



Ajuste de equações hipsométricas, volumétricas, de biomassa e carbono do fuste de árvores utilizadas na arborização urbana no Parque da Maternidade em Rio Branco-Acre

Victor Ygor de Melo Lima^{1*}, Ana Luísa Dias de Araújo², Marco Antonio Amaro³

¹Bacharelado em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Acre, Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Rio Branco, Acre, Brasil, ²Discente da Engenharia Florestal da Universidade Federal do Acre, Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Rio Branco, Acre, Brasil. ³Professor da Universidade Federal do Acre, Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Rio Branco, Acre, Brasil.

*victorious1196@hotmail.com

Recebido em: 06/07/2020

Aceito em: 29/07/2020

Publicado em: 24/08/2020

RESUMO

Como importante componente biótico nas cidades, a arborização urbana proporciona diversos benefícios, constituindo fator determinante da salubridade ambiental. Entretanto, há poucos estudos que forneçam informações quantitativas sobre sua vegetação. Neste contexto, o trabalho tem como intuito ajustar equações para estimativa de altura, volume, biomassa e carbono do fuste das espécies arbóreas utilizadas na arborização urbana do Parque da Maternidade de Rio Branco – AC. Os dados foram coletados através de inventário sistemático e processados no software “Statistica v.10.0”. O ajuste foi realizado com base nos modelos de Soares et al. (2011), Schumacher e Hall (1933), Spurr (1952), Avery e Burkhart (1994). Como critérios de seleção adotou-se o coeficiente de determinação (R^2), coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj} %), erro-padrão da estimativa ($S_{y.x}$ %) e análise gráfica dos resíduos (E%). A análise dos critérios indicou a equação (3) $\text{LnH} = 0,821017 + (-0,038348 \cdot \text{LnDAP})$ como superior as demais para altura do fuste. Para o volume, a equação (1) $\text{Vol} = 0,001462 \cdot \text{DAP}^{1,248727} \cdot \text{H}^{0,901140}$ apresentou valores estatísticos superiores as demais testadas. As equações provenientes do modelo de Spurr (1952) obtiveram desempenho superior na estimativa de biomassa e carbono do fuste das espécies presentes no Parque da Maternidade, sendo, portanto, as mais indicadas.

Palavras-chave: Alometria. Planejamento urbano. Regressão não linear.

Adjustment of hypsometric, volumetric, of biomass and carbon equations of the tree stem used in urban afforestation in the Parque da Maternidade in Rio Branco-Acre

ABSTRACT

As an important biotic component in cities, urban afforestation provides several benefits, constituting a determining factor of environmental health. However, there are few studies that provide quantitative information about its vegetation. In this context, the work aims adjust equations to estimate height, volume, biomass and carbon of the stem of tree species used in urban afforestation of Parque da Maternidade in Rio Branco - AC. Data were collected through systematic inventory and processed with software "Statistica v.10.0". The adjustment was made based on models of Soares et al. (2011), Schumacher and Hall (1933), Spurr (1952) and Avery and Burkhart (1994). Were adopted as selection criterias the coefficient of determination (R^2), adjusted coefficient of determination (R^2_{aj} %), standard error of the estimate ($S_{y.x}$ %) and graphical analysis of the residues (E%). Analysis of the criterias

indicated equation (3) $\text{LnH} = 0,821017 + (-0,038348 \cdot \text{LnDAP})$ as superior to the others for the height of stem. For volume, equation (1) $\text{Vol} = 0,001462 \cdot \text{DAP}^{1,248727} \cdot \text{H}^{0,901140}$ presented statistical values higher than others. The equations from Spurr's model (1952) obtained superior performance in estimation of biomass and carbon of the stem of species present in Parque da Maternidade, being, therefore, the most indicated.

Keywords: Allometry. Urban planning. Nonlinear regression.

INTRODUÇÃO

Um dos componentes bióticos mais importantes das cidades é a arborização urbana, a qual proporciona diversos benefícios para o meio ambiente e para a população, além de beleza paisagística as cidades (SOPCHAKI, 2010). Sendo um fator determinante da salubridade ambiental, por ter influência direta sobre o bem estar do homem, a arborização colabora para o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, conforme assegurado pelo artigo 225 presente na Constituição Brasileira (BRASIL, 1988).

A arborização urbana é definida como o conjunto da vegetação predominantemente arbórea natural ou cultivada, representada em áreas particulares, parques, praças, vias públicas e em áreas verdes complementares (SANCHOTENE, 1994). Como importante componente do ecossistema urbano, tal vegetação impacta diretamente no conforto humano, proporcionando múltiplos benefícios (MELO et al., 2007; MEIRA, 2010; MARANHO et al., 2012).

As árvores proporcionam sombra para pedestres e veículos, reduzem poluição sonora, trazem melhorias a qualidade do ar diminui a amplitude térmica e realizam inúmeros serviços ecossistêmicos (SOUZA, 2007; SOPCHAKI, 2010; BRIANEZI et al., 2013). A remoção de CO_2 , por meio da incorporação ao seu material lenhoso, quando há condições favoráveis para as espécies é um destes serviços. Deste modo, planejar a arborização é indispensável para o desenvolvimento urbano (BOBROWSKI; BIONDI, 2012; MARANHO et al., 2012; RUSSO et al., 2014; BIANCO, 2015; LIMA et al., 2017).

Para se conhecer e planejar a arborização urbana faz-se necessário a realização de inventário, o qual tem como objetivo identificar o patrimônio arbustivo e arbóreo de determinada localidade (MELO et al., 2007). A arborização urbana de Rio Branco – Acre, sob administração da SEMEIA, apresenta como principais áreas verdes a APA Amapá, APA Irineu Serra, APA São Francisco, Horto Florestal de Rio Branco, Parque

Capitão Ciríaco, Parque Chico Mendes, Parque do Tucumã, Universitário e Parque da Maternidade (OLIVEIRA; JESUS, 2011). Há alguns trabalhos relacionados a arborização urbana de Rio Branco (SOPCHAKI, 2010; OLIVEIRA; JESUS, 2011; SANTOS, 2013; SANTOS et al., 2013), entretanto maioria relaciona-se a variáveis qualitativas, havendo poucas informações sobre altura, diâmetro e volume das espécies presentes no local.

Obter informações quantitativas, mesmo sendo complexo, é necessário viabilizar estimativas mais precisas sobre altura, volume, biomassa e estoque de carbono nas árvores. As principais dificuldades estão relacionadas com a obtenção da altura da copa, necessidade de tempo muitas vezes maior que os prazos fornecidos, onerosidade e outras (SILVA, 2003; NICOLETTI, 2011). Devido a isto, obter informações quantitativas por meio de uma amostragem confiável, sem necessariamente mensurar todos os indivíduos, contribui significativamente para preencher a lacuna de conhecimento sobre as árvores em ambiente urbano de forma confiável, eficiente e que possa ser extrapolada.

Na estimativa de altura, volume, biomassa e carbono comumente são aplicados o desenvolvimento de equações a partir de modelos alométricos (BRIANEZI et al., 2013). Equações alométricas auxiliam diretamente na capacidade de predição e quantificação dos recursos florestais (DUARTE, 2017; TREVISAN, 2018). Através destas equações são estimados parâmetros estatísticos a partir de dados de entrada, tais como o diâmetro com casca a altura de 1,30m do solo (DAP) ou ainda a altura do fuste ou total da árvore (H), diâmetro do toco e outros (KHOLER et al., 2012).

Todavia, deve-se proceder com cautela ao utilizar equações alométricas ajustadas para outra região na vegetação específica de uma área, pois isto pode diminuir a precisão das estimativas. Os erros durante os ajustes podem gerar diferentes resultados e equívocos devido a inconsistências na coleta de dados, medições das mesmas amostras por equipes distintas ou uso de igual modelo de regressão para várias populações florestais (SILVEIRA et al., 2008).

Embora muitas vezes uma única equação seja aplicada para toda uma população, o uso de equações regionais para diferentes espécies, espaçamentos, idades e regimes de corte segue sendo necessário (CAMPOS; LEITE, 2013). Ajustar equações alométricas para espécies vegetais em condições específicas, como as de arborização urbana, é indispensável uma vez que os benefícios econômicos, ambientais e sociais advindos

deste uso sustentável dependem de informações precisas sobre o estoque de produtos e recursos.

Neste contexto, é perceptível a importância de se realizar estudos que forneçam mais informações, principalmente quantitativas, acerca da arborização urbana. Este trabalho visa ajustar equações alométricas para estimativa de altura, volume, biomassa e carbono do fuste das espécies arbóreas utilizadas na arborização urbana do Parque da Maternidade. A obtenção de estimativas precisas possibilitará maior compreensão do potencial destas árvores no sequestro e armazenamento de carbono, bem como aumentará as chances de tomadas de decisões corretas em relação ao uso desses recursos.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O trabalho foi desenvolvido no Parque da Maternidade, situado em Rio Branco, no estado do Acre (9°58'17.81"S 67°48'19.58"O) (SOPCHAKI, 2010). Segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo *Am*, quente e úmido com moderado período de seca. A média de precipitação pluviométrica anual varia entre 1.877mm e 1.982 mm e a temperatura média anual varia de 24,7° C a 25,1° C (SEPLAN, 2017). Há incidência de temperaturas mínimas e máximas variando de 11 °C – no período mais frio do ano – a 40 °C - no mais quente. A altitude média no local é de 153m, com tipologia florestal de Floresta Mesófila Aberta e o solo predominante no parque é o Luvisolo (ACRE, 2010). O Parque da Maternidade possui área de 273845,7 km² (OLIVEIRA; JESUS, 2011) e localiza-se na região central da cidade.

Amostragem

Devido à grande extensão linear e quantidade de espécies presentes no Parque da Maternidade, este foi dividido em cinco segmentos principais para coleta de dados, de maneira que fosse possível inventariar um trecho por dia. Ressalta-se que, no fim, o parque foi avaliado como um todo. Para coleta de dados realizou-se inventário sistemático no qual, para um a cada cinco indivíduos, realizou-se a mensuração do diâmetro em diferentes alturas (H-0,0 m; H-1,0m; H-1,30m; H-2,0m e a partir de H-2,0m em intervalos de 1m até final do fuste) para posterior aplicação de cubagem pelo método de Smalian visando obtenção do volume total (HUSCH et al., 2003). Indivíduos

com bifurcação abaixo de 1,30 m foram considerados como distintos e aqueles com copa abaixo de 1,30 m foram desconsiderados.

Processamento e análise de dados

Os dados para ajuste das equações de altura, volume, biomassa e carbono foram organizados em planilha eletrônica e processados com auxílio do *software* “Statistica v.10.0” (STATSOFT, 2010). As equações foram ajustadas utilizando o algoritmo Gauss-Newton, por meio do *software* “Statistica v.10.0”.

Ajuste de equações

Pela ausência de modelos ajustados para a região do Estado do Acre, a seleção de modelos baseou-se na literatura. Foi utilizada análise de regressão no ajuste de equação alométrica para estimar o volume no fuste das árvores, testar modelos de volumetria encontrados na literatura e selecionar o modelo que melhor representa os dados analisados. Para estimativa de biomassa e carbono do fuste das árvores foi aplicada análise de regressão não linear visando testar os modelos e obter dados para seleção do modelo mais representativo.

No ajuste das equações hipsométricas foram utilizados os mesmos dados coletados na cubagem rigorosa para o volume, sendo avaliados três modelos para ajuste das equações (Quadro 1).

Quadro 1 - Modelos hipsométricos lineares utilizados para altura.

Fonte	Modelo
SOARES et al. (2011)	$Y = \beta_0 + \beta_1/DAP^2 + \varepsilon$
SOARES et al. (2011)	$Y = \beta_0 + \beta_1 \cdot DAP + \varepsilon$
SOARES et al. (2011)	$\ln Y = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln DAP + \varepsilon$

Y = altura do fuste (metros); DAP = diâmetro, medido a 1,30 m do solo (cm); β_0 e β_1 = parâmetros do modelo; ε = erro aleatório.

No ajuste das equações de volume, biomassa e carbono foram beneficiados os dados coletados na cubagem rigorosa. Foram avaliados três modelos alométricos clássicos e não lineares (SCHUMACHER; HALL, 1933; SPURR, 1952) para ajuste das equações (Quadro 2).

Quadro 2 - Modelos não lineares utilizados para ajuste das equações de volume, biomassa e carbono.

Fonte	Modelo
SCHUMACHER; HALL, 1933	(1) $Y = \beta_0 \cdot \text{DAP}^{\beta_1} \cdot H^{\beta_2} \cdot \varepsilon$
SPURR, 1952	(2) $Y = \beta_0 \cdot (\text{DAP}^2 \cdot H)^{\beta_1} \cdot \varepsilon$
AVERY; BURKHART, 1994	(3) $Y = \beta_0 \cdot (\text{DAP}^2 \cdot H) \cdot \varepsilon$

Y = volume, biomassa ou carbono (kg.m³); H = altura comercial (metros); DAP = diâmetro, medido a 1,30m do solo (cm); β_0 , β_1 e β_2 = parâmetros do modelo; ε = erro aleatório.

Com os dados obtidos no procedimento de cubagem rigorosa, executado pelas medições do diâmetro com casca em diferentes alturas com fita métrica, volumes dos fustes com casca das árvores foram obtidos pela aplicação sucessiva da fórmula de Smalian:

$$V = \left[\frac{\left(\frac{\pi D_1^2}{40000} \right) + \left(\frac{\pi D_2^2}{40000} \right)}{2} \right] \times L$$

Em que: V = Volume total com casca do fuste em m³; D_1 e D_2 = diâmetros nas extremidades 1 e 2 do tronco em cm; e L = comprimento do tronco em metros.

A biomassa presente no fuste das espécies foi obtida pela multiplicação do volume total com casca pela densidade básica da espécie, segundo levantamento bibliográfico. A fórmula utilizada foi:

$$B = d * V$$

Em que: B = biomassa presente no fuste do indivíduo na i-ésima espécie em kg. m⁻³; d= densidade básica da i-ésima espécie, em kg.m⁻³; e V = volume mensurado com casca do fuste, pertencente à i-ésima espécie, em m³.

Para estimativa do carbono presente no fuste foi aplicada a equação sugerida por Soares et al. (2006), na qual multiplica-se o valor da biomassa (peso seco) da árvore por 0,5 para encontrar a quantidade de carbono presente.

$$EC=B*0,5$$

Em que: EC = Estimativa de carbono presente no fuste do indivíduo na i-ésima espécie em kg. m⁻³.

Para seleção do melhor modelo, visando evitar julgamentos pessoais na seleção, foi utilizado Análise de Variância da Regressão (com nível de significância de 0,05%) e os critérios de escolha: coeficiente de determinação (R^2), coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj} %), erro-padrão da estimativa ($S_{y.x}$) e análise gráfica dos resíduos percentuais (E%) (Tabela 1).

Tabela 1 - Critérios de seleção adotados para escolha dos modelos alométricos.

Critério	Finalidade	Fórmula	Fonte
Coeficiente de determinação	Indica quanto da variabilidade total da variável dependente é explicada pelas variáveis independentes, por meio da regressão ajustada.	$R^2 = \left[1 - \frac{\sum(Y - \hat{Y})^2}{\sum(Y - \bar{Y})^2} \right]$	HIRAMATSU, 2008; TREVISAN, 2018.
Coeficiente de determinação ajustado	Empregado para a comparação de modelos, cujo número de coeficientes ou variáveis é diferente.	$R^2_{aj} = \left[1 - \left(\frac{n-1}{n-p-1} \right) \times (1 - R^2) \right] \times 100$	HIRAMATSU, 2008; TREVISAN, 2018.
Erro-padrão da estimativa	Demonstra a precisão do modelo, quanto menor for o seu valor, maior será a acurácia da estimativa pela equação.	$S_{x,y} = \pm \sqrt{\frac{\sum(Y - \hat{Y})^2}{n-p-1}} \times 100$	MOURA, 1994.
A análise gráfica de resíduos	Viabiliza identificação de problemas como a heterocedasticidade de variâncias, mesmo nos casos em que a equação demonstre ser precisa.	$E\% = \frac{\hat{Y} - Y}{Y} \times 100$	SOARES; NETO; SOUZA, 2006.

R^2 = coeficiente de determinação; R^2_{aj} = coeficiente de determinação ajustado; Y = valores observados da variável dependente; \hat{Y} = valores estimados das variáveis dependentes; \bar{Y} = valores de média das variáveis dependentes; n = número de observações; p = número de variáveis independentes do respectivo modelo; $S_{x,y}$ = Erro padrão residual; $E\%$ = resíduos percentuais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Composição florística

Foram avaliadas 91 árvores-amostra no Parque da Maternidade. Com base nas características morfológicas registradas para cada espécie durante coleta de dados foi realizada identificação das espécies (Quadro 3). Para confirmação da incidência de algumas espécies considerou-se, também, a presença de algumas espécies registradas em outros trabalhos realizados no local (SOUZA, 2007; SOPCHAKI, 2010). Foram identificadas 12 espécies distribuídas em seis famílias botânicas, sendo as espécies Oiti, Sombreiro e Ipê as de maior frequência.

Quadro 3 - Identificação e número de amostras das espécies arbóreas presentes no Parque da Maternidade, em Rio Branco – Acre.

Família	Nome vulgar	Nome científico	Origem
Anacardiaceae	Cajueiro	<i>Anacardium occidentale</i> Linn. ⁽¹⁾	Nativa
Fabaceae	Canafístula	<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub. ⁽²⁾	Nativa
Fabaceae	Cassia	<i>Cassia grandis</i> L.f. ⁽²⁾	Nativa
Myrtaceae	Goiabeira	<i>Psidium guajava</i> Linn ⁽³⁾	Nativa
Fabaceae	Ingá	<i>Inga sp.</i> (1)	Nativa
Bignoniaceae	Ipê	<i>Handroanthus spp.</i> ⁽¹⁾	Nativa
Malvaceae	Monguba	<i>Pachira aquatica</i> Aubl. ⁽⁴⁾	Nativa
Chrysobalanaceae	Oiti	<i>Licania tomentosa</i> (Benth) Fritsch ⁽⁴⁾	Exótica
Fabaceae	Olho de Pavão	<i>Adenanthera pavonina</i> L. ⁽⁴⁾	Exótica
Fabaceae	Pata de Vaca	<i>Bauhinia sp.</i> ⁽²⁾	Nativa
Fabaceae	Pau Ferro	<i>Caesalpinia ferrea</i> Mart et. Tul. Var. leiostachya Benth ⁽²⁾	Nativa
Fabaceae	Sombreiro	<i>Clitoria Fairchildiana</i> R.A.Howard ⁽⁴⁾	Nativa

Fonte: (1) SNIF, 2019; (2) IPEF, 2019; (3) DO VALE, 2005; (4) LORENZI, 2008.

Em levantamento florístico realizado por Sopchaki (2010) também foi verificada maior incidência de indivíduos arbóreos da família Fabaceae. Isto permite inferir que a amostragem realizada, bem como a identificação das espécies, procedeu de forma coerente com registros de outros trabalhos na mesma área.

Atributos da vegetação

Após execução do levantamento bibliográfico para identificação das espécies, buscou-se na literatura informações referentes as propriedades físico-mecânicas de cada espécie. Consultando distintos bancos de dados, foi obtida a densidade de 90% das espécies amostradas. A informação de densidade, posteriormente, viabilizou os ajustes de equação para biomassa e carbono do fuste. Para espécies não identificadas, o ajuste não foi realizado devido ausência de suas densidades. Assim, o ajuste das equações para estimativa de biomassa e carbono presentes no fuste foi realizado para as 82 árvores identificadas (Tabela 2).

Tabela 2 - Densidade da madeira e número de indivíduos amostrados durante inventário sistemático no Parque da Maternidade, em Rio Branco – Acre.

Nome científico	Densidade (g/cm ³)	Nº de Indivíduos
<i>Anacardium occidentale</i> Linn. ⁽¹⁾	0,42	1
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub. ⁽²⁾	0,69	8
<i>Cassia grandis</i> L.f. ⁽²⁾	0,65	5
<i>Psidium guajava</i> Linn ⁽³⁾	0,59	1
<i>Inga sp.</i> ⁽¹⁾	0,62	11
<i>Handroanthus spp.</i> ⁽¹⁾	0,87	12
<i>Pachira aquatica</i> Aubl. ⁽⁴⁾	0,51	3
<i>Licania tomentosa</i> (Benth) Fritsch ^(5,6)	0,98	15
<i>Adenanthera pavonina</i> L. ⁽⁵⁾	0,72	2
<i>Bauhinia sp.</i> ⁽²⁾	0,66	5
<i>Caesalpinia ferrea</i> Mart et. Tul. Var. <i>leiostachya</i> Benth ⁽²⁾	1,12	5
<i>Clitoria Fairchildiana</i> R.A.Howard ⁽⁵⁾	0,90	14
N.I.	-	9
TOTAL		91

Fonte: (1) NIFS, 2019; (2) IPEF, 2019; (3) DO VALE, 2005; (4) LORENZI, 2008; (5) MONTEIRO, 2012.

As propriedades da madeira variam em função de diversos fatores, tais como temperatura, composição e umidade do solo, tipo de manejo, inclinação do terreno, incidência de chuvas e outras (LUZ, 2012). Considerando isto, há a possibilidade de haver divergência entre os valores de densidade encontrados para as espécies na literatura e o valor real que estas apresentam quando implantadas na arborização urbana.

Equações ajustadas

Para a estimativa de altura do fuste, encontrou-se valores considerados relativamente baixos (Tabela 6). Com relação aos valores encontrados para volume, o modelo que mais se destacou foi o de Schumacher e Hall, o qual, já vem sendo amplamente empregado em diversos estudos, devido a sua versatilidade, tanto para espécies em monocultivo, como em plantios mistos e florestas nativas (RÉ et al., 2015).

Os valores encontrados para os critérios de seleção das equações ajustadas para estimar biomassa e carbono do fuste demonstraram-se satisfatórios, considerando a heterogeneidade dos dados observados. Entre os modelos utilizados para estimar biomassa e carbono do fuste das árvores, o modelo 2, de Spurr (1952) ajustado demonstrou-se o mais indicado (Tabela 3).

Em outros trabalhos desenvolvidos em áreas de arborização urbana (BRIANEZI et al., 2013; NGO; LUM, 2018) foram encontrados valores para carbono e biomassa na faixa de 70 a 80% para o coeficiente de determinação ajustado. O que significa que a precisão indicada por R^2 para os modelos testados neste trabalho podem ser considerados baixos para os dados coletados da vegetação de arborização urbana.

Tabela 3- Estimativas dos parâmetros e medidas de precisão das equações ajustadas para estimar altura do fuste, volume, carbono e biomassa do fuste de espécies da arborização do Parque da Maternidade.

Equação	Equação	R^2	$R^2(\%)_{aj}$	$S_{xy}(\%)$
1	$H = 2,150341 + (-7,867851/DAP^2)$	0,0519	3,06	71,9185
2	$H = 2,273990 + (-0,005802 \cdot DAP)$	0,1231	10,34	71,4676
3	$\ln H = 0,821017 + (-0,038348 \cdot \ln DAP)$	0,0704	4,95	31,2750
1	$Vol = 0,001462 \cdot DAP^{1,248727} \cdot H^{0,901140}$	0,6235	61,07	14,8944
2	$Vol = 0,002127 \cdot (DAP^2 \cdot H)^{0,603206}$	0,6123	60,38	14,9754
3	$Vol = 0,000077 \cdot (DAP^2 \cdot H)$	0,5329	52,77	15,9406
1	$B = 0,000322 \cdot DAP^{1,6479} \cdot H^{0,855235}$	0,5782	56,73	10,4704
2	$B = 0,000337 \cdot (DAP^2 \cdot H)^{0,821526}$	0,5781	57,27	10,4047
3	$B = 0,0000759 \cdot (DAP^2 \cdot H)$	0,5612	56,12	10,5430
1	$C = 0,000161 \cdot DAP^{1,6479} \cdot H^{0,855235}$	0,5782	56,73	5,2352
2	$C = 0,000168 \cdot (DAP^2 \cdot H)^{0,821525}$	0,5835	57,82	5,2024
3	$C = 0,0000379 \cdot (DAP^2 \cdot H)$	0,5612	56,12	5,2715

Onde: H= Altura do fuste em metros; Vol = Volume do fuste em m³; B= Biomassa do fuste em kg.m³; C= Carbono do fuste em kg.m³; DAP = Diâmetro, medido a 1,30m do solo, em centímetros; R^2 = Coeficiente de determinação; $R^2(\%)_{aj}$ = Coeficiente de determinação ajustado; $S_{xy}(\%)$ =Erro-padrão.

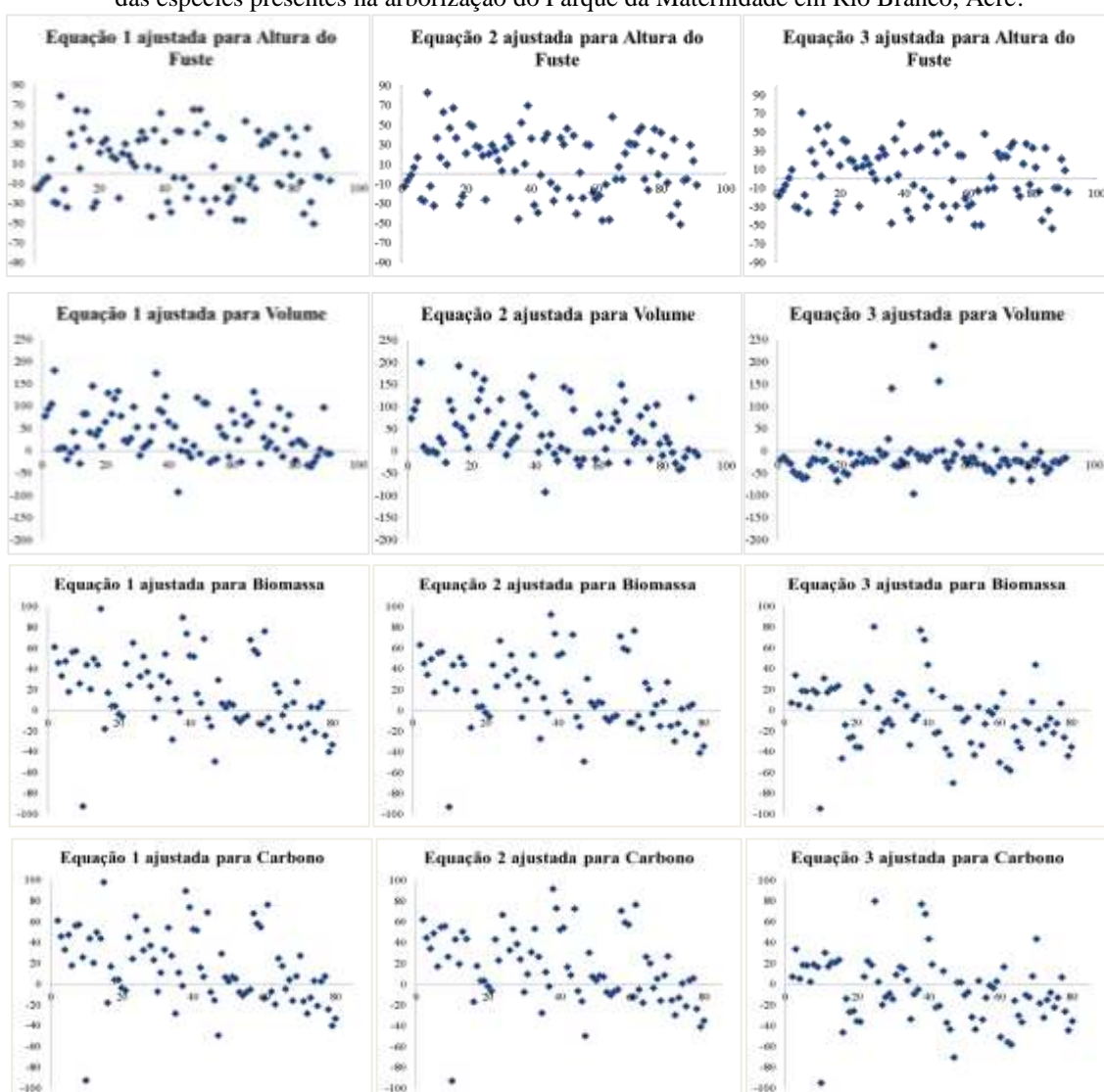
Analisando os valores encontrados para erro padrão, pode-se concluir que as equações ajustadas para estimativa de volume, carbono e biomassa possuem uma boa precisão, enquanto que, as equações para altura apresentaram valores muito elevados de erro padrão, sendo assim, não são indicadas para estimativas confiáveis de altura das árvores presentes no Parque da Maternidade.

De acordo com Atanázio et al., (2017), diversos fatores podem influenciar no desenvolvimento das espécies arbóreas, deste modo, características como arquitetura de copa, capacidade produtiva do local e competição por luz podem estar relacionadas aos baixos valores estatísticos encontrados para altura neste estudo. Além destes fatores, em florestas nativas, bem como, em plantios mistos, é de se esperar maior heterogeneidade no desenvolvimento das árvores, ocasionada pela existência de competição

interespecífica, o que contribui para obtenção de valores de erro padrão da estimativa mais elevada (RÉ et al., 2015; SANQUETTA et al., 2017).

Considerando a análise gráfica da distribuição de resíduos (Figura 1), com base em sugestões de interpretação conforme Campos e Leite (2013) verificaram que em ambos os modelos há alguns casos de dados discrepantes. Todavia, no geral, observa-se tendência de comportamento uniforme para as amostras, sendo a maioria das equações direcionadas a superestimação, com exceção das equações de número 3 ajustadas para volume, carbono e biomassa (Figura 1).

Figura 1- Gráfico de resíduos das equações ajustadas para altura, volume, biomassa e carbono do fuste das espécies presentes na arborização do Parque da Maternidade em Rio Branco, Acre.



A análise gráfica da distribuição de resíduos para as equações ajustadas revela uma tendência a superestimar alguns valores. A forma como os resíduos foram

distribuídos para as equações 1 e 2 apontam menor precisão para qualquer valor de Y, colaborando para escolha da equação 3 como a de maior assertividade.

CONCLUSÃO

As estatísticas para estimativas de altura do fuste indicam que a partir da análise de resíduos, a equação (3) $\text{LnH} = 0,821017 + (-0,038348 \cdot \text{LnDAP})$ demonstrou-se superior as demais equações testadas.

Para estimativa de volume, a equação (2) $\text{Vol} = 0,001462 \cdot \text{DAP}^{1,248727} \cdot \text{H}^{0,901140}$ foi a mais indicada, o qual apresentando valores estatísticos superiores as demais equações ajustadas neste estudo.

No ajuste de equações para biomassa e carbono do fuste, constatou-se que a equação referente ao modelo de Spurr (1952) foi ligeiramente superior à de Schumacher e Hall (1933), sendo assim, as equações (2) $B = 0,000337 \cdot (\text{DAP}^2 \cdot \text{H})^{0,821526}$ e (2) $C = 0,000168 \cdot (\text{DAP}^2 \cdot \text{H})^{0,821525}$ foram as mais indicada para estimar biomassa e carbono do fuste nas espécies da arborização urbana do Parque da Maternidade.

REFERÊNCIAS

ACRE. Governo do Estado do Acre. Programa Estadual de Zoneamento Ecológico- Econômico do Estado do Acre. **Zoneamento Ecológico-Econômico do Acre Fase II**. Rio Branco: Sema, 2010. Disponível em: [http://www.amazonia.cnptia.embrapa.br/publicacoes_estados/Acre/Fase% 202/Documento_Sintese.pdf](http://www.amazonia.cnptia.embrapa.br/publicacoes_estados/Acre/Fase%202/Documento_Sintese.pdf). Acesso em: 20 ago. 2019.

ATANAZIO, K. A.; KREFTA, S. M.; VUADEN, E.; KLEIN, D. R.; OLIVEIRA, G. S.; SILVA, M. T. S. Comparação de modelos para relação hipsométrica em floresta de *Pinus taeda* L. no município de Enéas Marques, Paraná. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 16, n. 4, p. 535–541, 2017.

AVERY, T. E.; BURKHART, H. E. **Forest mensuration**. 4. ed. New York: McGraw-Hill, 1994.

BIANCO, R. **Estimativa da incorporação de carbono em biomassa arbórea em três trechos da arborização urbana de Londrina-PR**. 2015. 63f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2015.

BOBROWSKI, R.; BIONDI, D. Distribuição e dinâmica da área de copa na arborização de ruas de Curitiba, Paraná, Brasil, no período de 1984-2010. **Revista Árvore**, v. 36, n. 4, p. 625–635, 2012.

BRASIL, Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF: Presidência da República, Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 20 ago. 2019.

BRIANEZI, D.; JACOVINE, L. A. G.; SOARES, C. P. B.; CASTRO, R. V. O.; BASSO, V. M. Equações alométricas para estimativa de carbono em árvores de uma área urbana em Viçosa-MG. **Revista Árvore**, v. 37, n. 6, p. 1073–1081, 2013.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração Florestal: perguntas e respostas**. 4. ed. atual ed. Viçosa - MG: Ed. UFV, 2013.

DO VALE, A. T.; SARMENTO, T. R.; ALMEIDA, A. N. Caracterização e uso de madeiras de galhos de árvores provenientes da arborização de Brasília, DF. **Ciência Florestal**, v. 15, n. 4, p. 411-420, 2005.

DUARTE, A. N. F. **Equações alométricas para o Plano de Manejo da Fazenda Seringal Novo Macapá, Amazonas-Acre**. 2017. 55f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2017.

HIRAMATSU, N. A. **Equações de volume comercial para espécies nativas na região do Vale do Jari, Amazônia Oriental**. 2008. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

HUSCH, B.; BEERS, T. W.; KERSHAW JR, J. A. **Forest mensuration**. 4. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2003.

INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS. **Espécies Nativas Cadastradas**. 2019.

KOHLER, S. V.; RETSLAFF, F. A. de S.; MÔRA, R.; FILHO, A. F.; WOLFF II, N. I. Diferentes métodos de ajuste do modelo volumétrico de Schumacher e Hall. In: Congresso florestal paranaense, 4., 2012. Curitiba, Paraná. **Anais...** Curitiba: UNICENTRO, 2012.

LIMA, R. B. de; JÚNIOR, F. T. A.; OLIVEIRA, C. P. de; SILVA, J. A. A. da; FERREIRA, R. L. C. Predicting of biomass in Brazilian tropical dry forest: a statistical evaluation of generic equations. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 89, n. 3, p. 1815–1828, 2017.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 5. Ed. Nova Odessa: Editora Plantarum, 2008. 384 p. 1 v.

LUZ, S. **Aproveitamento de madeiras de podas da arborização urbana: áreas do traçado inicial de Maringá-PR**. 2012. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2012.

MARANHO, Á. S.; DE PAULA, S. R. P.; LIMA, É.; DE PAIVA, A. V.; ALVES, A. P.; DO NASCIMENTO, D. O. Levantamento censitário da arborização urbana viária de Senador Guiomard, Acre. **Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 7, n. 3, p. 44–56, 2012.

MEIRA, A. M. de. **Gestão de resíduos da arborização urbana**. 2010. 179 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2010.

MELO, R. R. de; FILHO, J. A. de L.; JÚNIOR, F. R. Diagnóstico Qualitativo E Quantitativo Da Arborização Urbana No Bairro Bivar Olinto, Patos, Paraíba. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 2, n. 1, p. 64, 2007.

MONTEIRO, K. L.; OLIVEIRA, C. de.; SILVA, B. M. da S.; MÔRO, F. V.; CARVALHO, D. A. de. Caracterização morfológica de frutos, de sementes e do desenvolvimento pós-seminal de *Licania tomentosa* (Benth.) Fritsch. **Ciência Rural**, v. 42, n. 1, 2012.

MOURA, J. B. DE. **Estudo da forma do fuste e comparação de métodos de estimativa volumétrica de espécies florestais da Amazônia Brasileira**. 1994. 132 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1994.

NGO, K. M.; LUM, S. Aboveground biomass estimation of tropical street trees. **Journal of Urban Ecology**, v. 4, n. 1, p. 1–6, 2018.

NICOLETTI, M. F. **Comparação de Métodos Não-Destrutivos de Cubagem de Árvores em Pé Visando à Determinação da Biomassa**. 2011. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2011.

OLIVEIRA, K. A. de; JESUS, I. S. de. Espacialização e quantificação das áreas verdes no perímetro urbano do município de Rio Branco - Acre. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15., 2011. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, 2011. p. 877–884.

RÉ, D. S.; ENGEL, V. L.; OTA L. M. S.; JORGE, L. A. B. Equações alométricas em plantios mistos visando à restauração da Floresta Estacional Semidecidual. **Cerne**, v. 21, n. 1, p. 133–140, 2015.

RUSSO, A.; ESCOBEDO, F. J.; TIMILSINA, N. SCHMITT, A. O.; VARELA, S.; ZERBE, S. Assessing urban tree carbon storage and sequestration in Bolzano, Italy. **International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management**, v. 10, n. 1, p. 54–70, 2014.

SANQUETTA, C. R.; W, L. F.; C, A. P. D.; FERNANDES, L. A. V.; SIQUEIRA, J. D. P. Estimativa da altura e do volume em povoamentos jovens de restauração florestal em Rondônia. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 2, n. 2, p. 23–31, 2017.

SANTOS, L. R. **Estimativa da capacidade de estoque de biomassa e carbono da vegetação arbórea de um fragmento do Parque Urbano Tucumã, Rio Branco, Acre**. 2013. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Gestão Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

SANTOS, L. R.; SANTOS, E. A. dos; FERREIRA, E. J. L. Estimativa da capacidade de estoque de biomassa e carbono da vegetação arbórea de um fragmento do Parque Urbano Tucumã em Rio Branco, Acre. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17, p. 1305–1321, 2013.

SCHUMACHER, F. X.; HALL, F. D. S. Logarithmic expression of timber-tree Volume. **Journal of Agricultural Research**, v. 47, n. 9, p. 719–734, 1933.

SEPLAN, Secretária de Estado de Planejamento. **Acre em números 2017**. Rio Branco - Acre: Secretaria de Estado de Planejamento - SEPLAN, 2017. Disponível em: <http://acre.gov.br/wp-content/uploads/2019/02/acre-em-numeros-2017.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2019.

SILVA, A. G. da. **Inventário de arborização urbana viária: métodos de amostragem tamanho e forma de parcelas**. 2003. 124 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

SILVEIRA, P.; KOEHLER, H. S.; SANQUETTA, C. R.; ARCE, J. E. O estado da arte na estimativa de biomassa e carbono em formações florestais. **FLORESTA**, v. 38, n. 1, p. 185–206, 2008.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES FLORESTAIS. Banco de Dados de Madeiras Brasileiras. Serviço Florestal Brasileiro, 2019.

SOPCHAKI, D. P. de S. **Levantamento florístico das árvores e palmeiras e avaliação da arborização do Parque da Maternidade no município de Rio Branco, Ac**. 2010, 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Acre, 2010.

SOARES, C. P. B.; NETO, F. P.; SOUZA, A. L. Dendrometria e inventário florestal. 4. ed. Viçosa - MG: UFV, 2006. 272 p., 2v.

SOUZA, C. B. D. E. Inventário da arborização do parque da maternidade. **Governo do Estado do Acre - Secretaria de Obras Públicas do Estado**, p. 18, 2007.

SPURR, S. H. **Forest inventory**. New York: Ronald Press, 1952.

STATSOFT, Institute Corporation. **Statistica for Windows: Version 10.0**. Tulsa: 2010.

TREVISAN, É. F. **Equações de volume para região sul do Estado do Amazonas**. 2018, 54 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2018.