

MODELAGEM VOLUMÉTRICA PARA FRUTÍFERAS DO CERRADO

VOLUMETRIC MODELING FOR CERRADO FRUIT

LOAME PAIVA BUENO

Engenheira Agrônoma, Instituto Federal Goiano, Campus Ceres (GO)
loamepaiva@gmail.com

JÚLIO THOMAZ RODRIGUES MEDANHA

Engenheiro Agrônomo, Instituto Federal Goiano, Campus Ceres (GO)
thomazmedanha@gmail.com

RENATO SOUZA RODOVALHO

Doutor em Agronomia, Instituto Federal Goiano, Campus Ceres (GO)
renato.rodvalho@ifgoiano.edu.br

VITOR GABRIEL SOARES DE CASTRO

Graduando em Agronomia, Instituto Federal Goiano, Campus Ceres (GO)
vitor.gsdc@gmail.com

Resumo: Realizou-se trabalho científico em área experimental do Instituto Federal Goiano, Campus Ceres, objetivando-se gerar a equação volumétrica de frutíferas do Cerrado no arboreto. Foram identificadas e coletados os dados de todas as plantas adultas e de mesma idade de cinco espécies, totalizando 88 plantas, com DAP igual ou superior a 5 cm. As variáveis dendrométricas consideradas na árvore em pé foram DAP e altura total. Na determinação de unidades cúbicas mediu-se a altura do fuste e os diâmetros na altura de 0,05 m do solo e altura da primeira bifurcação do fuste. Foram testados 18 modelos volumétricos. O cálculo de volume de madeira com casca, pela fórmula de Smalian, obteve volume total 0,86 m³ por hectare. A equação volumétrica que melhor adequou-se foi a de Spurr, resultou em maior significância do coeficiente de determinação ajustado $R_{aj}^2 > 0,95$, e menores erros e desvios estimados ($S_{xy}=19\%$, $EM = -0,00036$; $EMa = -0,93$; $DG\% = -0,21$).

Palavras-chave: Arboreto. Cubagem. Volume.

Abstract: Scientific work was carried out in an experimental area of the Goiano Federal Institute-Campus Ceres, aiming to generate the volumetric equation for the Cerrado wood in the arboretum. Data from all adult plants and the same age of five species were identified and collected totaling 88 trees, with DAP equal to or greater than 5 cm. The dendrometric variables considered in the standing tree were DAP and total height. In the determination of cubic units measured the height of the spindle and the diameters at the height of 0,05 m of the soil and height of the first bifurcation of the fuste. Eighteen volumetric models were tested. The volume of wood with bark, by the formula of Smalian, obtained total volume 0.86 m³ per hectare. The volumetric equation that best suited was Spurr, resulted in greater significance of the adjusted coefficient of determination $R_{aj}^2 > 0.95$, and smaller errors and estimated deviations ($S_{xy}=19\%$, $EM = -0,00036$; $EMa = -0,93$; $DG\% = -0,21$).

keywords: Arboretum. Cubing. Volume.

INTRODUÇÃO

O bioma do Cerrado está em segundo lugar quando se mensuram biomas brasileiros, perdendo apenas para o amazônico, ocupando área de 2.039.386 Km² (cerca de 24% do território nacional). Cobre cerca de 97% do estado de Goiás, contendo de 5% da biodiversidade do mundo, visto como a savana mais rica (SANTOS, 2018).

É de grande interesse conhecer e acompanhar o desenvolvimento deste bioma, pois é grande guarnecedor de serviços ecossistêmicos potenciais como o fornecimento de água, armazenamento de carbono e conter grande diversidade biológica (OVERBECK *et al.*, 2015). Porém graças às atividades antrópicas o Cerrado brasileiro encontra-se em ameaça, ações como o agronegócio e a urbanização crescentes (FERNANDES *et al.*, 2016; MICCOLIS *et al.*, 2014).

Pinheiro *et al.* (2018) amostraram 11.498 indivíduos arbóreos de 44 famílias diferentes, sendo 64,7% dos indivíduos nativos do Cerrado. Uma das espécies mais abundantes foi o pequizeiro (*Caryocar brasiliense*), com 11,7% do total de árvores. Das 99 espécies nativas do Cerrado, 44,5% são utilizadas na alimentação humana, 77,8% consideradas úteis para a fauna e 82,8% possuem propriedades medicinais (GUARIM NETO *et al.*, 2003; LORENZI, 2002; 2013; 2016; OLIVEIRA *et al.*, 2010; KUHLMANN, 2012; SILVA *et al.*, 2015; KUHLMANN e RIBEIRO, 2016). Pequizeiro, barueiro, jatobazeiro e jenipapeiro foram inclusos nas três categorias e suas importâncias.

A palavra pequi vem do tupi, que significa pyqui, py=casca e qui=espinho. O pequizeiro (*Caryocar brasiliense* Camb.) é o mais abundante do gênero, a árvore pode chegar a 10 m de altura, tortuosa, possui casa grossa, com folhas largas e raízes profundas (CARRAZZA e ÁVILA, 1975). De acordo com Batista e Souza (2019) o pequi tem grande potencial para uso na indústria de alimentos devido sua composição nutricional, fonte de fibras, proteínas, lipídios e compostos antioxidantes usados na indústria alimentícia e nutracêutica.

O barueiro (*Dipteryx alata* Vogel), é nativo do Cerrado brasileiro (SANO *et al.*, 2004). Pertence a família *Fabaceae*, é de grande porte, com altura média de 15m a 25m, podendo chegar até 70 cm de diâmetro. A copa é densa, pode ser alongada ou arredondada, o ritidoma

é de cor amarelada, a casca vai de creme ou cinza-claro, contém estrias transversais de formato irregular que descamam (SANO *et al.*, 2004; CARRAZZA e ÁVILA, 2010).

Uma árvore adulta de barueiro produz faixa de 150 kg de fruto por safra produtiva (CARRAZZA e ÁVILA, 1975). De acordo com a CONAB (2015-2019), o valor gasto para produção é de R\$ 15,94 reais por quilo de amêndoas de baru. A venda das amêndoas é feita por pequenos agricultores como forma complementar à renda (FREDO, 2013). A amêndoa é bem aceita, possui alto teor calórico e é consumida de forma *in natura* ou para produção de doces, geleias, sucos, sorvetes e licores (SILVA *et al.*, 2001).

O jatobazeiro (*Hymenaea courbaril*), pertencente à família *Fabaceae*, sua árvore pode chegar entre 30 a 45 m de altura, fuste cilíndrico entre 30 e 50 cm, normalmente reto com copa ampla, o tronco é de cor acinzentada, folhas compostas, alternas, pecioladas, bifoliada, coriáceas, falciformes ou ovais. Seu fruto possui alto valor nutritivo (CARVALHO-FILHO *et al.*, 2003; GORCHOV *et al.*, 2004), contém substâncias antimicrobianas, chamadas de terpenos capazes de repelir saúvas, lagartas e matar fungos. O gênero é altamente valorizado pelas características de resistência da madeira, utilizada na construção de canoas e obras civis. Possuindo diversos usos na medicina popular, contra gripe, bronquite, vermes e infecções (OLIVEIRA, 2006; PRANCE, 2010).

O jenipapeiro (*Genipa americana*), pode chegar entre 10 e 12 m de altura, o caule chega a cerca de 60 cm de diâmetro, possui copa grande e arredonda com ramos numerosos e fortes, sempre glabros, de casca lisa, espessa, com cor cinzento esverdeado e manchas cinza-claro. As folhas são opostas, pecioladas e simples, com tamanho grande 20-42 cm de comprimento e 9-16 cm de largura, glabra em ambas as faces (ESTRELLA, 1995; CORREA, 1969; PRANCE, 1975).

O jenipapeiro é de origem da América Central, encontrado no Brasil inteiro (GOMES, 1982). O fruto contém alto teor de ferro e pode ser usado no tratamento de asma, anemia e distúrbios intestinais. Seu uso traz benefícios a saúde, reduz o risco de doenças crônicas e icterícias (SEIFRIED *et al.*, 2007; SANTANA NETA, 2014; REZENDE, 2010).

As regiões Norte e Nordeste do Brasil, pelas condições climáticas, produzem grande número de frutos tropicais com perspectivas para exploração econômica (ARCKOLL, 1997). De acordo com Hansen *et al.* (2008) existem diversos genótipos de jenipapeiro com potencial

econômico, possibilitando a exploração dos frutos para o consumo *in natura* e industrialização.

A cagaiteira (*Eugenia dysenterica* DC.) possui porte médio, cerca de 10 m de altura, destaca-se em fase de floração pela sua exuberância visual, apresenta o tronco e ramos tortuosos e cilíndricos, pode atingir até 15 m de altura. A copa é alongada e densa, ramos quadrangulares e glabros com exceção dos botões, pedicelos folhas e ramos jovens que possuem pequenos pêlos. As folhas são pequenas, com comprimento de 3 a 13 cm e largura de 1 a 8 cm, consideradas membranáceas, aromáticas, oposto-cruzadas com vários formatos, pubérrulas quando jovens e glabras e brilhantes na face superior quando maduras (BRITO et al., 2003; FARIA JUNIOR, 2010; LOZENZI, 2002; MARTINOTTO, 2008).

A relevância de espécies florestais para o desenvolvimento econômico do país justifica o conhecimento do estoque florestal para que um planejamento a curto, médio e longo prazo possa ser realizado, adquirido através de um inventário florestal pré-corte em casos de curto prazo, os de longo prazo visam acompanhar uma dinâmica de determinada floresta (CABACINHA, 2003).

O volume é a principal variável de um inventário florestal, sendo indispensável testar vários modelos matemáticos para esta finalidade. O uso dos modelos variam de acordo com a espécie, região e o manejo, ao testar os modelos, realizar análises e critérios estatísticos pode-se determinar o que melhor reconhece cada situação (MIGUEL *et al.*, 2014). Determinar o volume de madeira é de grande interesse para se ter ciência da capacidade de carga de um arboreto em determinado ambiente. Através de modelos matemáticos pode-se determinar o volume de madeira acumulada e evolução deste arboreto ao longo do tempo (PELLISSARI, 2011).

Para Leite *et al.* (2011) a estimativa volumétrica de madeira em povoamentos florestais é de fundamental importância e imprescindível para o planejamento e monitoramento de plantas comerciais, especialmente em estudos de crescimento e produção. A dendrometria se encarrega de determinar dimensões, idade, volume e peso de uma árvore (CAMPOS, 2014).

Oliveira *et al.* (2019) através do corte, cubagem e pesagem de 90 árvores compararam modelos estatísticos e estimaram a biomassa e o estoque de carbono de três compartimentos acima do solo (arbóreo, herbáceo-arbustivo e serapilheira) em Cerrado no oeste da Bahia.

Imaña e Encinas *et al.* (2009), determinaram equações de volume de madeira para o Cerrado, demonstrando que a comunidade vegetal estudada teve marcante interferência antrópica, principalmente na classe diamétrica entre de 13 a 19 cm. Mostrou a existência de 51 espécies arbóreas na riqueza florística, dentre elas *Caryocar brasiliense* e *Hymenaea stigonocarpa*.

Assim, diante do exposto acima, o objetivo deste trabalho foi avaliar equações volumétricas que representam a cubagem da madeira no arboreto do Instituto Federal Goiano Campus Ceres.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos na área experimental localizada no Instituto Federal Goiano, Campus Ceres em Ceres-GO. O local possui 0,91 hectares, implantada em 20 de janeiro de 2012, localizada à 15° 20' 54'' S , 49° 36' 07'' W. O clima predominante da região é o tropical corresponde ao tipo Aw de acordo com a classificação de Köppen com pluviosidade média anual de 1601 mm e temperatura média 24,6 °C.

Os dados foram coletados de todas as árvores de mesma idade do arboreto, utilizando fita métrica flexível e uma trena. Cada árvore foi identificada, enumerada e demarcada com o uso de um receptor GPS modelo MAP64s, Garmim®, datum Sirgas 2000, totalizando 5 espécies e 88 árvores amostradas. As variáveis dendrométricas consideradas nas espécies foram DAP (Diâmetro à altura do peito a 1,30m do solo) Db (Diâmetro da base à 5 cm do solo) e Dsup (Diâmetro à altura da primeira bifurcação) todas as medidas expressas em cm. Na determinação de unidades cúbicas dos galhos mediu-se diâmetro na base do galho, diâmetro na primeira bifurcação do galho e altura entre estes.

Na obtenção do valor volume real de madeira com casca (V) fez-se o uso do método de Smalian (LOETSCH *et al.*, 1973), convertendo os valores obtidos de diâmetro em áreas, o comprimento ou altura(h) do fuste e galhos, por intermédio da equação 1.

$$V = \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) h \quad (01)$$

Revista Mirante, Anápolis (GO), v. 13, n. 1, jun. 2020. ISSN 1981-4089

Em que: V= Volume real (m³); A1= Área seccionada 1 (m²); A2= Área seccionada 2 (m²); h = Altura (m).

Os modelos volumétricos ajustados aos dados experimentais de volume estão representados na Tabela 1. As 18 equações volumétricas testadas foram obtidas de Loetsch *et al.* (1973), Scolforo e Silva (1993) e Rezende *et al.* (2006). Os demais coeficientes (β_x) foram determinados por análise de regressão, no programa Statistica 5.0 (STATISTICA, 2005).

O coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}) foi definido conforme a equação 2.

$$R^2_{aj} = - \left[\frac{K-1}{N-K} \right] \cdot 1 - R^2 \quad (02)$$

Em que: R^2_{aj} , coeficiente de determinação ajustado; K, o número de coeficientes da equação; N, o número de observações; R^2 , coeficiente de determinação.

Tabela 1. Modelos volumétricos de madeira ajustados aos dados experimentais obtidos para espécies do cerrado.

| Equação | Modelo | Autor |
|---------|--|-------------------------|
| 3 | $\log v = \beta_0 + \beta_1 \log(d^2 h)$ | Spurr (log) |
| 4 | $v = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2$ | Dissescu-Meyer |
| 5 | $v = \beta_0 + \beta_1 d^2$ | Kopezky-Gehrhartd |
| 6 | $v = \beta_1 d^2 + \beta_2 d^2 h + \beta_3 dh^2 + \beta_4 h^2$ | Näslund |
| 7 | $V = \beta_{1+} \cdot D_b^2 + \beta_2 \cdot D_b^2 \cdot H$ | Rezende (2006) |
| 8 | $v = \frac{d^2 h}{\beta_0 + \beta_1 d}$ | Takata |
| 9 | $v = \beta_0 d^{a1} h^{a2}$ | Schumacher-Hall |
| 10 | $v = d^2 (\beta_0 + \beta_1 h)$ | Ogaya |
| 11 | $v = \beta_0 d^{\beta_1}$ | Berkhout |
| 12 | $v = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2$ | Hohenadl-Krenn |
| 13 | $\log v = \beta_0 + \beta_1 \log d$ | Hummel |
| 14 | $\log v = \beta_0 + \beta_1 \log d + \beta_2 \frac{1}{d}$ | Brenac |
| 15 | $v = \beta_0 + \beta_1 d^2 h$ | Spurr |
| 16 | $v = \beta_0 + \beta_1 d^2 + \beta_2 d^2 h + \beta_3 h$ | Stoate |
| 17 | $v = \frac{1}{\beta_0 + \beta_1 \frac{1}{h_1}}$ | Honner |
| 18 | $v = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2 + \beta_3 dh + \beta_4 d^2 h + \beta_5 h$ | Meyer (1941) |
| 19 | $v = \beta_0 + \beta_2 g$ | Humell |
| 20 | $V = \beta_0 + \beta_1 CAP^2 H_t^2$ | Socolforo e Silva(1993) |

Fonte: Loetsch *et al.* (1973), Scolforo e Silva (1993) e Rezende (2006). Adaptado.

Os critérios estatísticos para a seleção do modelo que representou adequadamente o volume de madeira das espécies do Cerrado foram a magnitude do coeficiente de determinação ajustado (R^2) obtido por regressão, o menor valor do erro padrão da estimativa (Syx), o erro médio absoluto (EM), o desvio global percentual (DG), a distribuição do

comportamento dos resíduos e a significância dos parâmetros dos modelos ajustados a 5% de probabilidade pelo teste t. O erro padrão da estimativa foi obtido pela equação 21.

$$S_{yx} = \sqrt{QM_{res}} \quad (21)$$

Em que: QM_{res} correspondente ao Quadrado Médio do resíduo obtido na análise de variância.

Utilizou-se como quesito o maior valor de R_{aj}^2 dado por cada equação que obteve menor S_{yx} .

A determinação de EM e DG foram obtidas pelas equações 22 e 23 respectivamente (Prodan et al., 1997).

$$EM = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (vi - vi') \quad (22)$$

$$DG\% = \frac{\sum_{i=1}^n vi - \sum_{i=1}^n vi'}{\sum_{i=1}^n vi'} \cdot 100 \quad (23)$$

Em que: vi = volume individual de cada árvore na amostra; vi' = volume médio estimado da árvore na parcela e n = número de árvores.

Assim, após a escolha da equação realizou-se análise de variância (ANOVA) e o teste de Tukey, obtendo-se o nível de significância da análise de regressão. Através do programa Statistica 5.0 calculou-se o valor de p (parâmetros). Os gráficos concretizados pela relação tridimensional do volume, altura e diâmetro adquiridos também pelo Statistica 5.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

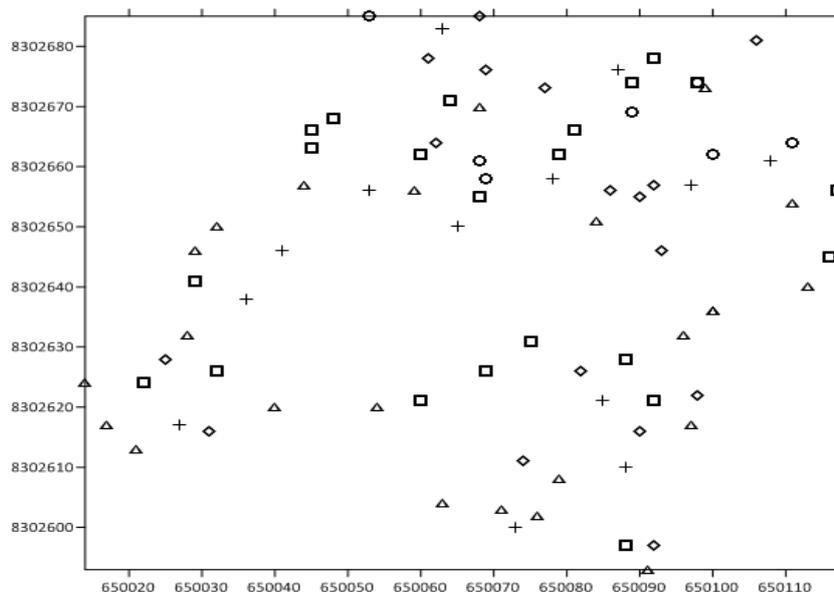
Foram coletadas unidades dendrométricas de 5 espécies nativas do Cerrado sendo o Jenipapeiro (*Genipa americana*) com 24 indivíduos, o Jatobazeiro (*Hymenaea courbaril*) com 14 unidades, o Barueiro (*Dipteryx alata*) com 24 indivíduos, o Pequizeiro (*Caryocar brasiliense*) com 18 árvores e a Cagaiteira (*Eugenia dysenterica*) com apenas 8 indivíduos, totalizando 88 plantas na área de estudo conforme apresentado na Figura 1.

A média do volume de cada espécie está representada na Tabela 2. A média volumétrica para o jenipapeiro foi de $0,168 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, para o jatobazeiro $0,228 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, o barueiro $0,181 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, o pequizeiro $0,241 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e o cagaiteiro com média de $0,040 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.

Revista Mirante, Anápolis (GO), v. 13, n. 1, jun. 2020. ISSN 1981-4089

A média geral volumétrica das espécies foi de 0,172 m³ por hectare. A somatória das médias de volume das espécies foi de 0,860 m³ por hectare.

Figura 1. Distribuição das árvores amostradas aleatoriamente das espécies do cerrado no arboreto do IF Goiano Campus Ceres.



Legenda: □ Jenipapeiro; + Jatobazeiro; Δ Barueiro; ◇ Pequizeiro e ○ Cagaiteira. Arquivo pessoal (2016).

Tabela 2. Espécies arbóreas e correspondente volume de madeira em m³ em um hectare de cerrado.

| Espécie | Família | Número de indiv. | Média vol(m ³) há ⁻¹ |
|-----------------------------|---------------|------------------|---|
| <i>Genipa americana</i> | Rubiaceae | 24 | 0,168581 |
| <i>Hymenaea courbaril</i> | Fabáceas | 14 | 0,228166 |
| <i>Dipteryx alata</i> | Fabáceas | 24 | 0,181464 |
| <i>Caryocar brasiliense</i> | Caryocaraceae | 18 | 0,241804 |
| <i>Eugenia dysenterica</i> | Myrtaceae | 8 | 0,04008 |
| Total | | 88 | 0,860095 |

Dados coletados do experimento

As espécies apresentaram maior volume de madeira em ordem decrescente foram *Caryocar brasiliense* com 0,241m³ ha⁻¹ (correspondendo a 20,45 % da população), *Hymenaea courbaril* com 0,228 m³ ha⁻¹ (15,9%), *Dipteryx alata* com 0,181 m³ ha⁻¹ (27,27%), *Genipa americana* com 0,168m³ ha⁻¹ (27,27%) e por fim *Eugenia dysenterica* (9,09%) com 0,040m³ ha⁻¹.

Revista Mirante, Anápolis (GO), v. 13, n. 1, jun. 2020. ISSN 1981-4089

Os parâmetros para as equações 3, 7, 9, 10, 11, 13, 15, 17 e 19 foram significativos a 5% de probabilidade no teste t (Tabela 3). Sendo portanto os modelos mais indicados para a representação da madeira (IMAÑA; ENCINAS *et al.*, 2008).

Tabela 3. Resultados da análise de regressão do ajuste das equações passo a passo.

| Equação | Parâmetros | | | | | |
|---------|------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|
| | β_0 | β_1 | β_2 | β_3 | β_4 | β_5 |
| 3 | 0,35614* | 0,36320* | | | | |
| 4 | -0,03951 ^{ns} | 0,81876 ^{ns} | 4,11850 ^{ns} | | | |
| 5 | 0,01175 ^{ns} | 7,15341* | | | | |
| 6 | 5,83787* | -1,04791 ^{ns} | 0,19336* | -0,00944 ^{ns} | | |
| 7 | | 0,22891* | 0,56572* | | | |
| 8 | 0,25023* | 0,18534 ^{ns} | | | | |
| 9 | 0,19137* | | | | | |
| 10 | 2,00269* | 2,69027* | | | | |
| 11 | 5,20568* | 1,78951* | | | | |
| 12 | -0,03951 ^{ns} | 0,81876 ^{ns} | 4,11850 ^{ns} | | | |
| 13 | 0,71647* | 0,77717* | | | | |
| 14 | -0,00065 ^{ns} | 0,56230* | 0,03714* | | | |
| 15 | 0,01066* | 0,63466* | | | | |
| 16 | -0,01501 ^{ns} | -0,01501 ^{ns} | 2,06974 ^{ns} | 0,01529 ^{ns} | | |
| 17 | 0,11519* | -0,050307* | | | | |
| 18 | -1,21316 ^{ns} | -1,27144 ^{ns} | 7,50775 ^{ns} | 0,50492 ^{ns} | 0,13915 ^{ns} | -0,01513 ^{ns} |
| 19 | -0,13339* | | 0,88898* | | | |
| 20 | -0,00486 ^{ns} | -0,00432 ^{ns} | 0,97942* | | | |

*Significativos a 5% de probabilidade pelo teste t. ^{ns} não significativos a 5% de probabilidade pelo teste t. Arquivo pessoal.

Ao verificar os quesitos, maior valor de R² dado por cada equação que obteve menor Syx, e os coeficientes das equações, consolidou-se que para determinação do volume de madeira as propostas de Rezende *et al.* (2006), Spurr são as mais adequadas. Observando a

Revista Mirante, Anápolis (GO), v. 13, n. 1, jun. 2020. ISSN 1981-4089

tabela 4 a equação de Rezende et al. (2006) apresentou maior significância do coeficiente de determinação ajustado $R_{aj}^2 > 96\%$, e menores erros e desvios estimados ($EM = -0,00030$; $EMa = -0,76$; $DG\% = -0,17$), com excessão do erro padrão da estimativa ($S_{xy} = 0,56$). Os coeficientes da equação foram significativos, observados na tabela 3.

Tabela 4. Critérios estatísticos para seleção do modelo.

| Equação | Coeficientes | | | | |
|--------------------------------|--------------|----------|------------|-----------|-------------|
| | R^2_{aj} | S_{yx} | EM | $EMa(\%)$ | $DG\%$ |
| Spurr (log) | 0,67 | 0,51 | 0,0027 | 3,62 | 1,60 |
| Dissescu-Meyer | 0,48 | 0,64 | -0,0000922 | 0,61 | -0,051 |
| Kopezky-Gehrhardt | 0,47 | 0,65 | 0,00936 | 4,06 | -0,00000072 |
| Näslund | 0,71 | 0,48 | -0,000448 | 2,03 | -0,25 |
| Rezende et al (2006) | 0,96 | 0,56 | -0,000304 | -0,76 | -0,17 |
| Takata | 0,65 | 0,52 | 0,00765 | 12,24 | 4,50 |
| Schumacher-Hall | 0 | 0,93 | 0,00291 | 3,03 | 1,70 |
| Ogaya | 0,68 | 0,50 | 0,00335 | 5,41 | 1,90 |
| Berkhout | 0,47 | 0,65 | 0,00144 | 0,17 | 0,81 |
| Hohenadl-Krenn | 0,48 | 0,64 | -0,0000922 | 0,61 | -0,051 |
| Hummel | 0,47 | 0,65 | -0,00211 | -0,02 | -1,10 |
| Brenac | 0,48 | 0,64 | 0,00000131 | 0,01 | 0,00073 |
| Spurr | 0,95 | 0,19 | 0,000368 | -0,93 | 0,21 |
| Stoate | 0,68 | 0,50 | 0,00151 | 2,86 | 0,85 |
| Honner | 0,51 | 0,62 | 0,00767 | 20,61 | 4,50 |
| Meyer (1941) | 0,68 | 0,50 | 0,000684 | 0,92 | 0,38 |
| Humell | 0,61 | 0,56 | -0,000145 | 0,66* | -0,80 |
| Socolforo e Silva(1993) | 0,88 | 0,30 | -0,000640 | 3,56 | -0,36 |

*Significativos a 5% de probabilidade pelo teste t. ^{ns} não significativos a 5% de probabilidade pelo teste t. Arquivo pessoal.

Para Rezende *et al.* (2006), erros entre 15 e 30% em ajustes dos dados de diâmetro e altura dos indivíduos arbóreos para volume e equações regionalizadas podem ser consideradas plenamente aceitáveis, por existir variabilidade natural na estrutura da vegetação.

A equação de Spurr resultou em maior significância do coeficiente de determinação ajustado $R_{aj}^2 > 0,95\%$, e menores erros e desvios estimados ($S_{xy}=0,19$, $EM= -0,00036$; $EMa= -0,93$; $DG\%= -0,21$) como pode ser observado na tabela 4. Portanto a equação de Spurr é a que resultou o melhor ajuste para determinar volume de madeira do arboreto do IF Goiano.

Em trabalho realizado por Pelissari *et al.* (2011), os modelos de Naslund modificado e Spurr, apresentaram os melhores ajustes para a estimativa do volume de *Pinis caribaea var. hondurensis* no município de Vilhena-RO.

Rezende *et al.* (2006), compararam modelos matemáticos para estimar o volume, biomassa e estoque de carbono da vegetação lenhosa de um cerrado *sensu stricto* em Brasília sendo o modelo de Spurr o mais adequado para os caracteres citados, com a seguinte expressão $v = 0,49129 + 0,02912 Db^2h$, apresentou coeficiente de determinação acima de 93% e erros padrões entre 25,03 e 28,09%.

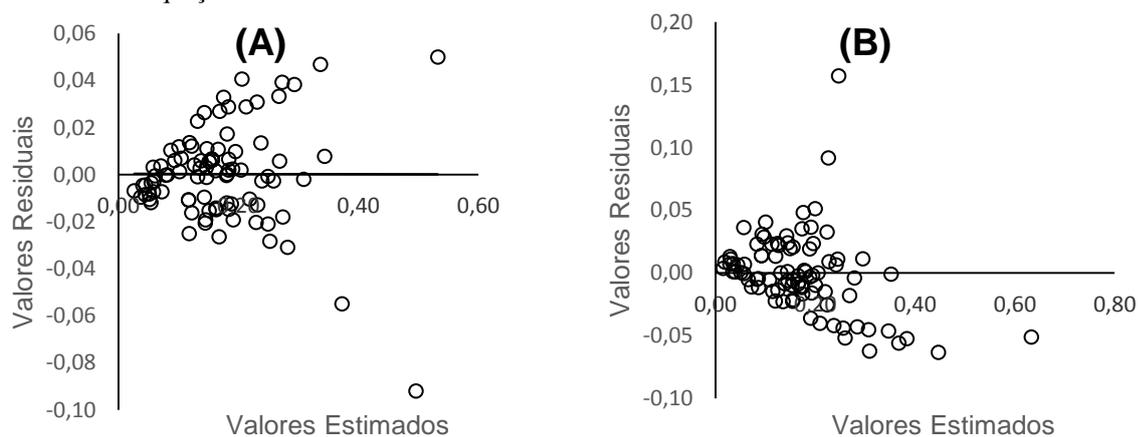
Amorim (2018) realizou trabalho com espécies nativas em área experimental na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia no Campus experimental da cidade de Cruz das Almas – BA. Demonstrou em seu trabalho que o modelo de Spurr obteve melhores resultados estatísticos e dispersão dos erros não tendenciosos de volume de madeira para as espécies *Anadantera macrocarpa* e *Genipa americana*, com coeficiente de determinação igual a 87,9% e erro médio 31,56%.

Venturoli e Morales (2014) realizaram cubagem rigorosa de um híbrido *Eucalyptus grandis x E. urophylla* pertencente à família Myrtaceae, que são de grande importância comercial, também adequou-se a proposta de Spurr gerando a seguinte equabilidade $v = -0,003579 + 0,00003723 Db^2h$ com coeficiente ajustado equivalente à 95% e erro padrão 17,78%.

Conforme os resultados da tabela 4 verificou-se que o modelo de Spurr foi o mais adequado para estimar o volume de madeira para as árvores do Cerrado dispostas na tabela 2, demonstrou alta significância estatística entre as variáveis independentes e a variável dependente.

Outro critério de seleção de ajuste foi o gráfico da distribuição dos resíduos (figura 2). Analisando o gráfico dos resíduos (figura 2A) verificou-se coerente distribuição da nuvem de pontos, validando que o menor erro foi a equação de Spurr. Nas proximidades da linha zero dos dois lados pode-se notar que há normalidade e certo grau de homogeneidade da variação dos valores observados e valores estimados o que foi demonstrado também por Rezende *et al.* (2006), Amorim (2018) para determinadas espécies e Pelissari (2011). Enquanto a distribuição dos resíduos pelo modelo de Scolforo e Silva (figura 2B) observa-se que existem dados experimentais mais distantes do eixo central indicando uma condição tendenciosa (IMAÑA; ENCINAS *et al.*, 2008).

Figura 2. (A) Valores residuais e valores estimados da equação de Spurr; (B) Valores residuais e valores estimados da equação de Scolforo e Silva.



Fonte: Dados coletados do experimento

CONCLUSÃO

O modelo de Spurr foi o mais indicado com base em critérios estatísticos para representar a cubagem da madeira para as espécies de o Jenipapeiro (*Genipa americana*), o Jatobazeiro (*Hymenaea courbaril*), o Barueiro (*Dipteryx alata*), o Pequizeiro (*Caryocar brasiliense*) e a Cagaiteira (*Stenocalyx dysentericus*) da área experimental do IF Goiano campus Ceres-GO.

AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa foi apoiada pelo Instituto Federal Goiano (Campus Ceres), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS

AMORIM, L. C.; **Potencial de Redes Neurais Artificiais e Regressão na Estimativa de Volume de Espécies Nativas.** Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Cruz das Almas, fevereiro, 2018. 21 p.

ARCKOLL, D. B. **Some lesser-known Brazilian fruits unexploited commercial potential.** Den Haag. Proceedings. Den Haag: International Federation of Fruit Juice Producers, 1997. p. 27-34.

BATISTA, F. O.; SOUZA, R. S. **Compostos Bioativos em Fruto de Pequi (*Caryocar brasiliense* Camb) E Baru (*Dipteryx alata* Vogel) e seus usos potenciais: uma revisão.** Brazilian Journal of Development, v.5 n. 7, 2019. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv5n7-120>

BRITO, M.A.; PEREIRA E.B.C; PEREIRA A.V.; RIBEIRO J.F. **Cagaita; biologia e manejo.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agro pecuária CdpAdC, editor. Planaltina, DF. : Embrapa Cerrados, 2003. 80 p.

CABACINHA, C. D.; **Um Método para a Realização do Inventário Florestal Suprindo a Cubagem Rigorosa.** Dissertação de Mestrado. UFLA. Lavras, 2003. 136 p.

CAMPOS, O. J.; **Cubagem de árvores.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas. Florianópolis, SC, 2014. 87 p.

CARRAZZA, L; ÁVILA, J. Manual Tecnológico de Aproveitamento Integral do Fruto do Baru. 2. ed. Brasília: Ed. **Instituto Sociedade, População e Natureza**, 2010. 56 p, 1975.

CARVALHO FILHO, J.L.S.; BLANK, M.F.A.; BLANK, A.F; RANGEL, M.S.A. Produção de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em diferentes ambientes, recipientes e composições de substratos. **Cerne**, lavras, v.9, n.1, p.109-118, 2003

CONAB, **Subvenção Direta ao Produtor Extrativista.** Disponível em :<
http://www.agricultura.gov.br/assuntos/camarasetoriaisstematicas/documentos/camarasetoriais/ervamate/2019/09aro/app_conab.pdf/view>Acesso em: 26 de outubro de 2019.

CORREA, M.P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas.** Rio de Janeiro: IBDF, 1969. v.4, p.515-519.

ESTRELLA, E. **Plantas medicinales amazonicas: realidad y perspectivas.** Manaus: TCA, 1995. p.268

FARIA JÚNIOR J.E.Q. **O gênero Eugenia L.(Myrtaceae) nos estados de Goiás e Tocantins, Brasil** [Dissertation]. Brasília: Universidade de Brasília; 2010.

FERNANDES, G. W.; PEDRONI, F.; SANCHEZ, M.; SCARIOT, A.; AGUIAR, L. M. S.; FERREIRA, G.; MACHADO, R.; FERREIRA, M. E.; DINIZ, S.; PINHEIRO, R. T.; COSTA, J. A. S.; DIRZO, R.; MUNIZ, F. **Cerrado: em busca de soluções sustentáveis**. Rio de Janeiro: Vozes, 2016.

FREDO, A. R. L. F. Baru (Fruto). In: **Companhia Nacional de Abastecimento (Conab). Proposta de Preços Mínimos: safra 2013/2014: produtos da sociobiodiversidade**. Brasília, 2013, p.106-132.

GOMES, R.P. Fruticultura brasileira. 8.ed. São Paulo: **Nobel**, 1982. p.278-281

GORCHOV, D.L.; PALMEIRIM, J.M.; JARAMILLO, M.; ASCORRA, C.F. Dispersal of seeds of *Hymenaea courbaril* (Fabaceae) in a logged rain forest in the Peruvian Amazonian. **Acta amazonica**, Manaus, v.34, n.2, p.251-259, 2004.

GUARIM NETO, G.; MORAIS, R. G. Recursos medicinais de espécies do cerrado de Mato Grosso: um estudo bibliográfico. **Acta Botanica Brasilica**, v. 17, n. 4, p. 561-584, 2003.

HANSEN, D. S.; SILVA, S. A.; FONSECA, A. A. O.; HANSEN, O. A. S.; FRANÇA, N. O. Caracterização Química de Frutos de Jenipapeiros Nativos do Recôncavo Baiano Visando o Consumo Natural e Industrialização. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, V.30, n.4, 2008.

IMAÑA-ENCINAS, J.; SANTANA, O. A.; PAULA, J. E.; IMAÑA A. R. Equações de Volume de Madeira para o Cerrado de Planaltina de Goiás. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 39, n. 1, p. 107-116, jan./mar. 2009.

KUHLMANN, M. **Frutos e sementes do Cerrado atrativos para a fauna: guia de campo**. Brasília, DF: Rede de sementes do Cerrado, 2012.

KUHLMANN, M.; RIBEIRO, J. F. Evolution of seed dispersal in the Cerrado biome: ecological and phylogenetic considerations. **Acta Botanica Brasilica**, v. 30, n. 2, p. 271-282, 2016.

LEITE, H.G.; ANDRADE V.C.L. Um método para condução de inventários florestais sem o uso de equações volumétricas. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 26, n. 3, p. 321- 328, 2002.

LOETSCH, F.; ZÖHRER, F.; HALLER, K. E. **Forest inventory**. Munich: BLV, 1973. v.2. 469p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora. 4. ed., Vol. 1, 2002.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora. 4 ed., Vol. 2, 2013.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora. 2 ed., Vol. 3, 2016.

MARTINOTTO C.; PAIVA R.; SOARES F.P.; SANTOS B.R.; NOGUEIRA R.C. **Cagaiteira (*Eugenia dysenterica* DC.)**. Lavras-MG: Universidade Federal de Lavras; 2008. 1-21 p.

MEYER, A.; A correction term for a systematic error occurring in the application of the logarithmic volume equation. **The Pensylvanian State Forest School: Research Paper**, v. 7, p.1-7, 1941.

MICCOLIS, A.; ANDRADE, R. M. T.; PACHECO P. **Land-use trends and environmental governance policies in Brazil: Paths forward for sustainability**. Bogor, Indonesia: CIFOR, 2014. 59 p.

MIGUEL, E. P.; LEAL, A. F.; ONO, H. A.; LEAL, U. A. S. Modelagem na predição do volume individual em plantio de *Eucalyptus urograndis*. **Revista Brasileira de Bioma**, São Paulo, v. 32, n. 4, p. 584-598, 2014.

OLIVEIRA, C. P.; FRANCELINO, M. R.; DAER, M.; LELES, P.S.S.; ANDRADE, F. C. Comparação de Modelos Estatísticos para Estimativa da Biomassa de Árvores, e Estimativa do Estoque de Carbono Acima do Solo em Cerrado. **Ciência Florestal**, Santa Maria, V. 29, n.1, p. 255-269, 2019.

OLIVEIRA, G. L.; OLIVEIRA, A. F. M.; ANDRADE, L. DE H. C. Plantas medicinais utilizadas na comunidade urbana de Muribeca, Nordeste do Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, 24(2), 571-577, 2010.

OLIVEIRA, P.R.A. **Plantas Mediciniais: aprendendo tecnicamente: do plantio ao uso adequado as 100 plantas medicinalmente mais importante**. Gráfica Elisa, Rondonópolis, p. 163, 2006.

OVERBECK, G. E.; VÉLEZ-MARTIN, E.; SCARANO, F. R.; LEWINSOHN, T. M.; FONSECA, C. R.; MEYER, S. T.; MULLER, S. C.; CEOTTO, P.; DADALT, L.; DURIGAN, G.; GANADE, G.; GOSSNER, M. M.; GUADAGNIN, D. L.; LORENZEN, K.; JACOBI, C. M.; WEISSER, W. W.; PILLAR, V. D. **Conservation in Brazil needs to include non-forest ecosystems**. *Diversity and Distributions*, 21, p. 1455-1460, 2015.

PELISSARI, A. L.; LANSSANOVA, L. R.; DRESCHER, R. Modelos Volumétricos para Pinus tropicais, em Povoamento Homogêneo, no Estado de Rondônia. **Pesquisa Florestal Brasileira**. Colombo; v.31, n.67, p. 173-181, jul/set. 2011.

PINHEIRO, R. T.; MARCELINO, D. G.; MOURA, D. R.; Espécies Arbóreas de uso Múltiplo e sua Importância na Conservação da Biodiversidade nas Áreas Verdes Urbanas de Palmas, Tocantins. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 49, p. 264-282, 2018.

PRANCE, G.T. **Árvores de Manaus**. 17.ed. Manaus: INPA, 1975. p.223-225.

PRANCE, G.T.; SILVA, M.F. **Árvores de Manaus**. Manaus: CNPq/INPA, p.312, 2010.

REZENDE, A. V.; VALE, A. T.; SANQUETTA, C. R.; FILHO, A.F.; FELFILI J. M.; Comparação de Modelos para a Estimativa do Volume, Biomassa e Estoque de Carbono da Vegetação Lenhosa de um Cerrado sensu stricto em Brasília. **Scientia Florestalis**. Brasília, v.71, p. 65-76, 2006.

REZENDE, L. C. **Avaliação da atividade antioxidante e composição química de seis frutas tropicais consumidas na Bahia**. 2010. 118 f. Dissertação (programa de pós graduação em Química) - Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2010.

SANO, S; RIBEIRO, J; BRITO, M. **Baru: biologia e uso**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 52p

SANTANA NETA, L. G. **Caracterização e avaliação do potencial de bioativos e atividade antioxidantes de *Genipa americana* L desidratado**. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) - Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2014.

SANTOS, I. A.; **Economia Ecológica e Políticas Públicas: um olhar sobre o Cerrado brasileiro**. Uberlândia, 2018. 99 p.

SCOLFORO, J. R. S.; SILVA, S. T. **O conceito de “floresta balanceada de Meyer” como opção para intervenção em cerrado sensu stricto**. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO. : SBS, Curitiba, v. 1, p. 378-381, 1993.

SEIFRIED, H. E. et al. A review of the interaction among dietary antioxidants and reactive oxygen species. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v.18, n. 9, p. 567- 579, 2007.

SILVA, A. F.; RABELO, M. F. R.; ENOQUE, M. M. Diversidade de angiospermas e espécies medicinais de uma área de Cerrado. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Campinas, v. 17, n. 4, p. 1016-1030, 2015.

SILVA, D. B; SILVA, J. A; JUNQUEIRA, N. T. V; ANDRADE, L. R. M. **Frutas do Cerrado**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. 179 p.

VENTUROLI, F & MORALES M. M. **Volumetria de um Híbrido de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* no Cerrado: Similaridades de Estimativas**. Agrotrópica, Centro de Pesquisas do Cacau, Ilhéus, Bahia, Brasil, v. 26, n. 3, p. 167-174, 2014.