

## EQUAÇÕES HIPSOMÉTRICAS E VOLUMÉTRICAS PARA MOGNO AFRICANO NO SUL DO TOCANTINS

Rafaella da Costa Gama<sup>1\*</sup>, Valdir Carlos Lima de Andrade<sup>2</sup>

SAP 20672 Data envio: 28/09/2018 Data do aceite: 13/11/2018  
Sci. Agrar. Parana., Marechal Cândido Rondon, v. 17, n. 4, out./dez., p. 507-514, 2018

**RESUMO** - A ampliação do interesse de produtores pelo mogno africano, torna mais notória a incipiência de informações técnico-científicas acerca da espécie. Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho ajustar as equações hipsométricas e volumétricas para o mogno africano. Os dados foram oriundos de plantio seminal, sendo 10 parcelas retangulares de 750 m<sup>2</sup> cada, distribuídas aleatoriamente e, medidos os diâmetros à altura do peito das árvores inseridas na parcela e, em média, a altura total de 6 árvores de cada parcela. Realizou-se uma cubagem rigorosa, empregando a Fórmula de Smalian. Ajustaram-se seis modelos hipsométricos e oito volumétricos e a qualidade destes ajustes foi avaliada pelo coeficiente de determinação ajustado, erro padrão residual e gráfico de resíduos. Todos os modelos hipsométricos apresentaram baixos coeficientes de determinação ajustados e elevados erro padrão residual. Nos modelos de Prodan e Trorey, foram observadas estatísticas ligeiramente superiores. Com base na facilidade do ajuste, o modelo de Trorey é o mais adequado para estimar a altura de árvores de mogno africano. Todos os modelos volumétricos apresentaram resultados satisfatórios e semelhantes quanto as estatísticas. Com base nos resultados, o modelo de Stoate é o mais adequado para estimar o volume de árvores.

**Palavras-chave:** *Khaya senegalensis* (Desr.) A Juss., relação altura-diâmetro, volume.

### *HYPOMETRIC AND VOLUMETRIC EQUATIONS FOR AFRICAN MAHOGANY IN SOUTH OF TOCANTINS*

**ABSTRACT** - The increase in the interest of producers by the African mahogany makes the incipience of scientific technical information about the most notorious species. The objective of the present work was the adjustment of hypsometric and volumetric equations for the African mahogany. The data were from seminal planting, with 10 rectangular plots of 750 m<sup>2</sup> each, distributed randomly and measured the Diameter at Breast Height of all the trees inserted in the plot were evaluated and the total height of 6 trees, in average, in each portion. Strict drilling was performed employing the Smalian Formula. Six hypsometric and eight volumetric models were fitted, the quality of the adjustments was evaluated by the adjusted coefficient of determination, residual standard error and residual graph. All hypsometric models had low adjusted coefficients of determination and high residual standard errors. In the Prodan and Trorey models, slightly higher statistics were observed. Based on the ease of adjustment the Trorey model is the most suitable for estimating height of african mahogany trees. All the volumetric models presented satisfactory and similar results regarding the statistics. Based on the results, the Stoate model is the most adequate to estimate the volume of trees.

**Keywords:** *Khaya senegalensis* (Desr.) A Juss., diameter height relationship, volume.

### INTRODUÇÃO

As florestas plantadas contribuem com grandes benefícios econômicos, sociais e ambientais, como pagamento de impostos, geração de postos de trabalho e a conservação e preservação dos recursos naturais, principalmente, de produtos madeireiros. Assim, por reduzir a pressão de produtos advindos das matas nativas, o reflorestamento é uma opção promissora em grande expansão no Brasil.

Diante disso, para suprir a demanda de produtos madeireiros de elevado potencial econômico, tem-se a formação de plantios florestais com o mogno africano, das espécies *Khaya ivorensis* A. Chev., *K. grandifolia* C. DC.,

*K. anthotheca* (Welw.) C. DC. e *K. senegalensis* (Desr.) A. Juss. Estas, por se constituírem madeira nobre, são utilizadas para diversas finalidades, como movelaria, construção civil e naval, carpintaria de interior e exterior, entre outras (PINHEIRO et al., 2012).

No Brasil o mogno africano foi introduzido para substituir o mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla* King), por ser naturalmente resistente à broca-do-ponteiro (*Hypsipyla grandella* Zeller), principal praga que atinge o mogno nativo e inviabiliza sua produção comercial no centro-oeste e norte brasileiro. Também, pela inexistência no País da *H. robusta* Moore que ataca as espécies

<sup>1</sup>Mestranda em Ciências Florestais e Ambientais, Universidade Federal do Tocantins (UFT), Rua Badejos, Lote 7 - Chácara 69/72, Caixa Postal 66, CEP 77402-970, Gurupi, Tocantins, Brasil. E-mail: [rafaellacg@yahoo.com.br](mailto:rafaellacg@yahoo.com.br). \*Autora para correspondência.

<sup>2</sup>Professor do Curso de Engenharia Florestal, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais, Universidade Federal do Tocantins (UFT), Rua Badejos, Lote 7 - Chácara 69/72, Caixa Postal 66, CEP 77402-970, Gurupi, Tocantins, Brasil. E-mail: [vclandrade@uft.edu.br](mailto:vclandrade@uft.edu.br).

africanas na área de ocorrência natural (KLEIN et al., 2016).

Devido ao bom desenvolvimento em áreas de clima tropical e se adaptar bem naquelas de clima subtropical, o mogno africano se destaca entre as espécies exóticas de madeira nobre, principalmente, por ter bom crescimento no Bioma Cerrado, o que aumenta o interesse de produtores (DANQUAH et al., 2011).

O gênero *Khaya* em diferentes áreas do Brasil, apresenta elevado desenvolvimento das variáveis dendrométricas em comparação a outras regiões do mundo, como África, Malásia e Austrália. É considerado um gênero de média a alta produtividade, porém, existem poucos estudos relacionados ao seu crescimento e produtividade (RIBEIRO et al., 2014).

Decorrente da necessidade de informações acerca da cultura do mogno africano no Brasil, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o ajuste de equações hipsométricas e volumétricas para um plantio desta espécie (*K. senegalensis*), localizado no sul do Tocantins.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Localização dos dados

A coleta dos dados foi feita em plantio seminal de mogno africano, localizado na zona rural de Gurupi, região sul do estado do Tocantins. O local do experimento está localizado sob coordenadas geográficas de latitude 11°42'42,2" sul e longitude 48°59'06,8" oeste. A área experimental ocupava 12 ha, com plantas de 2,9 anos de idade, cultivadas em espaçamento 6 x 4 m.

O clima da região é *Aw*, de acordo com a classificação de Köppen-Geiger (PEEL et al., 2007). A temperatura média anual varia de 28 a 30°C e precipitação média anual variando de 1.200 a 1.400 mm, tendo chuvas de outubro a abril, veranicos entre janeiro e fevereiro, e seca no inverno entre maio a setembro (INMET, 2017).

### Modelos hipsométricos avaliados

Os dados foram coletados em uma amostra com total de 7.500 m<sup>2</sup>, dividida em 10 parcelas retangulares de 750 m<sup>2</sup> cada (30 x 25 m), aleatoriamente distribuídas na área. Cada parcela teve 24 árvores, totalizando 245 indivíduos amostrados. Foi medida a altura total de 6 árvores de cada parcela, resultando em 55 valores, para os ajustes dos modelos hipsométricos, apresentados na Tabela 1.

**TABELA 1** - Modelos ajustados da relação hipsométrica para plantas de mogno africano avaliadas, com 2,9 anos de idade.

Nº	Modelos hipsométricos	Autores/Fonte
1	$(H) = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{1}{D}\right) + (\varepsilon)$	Assmann (1970)
2	$(H) = \beta_0 + \beta_1(D) + \beta_2(D)^2 + (\varepsilon)$	Trorey (1932)
3	$(H) = \frac{(D)^2}{\beta_0 + \beta_1(D) + \beta_2(D)^2} + (\varepsilon)$	Prodan (1965)
4	$\ln(H) = \beta_0 + \beta_1 \ln(D) + \beta_2 \left(\frac{1}{D}\right) + \ln(\varepsilon)$	Azevedo et al. (1999)
5	$\ln(H) = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{1}{D}\right) + \ln(\varepsilon)$	Curtis (1967)
6	$\ln(H) = \beta_0 + \beta_1 \ln(D) + \ln(\varepsilon)$	Stoffels (1953)

$\beta_n$  = coeficientes a serem estimados, H = altura total (m), D = diâmetro medido a 1,30 m do solo (cm), Ln = logaritmo neperiano.

### Modelos volumétricos avaliados

Utilizando os dados obtidos pelas parcelas de inventário, obteve-se a distribuição diamétrica para cubicar 38 árvores em pé, distribuídas proporcionalmente em classes de diâmetro. Em cada indivíduo, foi medido o diâmetro do tronco diretamente em cinco alturas (0,10 m; 0,30 m; 0,70 m; 1,30 m e 2,0 m). Deste ponto em diante, mediu-se o diâmetro do tronco a cada metro até em torno de 1 cm. Esta medição foi realizada por meio de uma plataforma idealizada pelo proprietário da fazenda para execução da poda e, também, pode ser realizada, devido a pouca idade do povoamento, constituído de árvores com baixas alturas.

Após a cubagem, obteve-se o volume do fuste por meio da aplicação sucessiva da fórmula de Smalian que, somado ao volume da cepa (0,1 m) e do cone (ponta), resultou no volume total de árvores individuais (ANDRADE, 2017). Em seguida, os dados obtidos de

volume foram utilizados no ajuste dos modelos volumétricos apresentados na Tabela 2.

### Critérios estatísticos

Para avaliar o ajuste dos modelos hipsométricos e volumétricos aos dados de mogno africano, utilizaram-se alguns critérios estatísticos, como o coeficiente de determinação ajustado (CDA), erro padrão residual (EPR) e análise gráfica dos resíduos (AGR).

É importante ressaltar que, tanto na obtenção dos critérios CDA, EPR e AGR, quanto no ajuste dos modelos hipsométricos e volumétricos, empregou-se o software R for windows (R CORE TEAM, 2015).

Também, conforme destacado por Scheneider et al. (2009) e Môra et al. (2014), foram adotados os procedimentos necessários de análises dos critérios utilizados, quanto a forma de ajuste dos modelos hipsométricos e volumétricos.

**TABELA 2** - Modelos volumétricos ajustados para plantas de mogno africano avaliadas, com 2,9 anos de idade.

Nº	Modelos volumétricos	Autores/Fonte
1	$(v) = \beta_0 + \beta_1 \cdot (D^2H) + (\varepsilon)$	Spurr (1952)
2	$(v) = \beta_0 + \beta_1(H) + \beta_2(D)^2 + \beta_3(D^2H) + \varepsilon$	Stoate (1945)
3	$(v) = \beta_0 + \beta_1(D) + \beta_2(H) + \varepsilon$	Schumacher e Hall (1933)
4	$(v) = \beta_0 + \beta_1(D) + \beta_2(D)^2 + \varepsilon$	Hohenadl e Krenm
5	$(v) = \beta_0 + \beta_1(D)^2 + \beta_2(D^2H) + \beta_3(DH)^2 + \beta_4(H)^2 + \varepsilon$	Naslund
6	$(v) = \beta_0 + \beta_1(D) + \beta_2(D)^2 + \beta_3(DH) + \beta_4(D^2H) + \beta_5 \cdot H + \varepsilon$	Meyer
7	$\text{Ln}(v) = \beta_0 + \beta_1 \text{Ln}(D) + \beta_2 \left(\frac{1}{D}\right) + \text{Ln}(\varepsilon)$	Brenac
8	$\text{Ln}(v) = \beta_0 + \beta_1 \text{Ln}(D) + \text{Ln}(\varepsilon)$	Husch (1963)

$\beta_n$  = coeficientes a serem estimados,  $v$  = volume total ( $\text{m}^3$ ),  $H$  = altura total (m),  $D$  = diâmetro medido a 1,30 m do solo (cm),  $\text{Ln}$  = logaritmo neperiano.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 3 apresenta as estatísticas descritivas obtidas pelo inventário feito com 10 parcelas de 750  $\text{m}^2$

cada. Os resultados obtidos no ajuste dos modelos hipsométricos são apresentados na Tabela 4 e dos modelos volumétricos nas Tabelas 5 e 6, respectivamente.

**TABELA 3** - Estatísticas descritivas para plantas de mogno africano avaliadas, com 2,9 anos de idade.

Características	D (cm)	H (m)
Mínimo	3,06	2,80
Máximo	9,68	7,80
Média	6,60	4,50
Desvio padrão	1,22	1,00
CV(%)	18,46	22,00

$D$  = diâmetro a 1,30 do solo (cm),  $H$  = altura total (m),  $CV(\%)$  = coeficiente de variação.

**TABELA 4** - Coeficientes e estatísticas de precisão dos modelos hipsométricos ajustados para plantas de mogno africano avaliadas, com 2,9 anos de idade.

Modelos	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	CDA	EPR (m)	EPR (%)
Assmann (1970)	7,8770	-23,1480	-	0,138	0,925	20,42
Trorey (1932)	9,2498	-1,8457	0,1651	0,186	0,899	19,85
Prodan (1965)	-20,2105	7,0280	-0,3652	0,187	0,899	19,84
Azevedo et al. (1999)	-9,1170	3,8500	21,6800	0,177*	0,904*	19,96*
Curtis (1967)	2,1610	-4,6510	-	0,139*	0,925*	20,42*
Stoffels (1953)	0,1150	0,7080	-	0,156*	0,916*	20,22*

$\hat{\beta}_n$  = coeficientes estimados, CDA = coeficiente de determinação ajustado, EPR = erro padrão residual, \* = valores recalculados

**TABELA 5** - Coeficientes estimados dos modelos volumétricos ajustados para plantas de mogno africano avaliadas, com 2,9 anos de idade.

Modelos	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	$\hat{\beta}_4$	$\hat{\beta}_5$
Spurr (1952)	$2,391^{-3}$	$4,607^{-5}$	-	-	-	-
Stoate (1945)	$-2,327^{-3}$	$7,396^{-4}$	$1,291^{-4}$	$2,568^{-5}$	-	-
Schumacher e Hall (1933)	-0,021598	0,003855	0,001874	-	-	-
Hohenadl e Krenm	$-2,905^{-4}$	$-4,916^{-4}$	$3,800^{-4}$	-	-	-
Naslund	$-4,590^{-4}$	$1,724^{-4}$	$1,032^{-5}$	$1,955^{-5}$	$1,358^{-6}$	-
Meyer	$5,402^{-3}$	$7,205^{-4}$	$-1,296^{-4}$	$-4,394^{-3}$	$2,370^{-7}$	$9,138^{-4}$
Brenac	-6,781	1,639	-4,335	-	-	-
Husch (1963)	-8,786	2,346	-	-	-	-

$\hat{\beta}_n$  = coeficientes estimados.

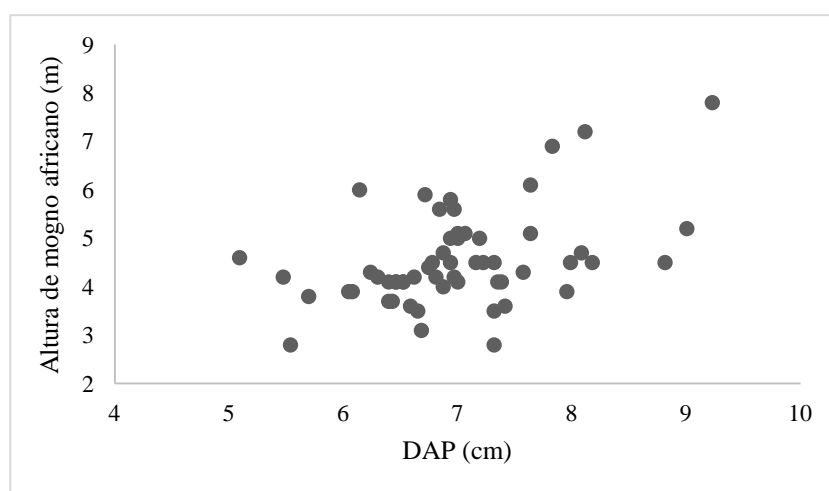
**TABELA 6** - Estatísticas de ajuste de modelos volumétricos para plantas de mogno africano avaliadas, com 2,9 anos de idade.

Modelo	CDA	EPR (m <sup>3</sup> )	EPR (%)
Spurr (1952)	0,930	0,00174	11,51
Stoate (1945)	0,930	0,00173	11,45
Schumacher e Hall (1933)	0,903	0,00204	13,51
Hohenadl e Krenm	0,894	0,00213	14,13
Naslund	0,928	0,00176	11,67
Meyer	0,929	0,00175	11,57
Brenac	0,891*	0,00211*	13,99*
Husch (1963)	0,893*	0,00212*	14,04*

CDA = coeficiente de determinação ajustado, EPR = erro padrão residual, \* = valores recalculados.

Todos os modelos hipsométricos apresentaram um CDA com valores baixos, expressando uma baixa relação dendrométrica entre a altura e diâmetro. Para o EPR, os valores são considerados altos, o que significa alta

dispersão entre os valores observados e estimados (Figura 1). Na literatura encontram-se resultados, em sua grande maioria, inferiores a 10% (ARAÚJO et al., 2012; NICOLETTI et al., 2016).

**FIGURA 1** - Dispersão da altura (m) em relação ao diâmetro [DAP (cm)] para plantas de mogno africano avaliadas, com 2,9 anos de idade.

Entre os seis modelos hipsométricos avaliados, observam-se nos modelos de Trorey e Prodan valores levemente superiores e bastante semelhantes entre si. As diferenças entre o melhor e pior CDA dos modelos foi de apenas 0,049 e, para o EPR, essa diferença é de 0,58%. Logo, a seleção do modelo para estimar a altura deve ir além dos critérios estatísticos, e observar a facilidade de aplicação. Assim, o modelo mais adequado para estimar a altura de *Khaya senegalensis* é o modelo de Stoate.

Os resultados obtidos em trabalhos com *Khaya ivorensis*, *Tectona grandis* L. f., *Acacia mearnsii* De Wild., *Eucalyptus*, *Pinus* e povoamento jovem de restauração florestal com idades de 2,5 a 8 anos, de Sanquetta et al. (2014), Sanquetta et al. (2015), Silva et al. (2015), Motta et al. (2016), Silva et al. (2016), Cerqueira et al. (2017a), Rodrigues et al. (2017), Sanquetta et al. (2017), Soares et al. (2017), Stolle et al. (2018) o CDA variou de 0,280 a 0,949 e EPR de 2,46% a 15,48%.

De acordo com os resultados supracitados, nota-se a inferioridade dos resultados obtidos no presente trabalho, provavelmente, em decorrência da variabilidade dos dados e a idade jovem do povoamento. Ofori et al. (2007),

demonstraram que o gênero *Khaya* apresenta comportamentos distintos com relação ao crescimento em altura, o que explica a variabilidade dos dados. Soma-se a isso a origem seminal do plantio que também contribuiu para a heterogeneidade.

A distribuição residual apresentou comportamento muito semelhante em todos os modelos ajustados (Figura 2). Observa-se que não apresentaram tendência nítida de subestimativa ou superestimativa da altura, sendo esse critério pouco esclarecedor no que se refere à seleção do melhor modelo hipsométrico.

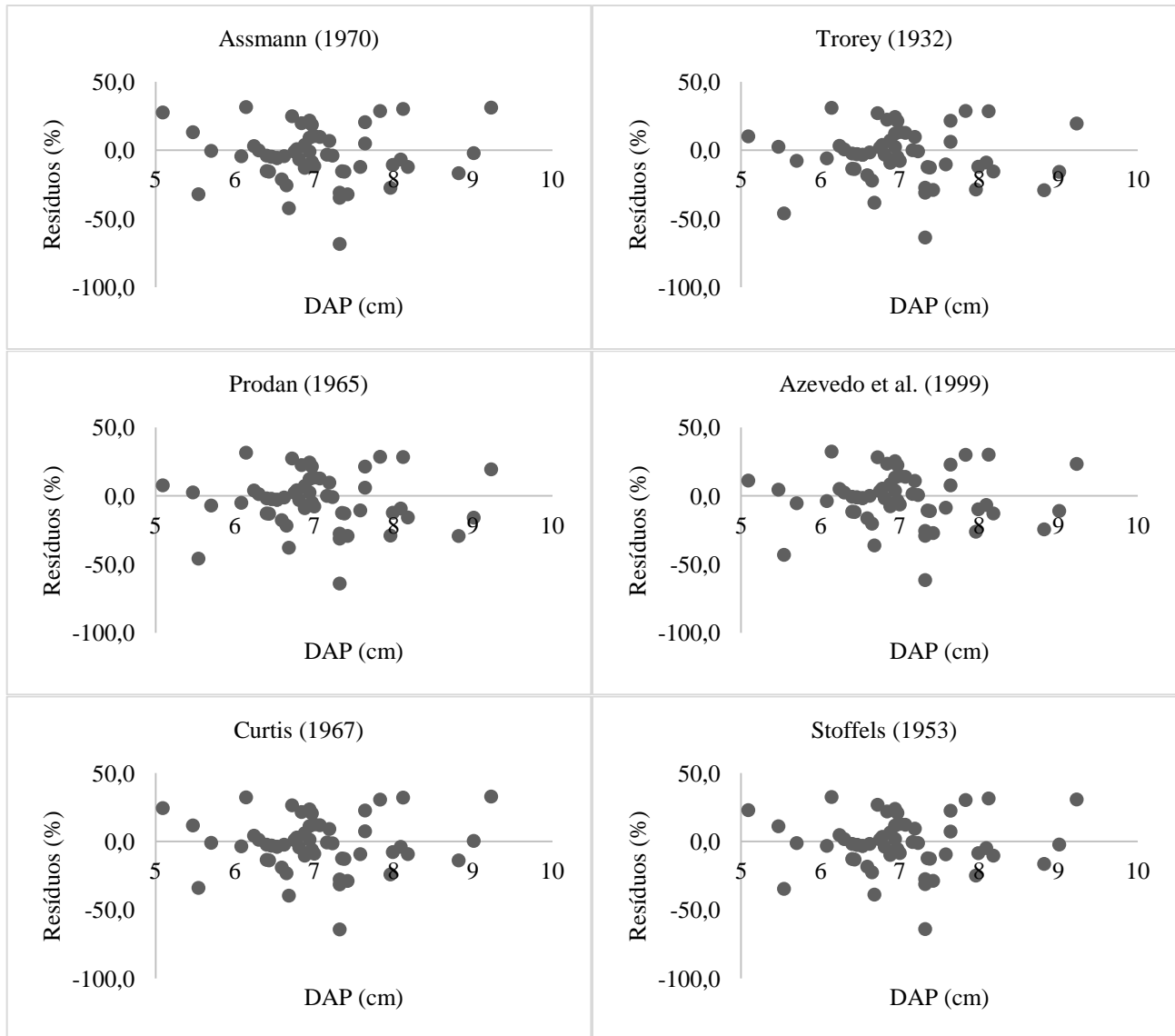
Por outro lado, quanto aos modelos volumétricos de dupla entrada, ambas estatísticas CDA e EPR, demonstraram ligeira superioridade em comparação aos de simples entrada (Tabela 6). No que se concerne ao modelo de Schumacher e Hall, amplamente difundido no Brasil, para *K. senegalensis* demonstrou o pior ajuste entre os modelos de dupla entrada, fato que pode ser explicado pela utilização do modelo em sua forma não logaritimizada.

Em trabalhos sobre *Khaya ivorensis*, *Tectona grandis* L. f., *Carapa guianensis* Aubl., *S. macrophylla*, *Eucalyptus* e *Pinus*, com idades de 2,5 a 10 anos,

desenvolvidos por Heryat et al. (2011), Silva et al. (2015), Cerqueira et al. (2017b), Fernandes et al. (2017), Stepka et al. (2017), o CDA e EPR variaram de 0,740 a 0,990 e 2,90% a 26,31%.

Goussanou et al. (2016) ajustaram modelos de volume para 18 espécies encontradas na floresta tropical

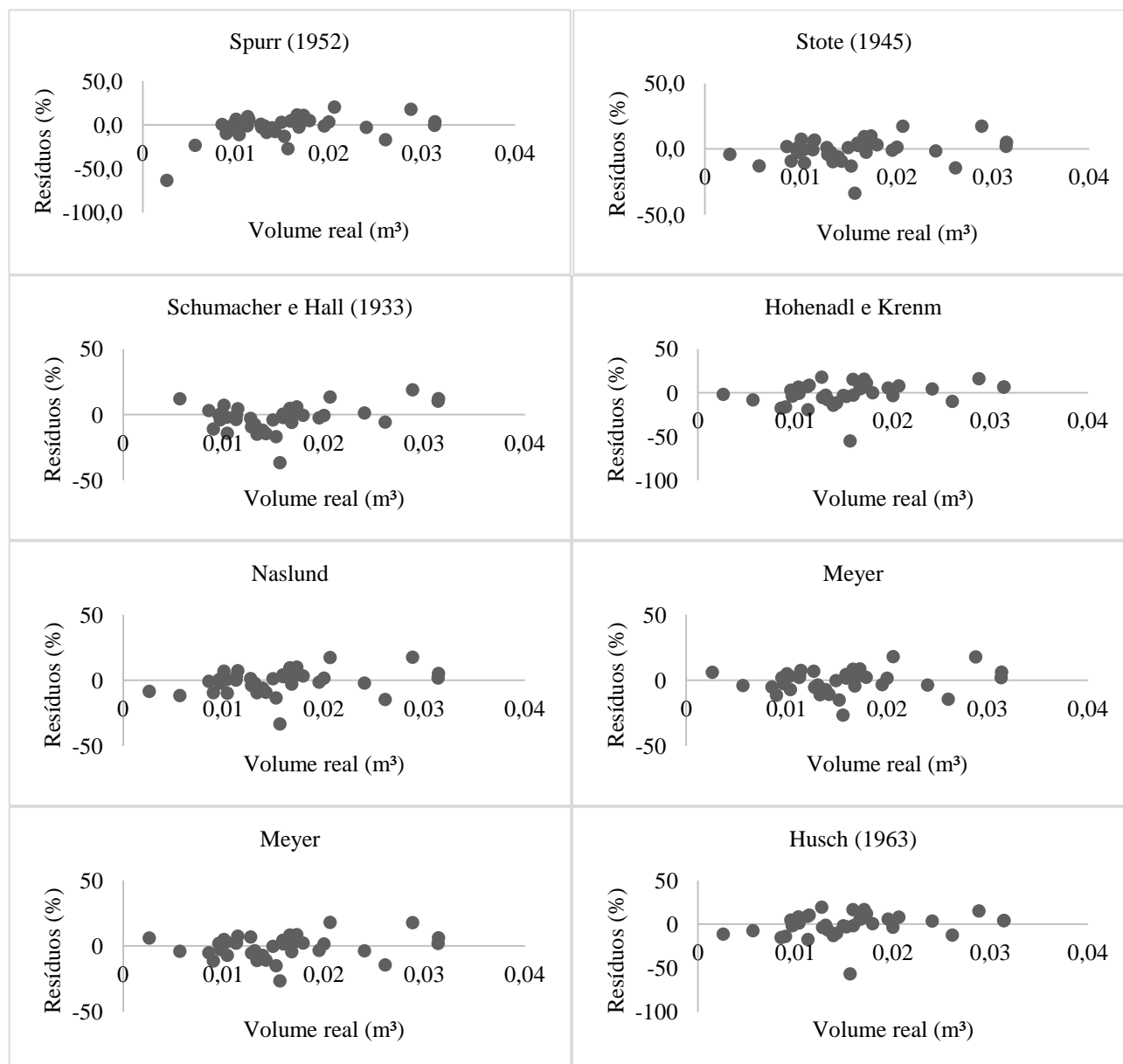
semi-decídua da África Ocidental, entre elas, *K. senegalensis*, e obtiveram CDA elevados para o modelo de simples entrada (0,98) e de dupla entrada (0,99), sendo o último o mais adequado para estimar volume na ausência da altura, sendo modelos de simples entrada uma alternativa viável.



**FIGURA 2** - Distribuição de resíduos das equações hipsométricas ajustadas para plantas de mogno africano avaliadas, com 2,9 anos de idade.

A Figura 3 apresenta a distribuição residual dos modelos volumétricos ajustados. Observa-se que o modelo de Stoate tem a melhor distribuição de resíduos dentre os demais, com a menor amplitude dos erros e distribuição

aleatória, sem tendências ao longo do eixo x. Isso sugere que tal modelo é o de melhor ajuste aos dados de volume de *Khaya senegalensis* em Gurupi (TO).



**FIGURA 3** - Distribuição de resíduos das equações volumétricas ajustadas para plantas de mogno africano avaliadas, com 2,9 anos de idade.

No gráfico do modelo de Schumacher e Hall não logarítmico, que teve o pior ajuste entre os modelos de dupla entrada, pode ser observada a tendência de superestimar o volume no ponto que o valor é de cerca de 0,015 m<sup>3</sup>. Os gráficos dos demais modelos não demonstraram tendências nítidas para subestimar ou superestimar o volume, sendo que os modelos de Spurr, Stote, Naslund e Meyer são mais uniformes ao se comparar com Hohenadl e Krenn, Brenac e Husch.

### CONCLUSÕES

Os dados utilizados para os ajustes são heterogêneos e influenciaram nos resultados dos modelos hipsométricos que estão aquém do observado na literatura para outras espécies. Em decorrência da facilidade do ajuste, o modelo mais adequado para estimar a altura de *K. senegalensis* é o de Trorey.

Os ajustes dos modelos volumétricos são satisfatórios e os resultados demonstram que o modelo de Stote é o mais adequado para estimar o volume de *Khaya senegalensis*.

### REFERÊNCIAS

- ANDRADE, V.C.L. Modelos volumétricos de dupla entrada para aplicar em povoamentos florestais brasileiros. **Floresta e Ambiente**, v.24, e00135415, p.1-10, 2017.
- ARAÚJO, E.J.G.; PELISSARI, A.L.; DAVID, H.C.; SCOLFORO, J.R.S.; PÉLLICO NETTO, S.; MORAIS, V.A. Relação hipsométrica para candeia (*Eremanthus erythropappus*) com diferentes espaçamentos de plantio em Minas Gerais, Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.32, n.71, p.257-268, 2012.

- CERQUEIRA, C.L.; MÔRA, R.; LENZI, I.L.C.; DRESCHER, R.; LIMA, E.M. Modelagem da altura de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em diferentes espaçamentos. **Biofix Scientific Journal**, v.2, n.2, p.93-99, 2017a.
- CERQUEIRA, C.L.; LISBOA, G.S.; FRANÇA, L.C.J.; MÔRA, R.; MARQUES, G.M.; SALLES, T.T.; BRIANZI, D. Modelagem da altura e volume de *Tectona grandis* L. F. na mesorregião Nordeste do Pará. **Nativa**, v.5, n.esp., p.606-611, 2017b.
- DANQUAH, A.J.; APPIAH, M.; ARI, P. Eco-geographic variation in leaf morphology of African mahogany (*Khaya anthotheca* and *Khaya ivorensis*). **European Journal Science Research**, v.51, n.1, p.18-28, 2011.
- FERNANDES, A.M.V.; GAMA, J.R.V.; RODE, R.; MELO, L.O. Equações volumétricas para *Carapa guianensis* Aubl. e *Swietenia macrophylla* King em sistema silvipastoril na Amazônia. **Nativa**, v.5, n.1, p.73-77, 2017.
- GOUSSANOU, C.A.; GUENDEHOU, S.; ASSOGBADJO, A.E.; KAIRE, M.; SINSIN, B.; CUNISANCHEZ, A. Specific and generic stem biomass and volume models of tree species in a West African tropical semi-deciduous forest. **Silva Fennica**, v.50, n.2, [s.p.], 2016.
- HERYATI, Y.; BELAWAN, D.; ABDU, A.; MAHAT, M.N.; ABDUL-HAMID, H.; MAJID, N.M.; HASSAN, A.; HERIANSYAH, I. Growth performance and biomass accumulation of a *Khaya ivorensis* plantation in three soil series of ultisols. **American Journal of Agricultural and Biological Sciences**, v.6, n.1, p.33-44, 2011.
- INMET. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. 2017. **Monitoramento Climático**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/page&page=desvioChuvaAnual>>. Acesso em: 18 de out. 2018.
- KLEIN, D.R.; ANDRADE, M.M.; DERENGOSKI, J.A.; DUARTE, E.; KHREFTA, S.N.; SILVEIRA, A.C.; BRUN, E.J. Aspectos gerais e silviculturais de *Cordia americana*, *Aspidosperma polyneuron*, *Toona ciliata* e *Khaya* spp. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.15, n.2, p.155-164, 2016.
- MÔRA, R.; SILVA, G.F.; GONCALVES, F.G.; SOARES, C.P.B.; CHICHORRO, J.F.; CURTO, R.A. Análise de diferentes formas de ajuste de funções de afilamento. **Scientia Forestalis**, v.42, n.102, p.237-249, 2014.
- MOTTA, A.S.; ALMEIDA, E.J.; VENDRUSCOLO, D.G.S.; SOUZA, H.S.; MEDEIROS, R.A.; SILVA, R.S. Modelagem da altura em *Tectona grandis* L. f. clonal e seminal. **Revista Brasileira de Biometria**, v.34, n.3, p.395-406, 2016.
- NICOLETTI, M.F.; SOUZA, K.; SILVESTRE, R.; FRANÇA, M.C.; ROLIM, F.A. Relação hipsométrica para *Pinus taeda* L. em diferentes fases do ciclo de corte. **Floresta e Ambiente**, v.23, n.1, p.80-89, 2016.
- OFORI, D.A.; OPUNI-FRIMPONG, E.; COBBINAH, J.R. Provenance variation in *Khaya* species for growth and resistance to shoot borer *Hypsipyla rogusta*. **Forest Ecology and Management**, v.242, n.1, p.438-443, 2007.
- PEEL, M.C. FINLAYSON, B.L., MCMAHON, T.A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences Discussions**, v.11, n.5, p.1633-1644, 2007.
- PINHEIRO, A.L.; PINHEIRO, D.T.; COUTO, L. Mogno Africano: boa alternativa para produção de madeira nobre. **Revista da Madeira**, v.23, n.131, [s.p.], 2012.
- R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2015. Disponível em: <<http://www.r-project.org>>. Acesso em: 10 out. 2018.
- RIBEIRO, A.; FERRAZ FILHO, A.C.; SCOLFORO, J.R.S. Inventário florestal contínuo de plantios de mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.) no Estado de Minas Gerais. In: CORTE, A.P.; SANQUETTA, C.A.; RODRIGUES, A.L.; MACHADO, S.A.; PÉLLICO NETTO, S.; FIGUEIREDO FILHO, A.; NOGUEIRA, G.S. **Atualidades em Mensuração Florestal**. 1a. ed. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2014. p.187-191.
- RODRIGUES, C.K.R.; LOPES, E.S.; FIGUEIREDO FILHO, A.; PELISSARI, A.L. Identidade de modelos hipsométricos e volumétricos de povoamentos de pinus com diferentes idades submetidos ao desbaste mecanizado. **Biofix Scientific Journal**, v.2, n.1, p.54-59, 2017.
- SANQUETTA, C.R.; BEHLING, A.; CORTE, A.P.D.; RUZA, M.S.; SIMON, A.; SÃO JOSÉ, J.F.B. Relação hipsométrica em inventários pré-corte em povoamentos de *Acacia mearnsii* De Wild. **Científica**, v.42, n.1, p.80-90, 2014.
- SANQUETTA, M.N.I.; SANQUETTA, C.R.; MOGNON, F.; CORTE, A.P.D.; RODRIGUES, A.L.; MAAS, G.C.B. Ajuste de equações hipsométricas para a estimação da altura total de indivíduos jovens de teca. **Científica**, v.43, n.4, p.400-406, 2015.
- SANQUETTA, C.R.; SANQUETTA, M.N.I.; BASTOS, A.; QUEIROZ, A.; CORTE, A.P.D. 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.
- SCHNEIDER, P.R.; SCHNEIDER, P.S.P.; SOUZA, C.A.M. **Análise de regressão aplicada à engenharia florestal**. Santa Maria: FACOS-UFSM, 2009. 294p.
- SILVA, A.J.; SILVA FILHO, J.L.F.; SILVA, M.D.T.; ROQUE, C.G.; CUNHA, F.F. Ajuste de modelos hipsométricos e volumétricos para três clones de *Eucalyptus* em Mineiros - GO. **Nucleus**, v.12, n.2, p.221-230, 2015.
- SILVA, L.F.; FERREIRA, G.L.; SANTOS, A.C.A.; LEITE, H.G.; SILVA, M.L. Equações hipsométricas, volumétricas e de crescimento para *Khaya ivorensis* plantada em Pirapora. **Floresta e Ambiente**, v.23, n.3, p.362-368, 2016.
- SOARES, K.L.; COSTA, L.S.; ARAÚJO, M.S.; CALIXTO JÚNIOR, J.E.D.; INTERAMNENSE, M.T. Modelagem hipsométrica de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. no sudeste do estado de Goiás. **Revista de Agricultura Neotropical**, v.4, Suplemento 1, p.51-57, 2017.

Equações hipsométricas...

GAMA, R. C. & ANDRADE, V. C. L. (2018)

STEPKA, T.F.; ZENY JÚNIOR, G.A.; LISBOA, G. dos S.; CERQUEIRA, C.L.; PESCK, V.A.; ROIK, M. Modelos volumétricos e funções de afilamento para *Pinus taeda* L. na região dos Campos Gerais, Paraná, Brasil. **Revista Espacios**, v.38, n.21, p.26-35, 2017.

STOLLE, L.; VELOZO, D.R.; CORTE, A.P.D.; SANQUETTA, R.C.; BEUTLING, A. Modelos hipsométricos para um povoamento jovem de *Khaya ivorensis* A. Chev. **Biofix Scientific Journal**, v.3, n.2, p.231-236, 2018.