainda maior. Além disso, a distribuição diamétrica dos indivíduos de cada espécie varia. Há registro de espécies que apresentam a distribuição padrão de florestas naturais, no entanto, em outros casos a distribuição tende a ser multimodal, relação encontrada em outros estudos como Higuchi (2015).

Desse modo, o ajuste das equações foi geral – independente de espécies. De um modo geral, todos os ajustes apresentaram estatísticas satisfatórias (Tabela 2). Em termos de “qualidade” das equações geradas, não houve uma diferença substancial entre os valores gerados de coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{adj.}$ ) ou Erro Padrão da Estimativa ( $Sy_{x\%}$ ) no processo de regressão dos dados “destrutivos” e de “árvores caídas”. A análise comparativa dos resultados com outros trabalhos, quando se trata de estatísticas de ajustes, é particularmente complicada, especialmente quando se trata do “erro”. Muitos trabalhos apresentam os níveis de erro como: Quadrado Médio do Erro (QMerro), ou Erro Padrão (SEE), ou Erro Padrão da Estimativa ( $Sy_x$ ), ou a sua versão relativa, em % ( $Sy_{x\%}$ ) e até pelo Coeficiente de Variação, em % (CV).

Nossos resultados foram similares com outros trabalhos da mesma natureza, o que demonstra que nossos dados correspondem ao padrão deste tipo de estudo na Amazônia. São eles: Higuchi e Ramm (1985), ajustaram uma dezena de modelos e atingiram resultados entre 0,89 a 0,98 e 0,072 a 2,7 para  $R^2_{adj.}$  e erro padrão ajustado ( $SEE_{adj.}$ ), respectivamente; Rolim et al. (2006) ao ajustar o mesmo modelo (Husch

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





# III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

linearizado) chegaram aos valores de 0,91 e 0,44 para  $R^2_{adj.}$  e erro padrão da estimativa (Syx), respectivamente; Barros e Silva Jr. (2009), considerando o mesmo modelo, apresentaram resultados bem abaixo ( $R^2_{adj.} < 0,7$  e  $Syx > 0,03$ ); Colpini et al. (2009) avaliaram múltiplos modelos e atingiram resultados similares à nossa pesquisa ( $R^2_{adj.}$  entre 0,922 e 0,970 /  $Syx$  entre 1,08 e 1,75); Silva et al. (2011) concentraram a amostragem nas árvores com diâmetros acima de 49 cm, ou seja, dando ênfase às árvores passíveis de exploração, de acordo com a legislação vigente. Os autores ajustaram oito modelos e os resultados dos ajustes foram:  $R^2_{adj.}$  entre 0,94 e 0,96 e Coeficiente de Variação (CV) entre 10,47 e 15,44.

Tabela 2. Resultado da análise de regressão para o ajuste do modelo para os dados destrutivos e da amostragem de árvores caídas das florestas de Manaus (MAO) e São Gabriel da Cachoeira (SGC).

| Sítio | Fonte | N   | a      | b     | $R^2_{adj.}$ | $QM_{erro}$ | Syx    | Syx% |
|-------|-------|-----|--------|-------|--------------|-------------|--------|------|
| SGC   | D     | 58  | -8,187 | 2,248 | 0,934        | 0,0147      | 0,0158 | 3,74 |
|       | A/C   | 100 | -8,113 | 2,244 | 0,941        | 0,1467      | 0,0381 | 3,85 |
| MAO   | D     | 72  | -8,237 | 2,333 | 0,956        | 0,2491      | 0,0588 | 7,59 |
|       | A/C   | 52  | -7,758 | 2,174 | 0,949        | 0,0353      | 0,0222 | 3,92 |

Sítio = localidade amostrada; Fonte = tipo do método que gerou os dados; D = Método destrutivo; A/C = amostragem de árvores caídas naturalmente; N = número de indivíduos amostrados; "a" e "b" = coeficientes de regressão;  $R^2_{adj.}$  = coeficiente de determinação;  $QM_{erro}$  = quadrado médio do erro; Syx = erro padrão da estimativa; Syx% = erro padrão da estimativa em %.

## 3.2. Análise Comparativa

A ANOVA aplicada entre os valores de cubagem apresentaram fracas evidências para rejeitar a hipótese nula em ambas as localidades amostradas ( $p > 0,05$  em ZF2;  $p > 0,7$  em SGC) (Figura 3).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





# III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

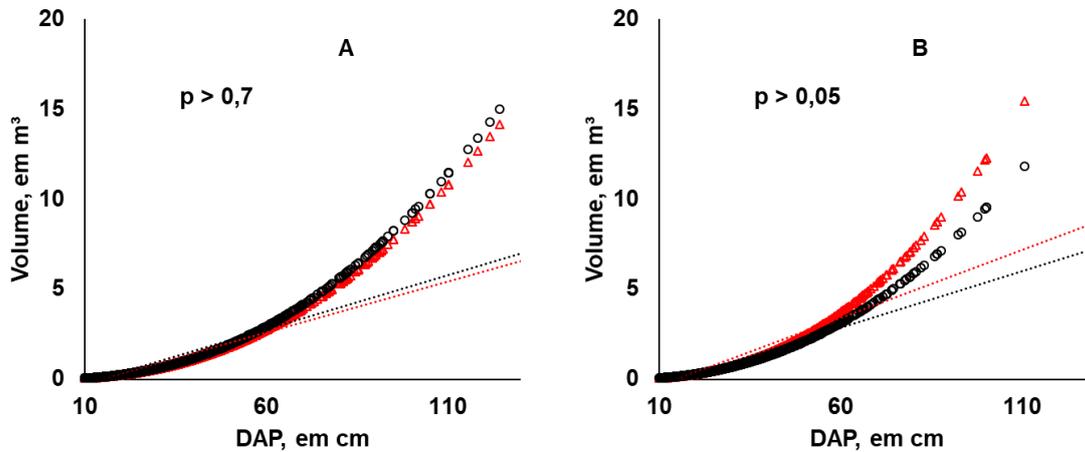


Figura 3. Distribuição do volume, por DAP, de acordo com o método de aquisição de dados, onde: triângulo vermelho = método destrutivo; círculos pretos = amostragem de árvores caídas, para ambos os sítios: A = SGC e B = ZF2.

Os resultados da ANOVA sugerem que modelos ajustados por meio da análise de regressão, independentes da fonte dos dados, seja ela pelo método destrutivo ou pela amostragem de árvores caídas naturalmente, tendem a gerar equações estatisticamente iguais. Logo, em termos de relação custo x benefício, a aplicação do método de árvores caídas é uma poderosa ferramenta para estudos de viabilidade econômica de planos de manejo em áreas de florestas maduras. Na prática, a aplicação de cada equação no arquivo do inventário florestal resultou em médias similares dentro de cada sítio amostrado.

Em São Gabriel da Cachoeira a média de volume, por unidade amostral (0,25 ha), foi estimada em:  $54,1 \text{ m}^3 (\pm 3,0)$  e  $57,3 \text{ m}^3 (\pm 3,1)$  considerando a equação ajustada com base nos dados destrutivos e oriundos da amostragem de árvores caídas, respectivamente. Em Manaus (ZF2), as médias estimadas pelas equações, destrutiva e árvores caídas, foram:  $74,3 \text{ m}^3 (\pm 5,4)$  e  $67,9 \text{ m}^3 (\pm 4,6)$ , respectivamente. A comparação das médias geradas em cada localidade, por meio da ANOVA, apresentou fracas evidências para que as hipóteses nulas fossem descartadas (nível de significância de 5% ou 1%), sugerindo então que: independentemente da fonte de dados, para o ajuste de equações volumétricas, as médias estimadas tendem a ser estatisticamente iguais (Figura 4).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





## III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

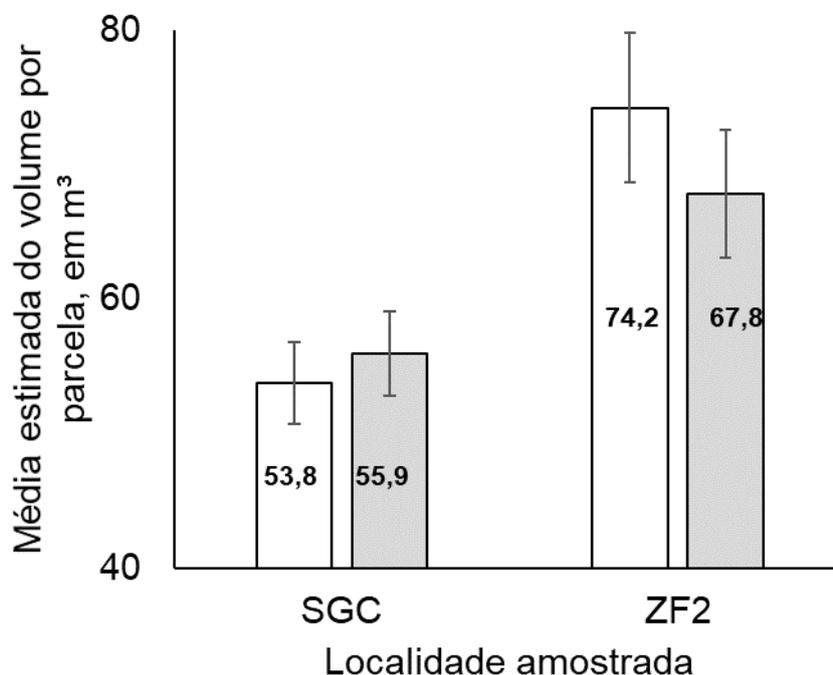


Figura 4. Média do volume estimado, em m<sup>3</sup> por unidade amostral, para cada localidade amostrada, onde: as barras sem preenchimento representam as médias estimadas com base na equação ajustada com dados do método destrutivo; barras com preenchimento cinza as médias com base na equação das árvores caídas; barra de erros são equivalentes ao Intervalo de Confiança (95%); valor de “p” é o resultado da ANOVA, da comparação das médias.

#### 4. Conclusão

A partir deste trabalho, foi possível concluir:

- O método de amostragem de árvores caídas naturalmente para a cubagem rigorosa e ajuste de equações volumétricas sítio-específicas é uma alternativa importante para a viabilização de projetos de manejo florestal na Amazônia, simples, barato e representativo (estatisticamente comprovado) não há justificativa para utilizar equações de literatura;
- A similaridade dos resultados encontrados nas duas localidades amostradas, em pontos opostos do estado do Amazonas, é razoável supor que esta relação (representatividade da amostragem de árvores caídas naturalmente) é consistente para outras localidades. No entanto, recomenda-se a ampliação deste estudo em outras sub-regiões do Amazonas;
- Para as agências de fiscalização e monitoramento ambiental, a aplicação do método de amostragem de árvores caídas naturalmente e o ajuste de equações volumétricas específicas pode contribuir para a credibilidade dos diagnósticos específicos para análise técnica de planos de Manejo florestal.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





## III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

### 5. Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM); ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), representado pelo Laboratório de Manejo Florestal (LMF); Hdom Engenharia e Projetos Ambientais Ltda. (Hdom); e a todos os profissionais que participaram direta e indiretamente para a realização deste trabalho, nosso agradecimento.

### 6. Referências

BAKER, T. R.; PHILLIPS, O. L.; MALHI, Y.; ALMEIDA, S.; ARROYO, L.; Di FIORE, A.; ERWIN, T.; HIGUCHI, N. KILLEEN, T. J.; LAURANCE, S. G.; LAURANCE, W. F.; LEWIS, S. L.; MONTEAGUDO, A.; NEILL, D. A.; VARGAS, P. N.; PITMAN, N. C. A.; SILVA, J. N. M.; MARTINEZ, R. V. 2004. Increasing biomass in Amazonian forest plots. **The Royal Society**, 359:353-365.

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

CARNEIRO, V. M. C. **Composição florística e análise estrutural da floresta primária de terra firme na bacia do rio Cueiras, Manaus – AM**. Dissertação de mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Manaus, p. 77, 2004.

COLPINI, C.; TRAVAGIN, D. P.; SOARES, T. S.; SILVA, V. S. M. 2009. Determinação do volume, do fator de forma e da porcentagem de casa de árvores individuais em uma floresta ombrófila aberta na região noroeste de Mato Grosso. **Acta Amazonica**. Vol. 39 (1), 97-104.

HIGUCHI, N. 1986-87. Amostragem sistemática versus amostragem aleatória em floresta tropical úmida de terra-firme na região de Manaus. **Acta Amazonica**, 16/17 (único): 393-400.

HIGUCHI, N. O desmatamento insustentável na Amazônia. **Ciência Hoje**. v. 39, p. 67-71, Ed. Novembro – 2006.

HIGUCHI, N.; RAMM, W. 1985. Developing bole wood volume equations for a group of tree species of Central Amazon (Brazil). **Commonw. For. Rev.** 64(1). 33-41.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J. dos; JARDIM, F. C. S. 1982. Tamanho de parcela amostral para inventários florestais. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 12, n. 1, p. 91-103.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





## III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

HIGUCHI, F. G.; NAKAJIMA, N. Y.; MACHADO, S. A.; SANTOS, J.; LIMA, A. J. N.; HIGUCHI, N. 2015. The Use of Natural Fallen Trees in Mature Tropical Amazonian Forest for Volumetric Regression Analysis and Volume Equations Adjustment. **Aust. J. Basic & Appl. Sci.** 9(31): 342-348.

HUANG, M.; ASNER, G. P.; KELLER, M.; BERRY, J. A. 2008. An ecosystem model for tropical forest disturbance and selective logging. **J. Geophys. Res.**, 113, G01002, doi: 10.1029/2007JG000438.

JARDIM, F. C. S.; HOSOKAWA, R. T. 1986/87. Estrutura da floresta equatorial úmida da estação experimental de silvicultura tropical do INPA. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 16/17, n. único, p. 411-507.

LIMA, J. A. N. **Avaliação de um sistema de inventário florestal contínuo em áreas manejadas e não manejadas do estado do Amazonas (AM)**. 183 p. Tese (Doutorado em Ciências de Florestas Tropicais). Inst. Nac. de Pesq. Amazônia (INPA). Manaus, 2010.

NEPSTAD, D.; McGRATH, D.; ALENCAR, A.; BARROS, A. C.; CARVALHO, G.; SANTILLI, M.; VERA DIAZ, M. del. 2002. Frontier Governance in Amazonia. **Science**. New York, Vol. 295, 629-631.

OLIVEIRA, M. M.; HIGUCHI, N.; CELES, C. H.; HIGUCHI, F. G. 2014. Tamanho e formas de parcelas para inventários florestais de espécies arbóreas na Amazônia Central. **Ciência Florestal**. Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 645-653.

PRODES – Monitoramento da floresta amazônica brasileira por satélite – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE., disponível em <http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>, acesso em 2016.

ROCHA, J. de A. **Madeira caída como oportunidade para o manejo florestal comunitário em unidades de conservação no Amazonas, Brasil**. Dissertação de mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Manaus. X p. 2010.

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

SANTOS, J. dos. **Análise de modelos de regressão para estimar a fitomassa da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia Brasileira**. 121 p. Tese de Doutorado - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. 1996.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





## III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

SILVA, R. P. da. **Alometria, estoque e dinâmica da biomassa de florestas primárias e secundárias na região de Manaus (AM)**. 152 p. Tese de Doutorado. Programa Integrado de Pós-graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais (INPA), Manaus, 2007.

SILVA, E. N.; SANTANA, A. C.; QUEIROZ, W. T.; SOUSA, R. J. 2011. Estimação de equações volumétricas para árvores de valor comercial em Paragominas, estado do Pará. **Amazônia: Ciência e Desenvolvimento**. Belém, v. 7, b. 13. p. 7-18.

SKOLE, D.; TUCKER, C. 1993. Tropical deforestation and habitat fragmentation in the Amazon. Satellite data from 1978 to 1988. **Forest Science**, Lawrence, v. 260, p. 1905-1910.

SOARES-FILHO, B. S.; NEPSTAD, D. C.; CURRAN, L.; CERQUEIRA, G. C.; GARCIA, R. A.; RAMOS, C. A.; VOLI, E.; MCDONALD, A.; LEFEBVRE, O.; SCHLEISINGER, P.; MCGRATH, D. 2005. Cenários de desmatamento para a Amazônia. **Estudos Avançados**. 19 (54). 137-152.

TER STEEGE, H.; PITMAN, N. C. A.; SABATIER, D.; BARALOTO, C.; SALOMÃO, R. P.; GUEVARA, J. E.; PHILLIPS, O. L.; CASTILHO, C. V.; MAGNUSSON, W. E.; MOLINO, J-F.; MONTEAGUDO, A.; VARGAS, P. N.; MONTERO, J. C.; FELDPAUSCH, T. R.; CORONADO, E. N. H.; KILLEEN, T. J.; MOSTACEDO, B.; VASQUEZ, R.; ASSIS, R. L.; TERBORGH, J.; WITTMANN, F.; ANDRADE, A.; LAURANCE, W. F.; LAURANCE, S. G. W.; MARIMON, B. S.; MARIMON Jr., B-H.; VIEIRA, I. C. G.; AMARAL, I. L.; BRIENEN, R.; CASTELLANOS, H.; LÓPEZ, D. C.; DUIVENVOORDEN, J. F.; MOGOLLÓN, H. F.; MATOS, F. D. de A.; DÁVILA, N.; GARCÍA-VILLACORTA, R.; DIAZ, P. R. S.; COSTA, F.; EMILIO, T.; LEVIS, C.; SCHIETTI, J.; SOUZA, P.; ALONSO, A.; DALLMEIER, F.; MONTOYA, A. J. D.; PIEDADE, M. T. F.; ARAUJO-MURAKAMI, A.; ARROYO, L.; GRIBEL, R. FINE, P. V. A.; PERES, C. A.; TOLEDO, M.; AYMARD, G. A. C.; BAKER, T. R.; CERÓN, C.; ENGEL, J.; HENKEL, T. W.; MAAS, P.; PETRONELLI, P.; STROPP, J.; ZARTMAN, C. E.; DALY, D.; NEILL, D.; SILVEIRA, M.; PAREDES, M. R.; CHAVE, J.; LIMA FILHO, D. de A.; JØRGENSEN, P. M.; FUENTES, A.; SCHÖNGART, J.; VALVERDE, F. C.; FIORE, A. Di.; JIMENEZ, E. M.; MORA, M. C. P.; PHILLIPS, J. F.; RIVAS, G.; ANDEL, T. R. van; HILDEBRAND, P. von; HOFFMAN, B.; ZENT, E. L.; MALHI, Y.; PRIETO, A.; RUDAS, A.; RUSCHELL, A. R.; SILVA, N.; VOS, V.; ZENT, S.; OLIVEIRA, A. A.; SCHUTZ, A. C.; GONZALES, T.; NASCIMENTO, M. T.; RAMIREZ-ANGULO, H.; SIERRA, R.; TIRADO, M.; MEDINA, M. N. U.; HEIJDEN, G. van DER; VELA, C. I. A.; TORRE, E. V.; VRIESENDORP, C.; WANG, O.; YOUNG, K. R.; BAIDER, C.; BALSLEV, H.; FERREIRA, C.; MESONES, I.; TORRES-LEZAMA, A.; GIRALDO, L. E. U.; ZAGT, R.; ALEXIADES, M. N.; HERNANDEZ, L.; HUAMANTUPA-CHUQUIMACO, I.; MILLIKEN, W.; CUENCA, W. P.; PAULETTO, D.; SANDOVAL, E. V.; GAMARRA, L. V.; DEXTER, K. G.; FEELEY, K.; LOPEZ-GONZALEZ, G.; SILMAN, M. R. 2013. Hyperdominance in the Amazonian tree flora. **Science**. New York, Vol. 342, 324-343.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





# III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

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



REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO

