

Funções densidade de probabilidade para descrição da distribuição diamétrica de povoamentos de *Acacia mangium*

Daniel H. B. Binoti¹, Mayra L. M. da S. Binoti², Hélio G. Leite¹, Márcio A. Cordeiro³, Samira C. Santos²

¹ Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Florestal, Av. P.H. Rolfs, s/n, Campus UFV, 36570-000, Viçosa-MG, Brasil. E-mail: danielhbbinoti@gmail.com; hglete@gmail.com

² Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - Campus JK, Departamento de Engenharia Florestal, Rodovia MGT367-KM 583, 5000, Alto da Jacuba, CEP 39100-000, Diamantina-MG, Brasil. E-mail: mayrabinoti@gmail.com; samira87br@gmail.com

³ Amapá Florestal e Celulose S.A., Departamento de Inventário Florestal, Rua Cláudio Lúcio Monteiro, 818, Novo Horizonte, CEP 68925-000, Santana-AP, Brasil. E-mail: marcio.engflorestal@gmail.com

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi ajustar diferentes funções densidade de probabilidade (fdp) para descrever a distribuição diamétrica da espécie florestal *Acacia mangium*. Os dados foram provenientes de uma medição aos 12 anos de um plantio localizado no estado do Amapá, compreendendo 15.160 árvores com diâmetro a 1,30 m de altura (dap) variando de 10 a 45,9 cm. As fdp foram ajustadas no software FitFD disponível gratuitamente pelo projeto NeuroForest (<http://neuroforest.ucoz.com/>), sendo: Weibull, hiperbólica e log-logística com dois (2P) e três parâmetros (3P) e com o dap mínimo como parâmetro de locação (DapMin), Weibull e hiperbólica com três parâmetros truncada (3P truncada), Gen. Logística 3P, Fatigue Life 2P e 3P, Frechet 2P e P. O teste Kolmogorov-Smirnov (KS) ($P > 0,01$) e a análise gráfica foram utilizados para avaliar a aderência das fdp aos dados observados. Os resultados mostraram que as funções testadas neste estudo podem ser utilizadas para a modelagem da distribuição de diâmetros de plantios de *Acacia mangium*.

Palavras-chave: acácia, FitFD, hiperbólica, Weibull

*Probability density functions to describe the diameter distribution of stands of *Acacia mangium**

ABSTRACT

The aim of this work was to adjust different probability density functions (pdf) to describe the diameter distribution of the forest specie *Acacia mangium*. Data were obtained from a measurement to 12 years of a plantation located in the state of Amapá, comprising 15,160 trees with diameter at 1.30 m height (dbh) ranging from 10 to 45.9 cm. The fdp were adjusted in FitFD computing system freely available by NeuroForest (<http://neuroforest.ucoz.com/>) project, these being: Weibull, log-logistic and hyperbolic with two (2P) and three parameters (3P) and the dap minimum as a parameter location (DapMin), Weibull and truncated hyperbolic with three parameters (truncated 3P), Logistics Gen. 3P, 2P and 3P Fatigue Life, Frechet 2P and P. The Kolmogorov - Smirnov test (KS) ($P > 0.01$) and graphical analysis were used to evaluate the adherence of pdf to the observed data. The results showed that the functions tested in this study can be used for modeling the diameter distribution of stands of *Acacia mangium*.

Key words: acacia, FitFD, hyperbolic, Weibull

Introdução

A espécie *Acacia mangium* pertence ao gênero *Acacia* o qual, que juntamente com os gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, constitui os três gêneros florestais mais plantados no mundo, principalmente por apresentar crescimento rápido, facilidade de adaptação a condições adversas e múltiplos usos da madeira. Há poucos estudos buscando o aprimoramento do sistema de produção e a quantificação do crescimento e da produção florestal desta espécie (Veiga et al., 2000; Souza et al., 2004; Tonini et al., 2010).

Uma das formas de quantificar o crescimento e a produção florestal é pela modelagem da distribuição diamétrica que visa estimar o número de árvores por classe de diâmetro. A descrição precisa da distribuição diamétrica de povoamentos equiâneos é imprescindível para o planejamento da condução da floresta possibilitando análise econômica adequada, simulação de desbaste, derramas e corte final e projeção de volume (Campos & Leite, 2013).

Esses modelos geralmente se utilizam do emprego de uma função densidade de probabilidade (fdp). As fdp são frequentemente usadas para caracterizar a estrutura diamétrica da floresta visto que descrevem a distribuição de frequência dos diferentes tamanhos de árvore. Dentre as funções mais utilizadas para a construção de modelos de distribuição de diâmetros, estão a Weibull e a Hiperbólica (Leite et al., 2010; Binoti et al., 2010; Binoti et al., 2011a; Binoti et al., 2011b; Binoti et al., 2012a; Campos & Leite, 2013).

Outras fdp têm sido utilizadas para descrever a distribuição diamétrica de plantios florestais, como: log gama (Binoti et al., 2013a); Frechet (Binoti et al., 2012b); Pearson tipo V (Binoti et al., 2013b); gama (Araújo Júnior et al., 2013); Fatigue life, gamma, gamma generalizada, logística generalizada, log-logística, Nakagami, Beta, Burr, Dagum (Binoti et al., 2012c).

Devido à inexistência de estudos de diferentes funções de densidade de probabilidade para descrever a distribuição diamétrica de plantios de *Acacia mangium*, este trabalho objetivou preencher esta lacuna avaliando estatisticamente a eficiência das funções Weibull, Hiperbólica, Log-logística, Logística-generalizada, Fatigue e Frechet.

Material e Métodos

Descrição dos Dados

Os dados deste trabalho foram provenientes de uma medição de um plantio de *Acacia mangium* localizado no estado do Amapá, compreendendo 140 talhões (15.160 árvores), com diâmetro a 1,30 m de altura (dap) variando de 10 a 45,9 cm. O plantio possuía idade de aproximadamente 12 anos e foi estabelecido em um arranjo espacial de 3 x 3 metros sem aplicação de desbastes (Tabela 1).

Tabela 1. Características dendrométricas do plantio de *Acacia mangium* aos 12 anos de idade

Variável	Média	Mínimo	Máximo	Desvio padrão
dap (cm)	14,8	10,0	45,9	3,9
Altura total (m)	12,6	5,6	25,1	2,7
Volume total com casca (m ³)	0,1139	0,0194	1,5600	0,0931

Descrição das funções

Para cada parcela foram ajustadas as seguintes funções:

a) Weibull

$$f(x) = \left(\frac{\gamma}{\beta}\right) \left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)^{\gamma-1} e^{-\left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)^\gamma}$$

em que: α é o parâmetro de locação, β é o parâmetro de escala ($\beta > 0$), γ é o parâmetro de forma ($\gamma > 0$) e x é o centro de classe de diâmetro ($x > 0$).

Com a presença dos parâmetros de locação, escala e forma, tem-se a função Weibull de três parâmetros (3P). A supressão do parâmetro de locação da função caracteriza a função Weibull de dois parâmetros (2P). A substituição do parâmetro de locação pelo dap mínimo do conjunto de ajuste (parcela), resulta na função Weibull com 2 parâmetros e dap mínimo como parâmetro de locação. A função Weibull com 3 parâmetros (3P), pode ser truncada à direita pelo diâmetro máximo da parcela (T):

$$f(x) = \frac{\left(\frac{\gamma}{\beta}\right) \left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)^{\gamma-1} e^{-\left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)^\gamma}}{1 - e^{-\left(\frac{T-\alpha}{\beta}\right)^\gamma}}$$

Desta forma, a função Weibull foi ajustada em quatro formas diferentes: 2P, 3P, 2P com dap mínimo como locação e 3P truncada pelo dap máximo.

b) Hiperbólica

$$f(x) = \left(\frac{\gamma}{\beta}\right) \left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)^{\gamma-1} \left\{ 1 - \tanh \left[\left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)^\gamma \right]^2 \right\}$$

Com a presença dos parâmetros de locação, escala e forma, tem-se a função hiperbólica de três parâmetros (3P). A supressão do parâmetro de locação da função caracteriza a função hiperbólica de dois parâmetros (2P). A substituição do parâmetro de locação pelo dap mínimo do conjunto de ajuste (parcela), resulta na função hiperbólica com 2 parâmetros e dap mínimo como parâmetro de locação. A função hiperbólica com 3 parâmetros (3P), pode ser truncada à direita, pelo diâmetro máximo da parcela (T):

$$f(x) = \frac{\left(\frac{\gamma}{\beta}\right) \left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)^{\gamma-1} \left\{ 1 - \tanh \left[\left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)^\gamma \right]^2 \right\}}{\tanh \left[\left(\frac{T-\alpha}{\beta}\right)^\gamma \right]}$$

Desta forma, a função hiperbólica foi ajustada em quatro formas diferentes: 2P, 3P, 2P com dap mínimo como locação e 3P truncada pelo dap máximo.

c) Log-logística

$$f(x) = \left(\frac{\gamma}{\beta}\right) \left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)^{\gamma-1} \left[1 + \left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)^{\gamma}\right]^{-2}$$

Com a presença dos parâmetros de locação, escala e forma, tem-se a função log-logística de três parâmetros (3P). A supressão do parâmetro de locação da função caracteriza a função log-logística de dois parâmetros (2P). A substituição do parâmetro de locação pelo dap mínimo do conjunto de ajuste (parcela), resulta na função log-logística com 2 parâmetros e dap mínimo como parâmetro de locação. Assim, a função log-logística foi ajustada em três formas.

d) Logística generalizada

$$f(x) = \begin{cases} \frac{(1+\gamma z)^{-1-\frac{1}{k}}}{\left\{\beta \left[1+(1+\gamma z)\right]^{-\frac{1}{\gamma}}\right\}^2} & \gamma \neq 0 \\ \frac{e^{-z}}{\beta(1+e^{-z})^2} & \gamma = 0 \end{cases}$$

em que: $z = (x - \alpha)/\beta$, k também é um parâmetro de forma

e) Fatigue Life

$$f(x) = \frac{\sqrt{\frac{(x-\alpha)}{\beta}} + \sqrt{\frac{\beta}{(x-\alpha)}}}{2y(x-\alpha)} \phi \left[\frac{1}{\gamma} \left(\sqrt{\frac{(x-\alpha)}{\beta}} - \sqrt{\frac{\beta}{(x-\alpha)}} \right) \right]$$

em que:

$$\phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int e^{-\frac{x^2}{2}} dx, \quad \phi(x) = \frac{e^{-\frac{x^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}}$$

Com a presença dos parâmetros de locação, escala e forma, tem-se a função Fatigue Life de três parâmetros (3P). A supressão do parâmetro de locação da função caracteriza a função Fatigue Life de dois parâmetros (2P).

f) Frechet

$$f(x) = \left(\frac{\gamma}{\beta}\right) \left(\frac{\beta}{x-\alpha}\right)^{\gamma-1} e^{-\left[\left(\frac{\beta}{x-\alpha}\right)\right]^{\gamma}}$$

Com a presença dos parâmetros de locação, escala e forma, tem-se a função Frechet de três parâmetros (3P). A supressão do parâmetro de locação da função caracteriza a função Fatigue Life de dois parâmetros (2P).

Ajuste e avaliação das funções

Os dados de distribuição diamétrica por parcela foram agrupados em intervalos de classe igual a 1,0 cm. O ajuste das funções densidade de probabilidade (total de 16) à amostra de dados foi feito no sistema *FitFD*.

O *FitFD* é um sistema computacional de ajuste de funções densidade de probabilidade, disponível gratuitamente pelo projeto NeuroForest (<http://neuroforest.ucoz.com/>). O sistema permite agrupar dados de dap em diferentes amplitudes de classe e ajustar diferentes funções, simultaneamente (Binoti, 2012; Campos & Leite, 2013).

Utilizou-se o teste Kolmogorov-Smirnov (KS) ($P > 0,01$) (Gibbons & Subhabrata, 1992) para avaliar a aderência das fdp aos dados observados comparando a frequência cumulativa estimada e observada, sendo a máxima diferença o teste estatístico (dn). Todos os ajustes foram avaliados por meio de análise gráfica da distribuição diamétrica observada e a curva estimada pela fdp.

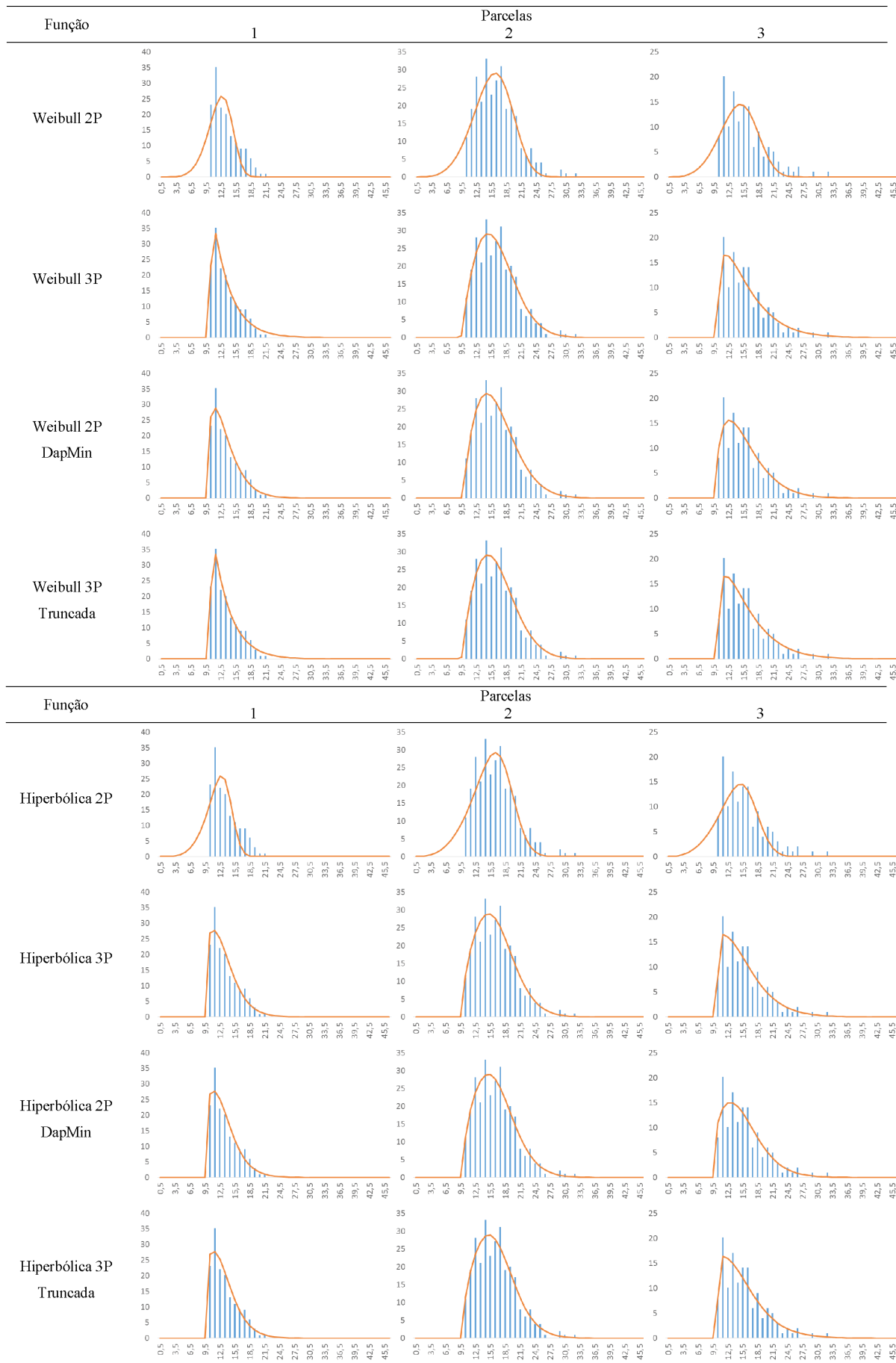
Resultados e Discussão

O teste Kolmogorov-Smirnov foi aplicado para a frequência acumulada estimada por cada função densidade de probabilidade ajustada para cada parcela. O teste Kolmogorov-Smirnov foi significativo para todas as funções e ajustes. A média dos valores máximos da diferença absoluta entre as frequências estimada e observada para cada fdp é apresentada na Tabela 2. Devido ao elevado número de ajustes (por parcela), foram selecionadas aleatoriamente, três parcelas para representação gráfica da distribuição diamétrica observada e a curva estimada pela fdp (Figura 1).

Estudos do crescimento e da produção florestal da *Acacia mangium* têm demonstrado seu potencial como espécie de rápido crescimento para múltiplos usos da madeira. Plantios homogêneos na região de Manaus (AM), apresentaram volume de 181 m³ ha⁻¹ e incremento médio anual de 45 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ aos 4 anos (Souza et al., 2004). Veiga et al. (2000) testaram equações volumétricas para povoamentos de sete anos de idade de *Acacia mangium*, na região de Botucatu (SP). Tonini & Schwengber (2006) testaram equações volumétricas e hipsométricas para descrever o crescimento da espécie aos 4 anos, em plantios no estado de Roraima. Entretanto, a literatura científica ainda carece de estudos sobre a modelagem do crescimento e da produção da espécie implantada no Brasil. Muitos dos trabalhos são relativos ao desenvolvimento da espécie em outros países como Costa Rica, Honduras e Panamá (Oliva & Hughell, 1990), Indonésia (Forss et al., 1996), região central de Bangladesh (Newaz & Millat-Mustafá,

Tabela 2. Média dos valores do teste Kolmogorov-Smirnov das funções testadas, para todos os ajustes

f.d.p	K-S	f.d.p	K-S
Weibull 2P	0,1277	Log-Logística 2P	0,0878
Weibull 3P	0,0560	Log-Logística 3P	0,0880
Weibull 2P DapMin	0,0573	Log-Logística 2P DapMin	0,1173
Weibull 3P Truncada	0,0699	Gen. Logística 3P	0,0877
Hiperbólica 2P	0,1418	Fatigue Life 2P	0,0781
Hiperbólica 3P	0,0645	Fatigue Life 3P	0,0612
Hiperbólica 2P DapMin	0,0571	Frechet 2P	0,0834
Hiperbólica 3P Truncada	0,0647	Frechet 3P	0,0752



Continua na próxima página

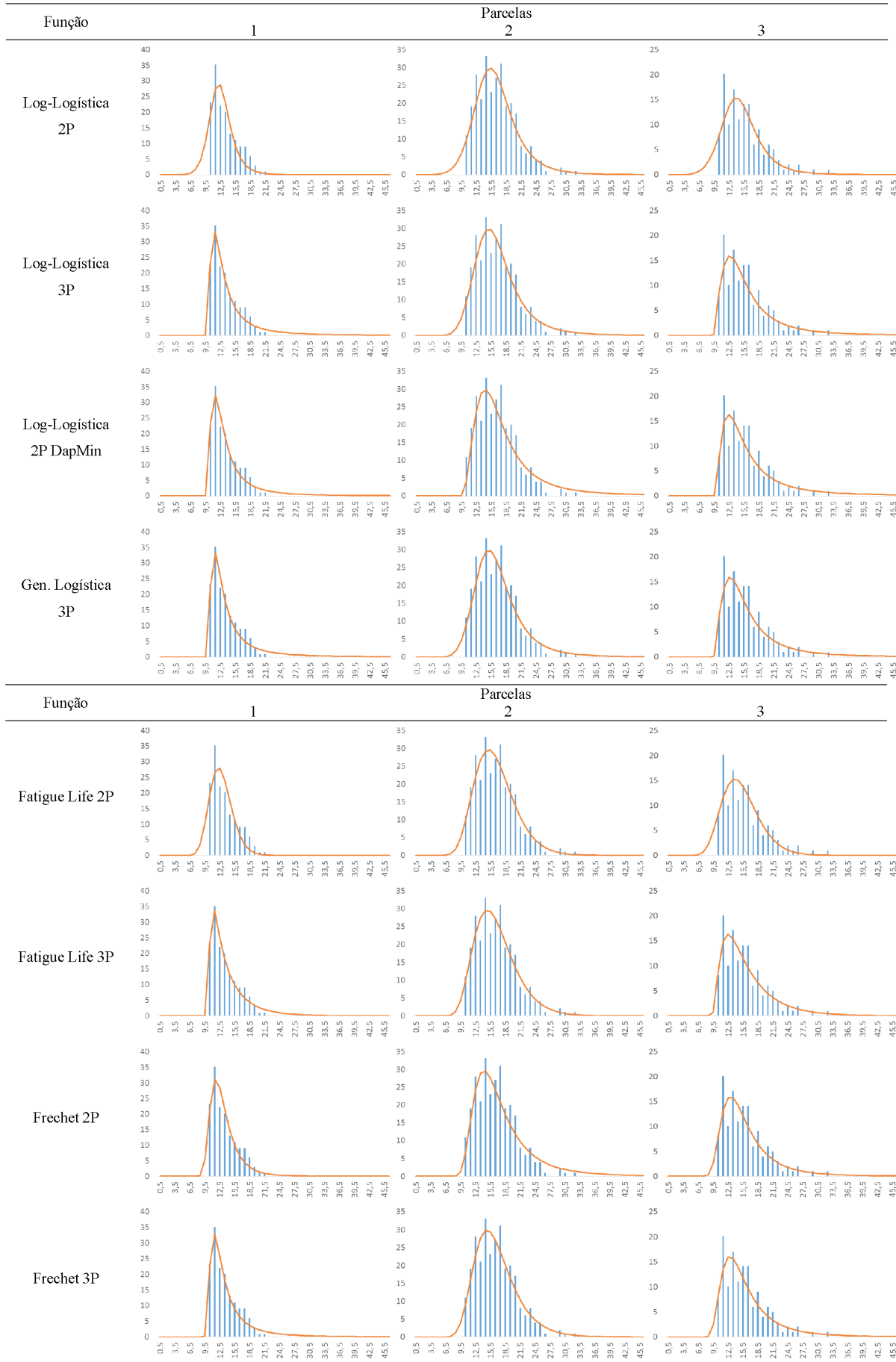


Figura 1. Número de árvores observado por classe de diâmetro (barra) e curva da fdp, para todas as funções testadas para três diferentes parcelas aleatórias

2004), Colômbia (Vélez & Del Valle, 2007) e sudeste asiático (Matsumura, 2011).

A modelagem da distribuição de diâmetros em plantios de eucalipto, teca e pinus já foi exaustivamente estudada em diversos trabalhos (Nelson, 1964; Bliss & Reinker, 1965; Clutter & Bennett, 1965; Bailey & Dell, 1973; Jorge & Veiga, 1990; Hafley & Schureuder, 1977; Nogueira et al. 2005; Palahí et al., 2007; Binoti et al., 2010; Téó et al., 2011 e Araújo Júnior et al., 2013).

A modelagem da distribuição de diâmetros em plantios florestais e povoamentos de eucalipto tem sido feita com base em predição ou projeção de parâmetros de uma distribuição estatística empregando-se modelos de regressão (Campos & Leite, 2013). A função Weibull de dois parâmetros tem sido utilizada na maioria dos estudos, por se tratar de uma função flexível e pelo fato de seus parâmetros serem facilmente correlacionados com características dos povoamentos.

Esse estudo comprovou a eficiência da função Weibull para descrição da distribuição de diâmetros de povoamentos de acácia. A função hiperbólica apresentou desempenho similar ao apresentado pela função Weibull. Estudos da aplicação das duas funções são encontrados para plantios de eucalipto e teca demonstrando, em alguns casos, a superioridade da função hiperbólica sobre a função Weibull (Binoti et al., 2011; Binoti et al., 2013b).

Conclusão

As funções testadas neste estudo podem ser utilizados para a modelagem da distribuição de diâmetros de plantios de *Acacia mangium*.

Literatura Citada

- Araújo Júnior, C. A.; Leite, H. G.; Castro, R. V. O.; Binoti, D. H. B.; Alcântara, A. E. M.; Binoti, M. L. M. S. Modelagem da distribuição diamétrica de povoamentos de eucalipto utilizando a função gama. *Cerne*, v.19, n.2, p.307-314, 2013. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0104-77602013000200015>>.
- Bailey, R. L.; Dell, T. R. Quantifying diameter distributions with the Weibull function. *Forest Science*, v.19, n.2, p 97-104, 1973.
- Binoti, D. H. B. Sistemas computacionais aplicados ao manejo florestal. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa 2012. 127p. Tese Doutorado. <http://www.tede.ufv.br/tesesimplificado/tde_arquivos/3/TDE-2012-10-31T102520Z-4058/Publico/texto%20completo.pdf>. 30 Abr. 2014.
- Binoti, D. H. B.; Binoti, M. L. M. S.; Leite, H. G. Emprego da função Frechet para modelagem da distribuição diamétrica de povoamentos de eucalipto. *Ciência da Madeira*, v. 3, n. 2, p. 144-156, 2012b. <<http://dx.doi.org/10.12953/2177-6830.v03n02a08>>.
- Binoti, D. H. B.; Binoti, M. L. M. S.; Leite, H. G. Utilização da função Pearson tipo V, Weibull e hiperbólica para modelagem da distribuição de diâmetros. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v.33, n.75, p.279-286, 2013b. <<http://dx.doi.org/10.4336/2013.pfb.33.75.426>>.
- Binoti, D. H. B.; Binoti, M. L. M. S.; Leite, H. G.; Garcia, S. L. R.; Cruz, J. P. Modelos de distribuição diamétrica para povoamentos desbastados de eucalipto utilizando a função hiperbólica. *Revista Árvore*, v.35, n.5, p.1069-1076, 2011b. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622011000600013>>.
- Binoti, D. H. B.; Binoti, M. L. M. S.; Leite, H. G.; Melido, R. C. N.; Santos, F. L. Descrição da distribuição diamétrica de sistemas agrossilvipastoris utilizando as funções weibull e hiperbólica. *Revista Árvore*, v.36, n.2, p.349-356, 2012a. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622012000200016>>.
- Binoti, D. H. B.; Binoti, M. L. M. S.; Leite, H. G.; Silva, A. Modelos de distribuição de diâmetros utilizando a função log gama. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v.33, n.73, p.103-107, 2013a. <<http://dx.doi.org/10.4336/2013.pfb.33.73.387>>.
- Binoti, D. H. B.; Leite, H. G.; Nogueira, G. S.; Silva, M. L. M.; Garcia, S. L. R.; Cruz, J. P. Uso da função Weibull de três parâmetros em um modelo de distribuição diamétrica para plantios de eucalipto submetidos a desbaste. *Revista Árvore*, v.34, n.1, p.147-156, 2010. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622010000100016>>.
- Binoti, D. H. B.; Binoti, M. L. M. S.; Leite, H. G.; Fardin, L.; Oliveira, J. C. Probability density functions for description of diameter distribution in thinned stands of *Tectona grandis*. *Cerne*, v.18, n.2, p.185-196, 2012c. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0104-77602012000200002>>.
- Binoti, D. H. B.; Leite, H. G.; Guimarães, D. P.; Silva, M. L. M.; Garcia, S. L. R.; Fardin, L. P. Eficiência das funções Weibull e hiperbólica para descrição de distribuições diamétricas de povoamentos de *Tectona grandis*. *Revista Árvore*, v.35, n.2, p.299-306, 2011. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622011000200014>>.
- Bliss, C. L.; Reinker, K. A. A log normal approach to diameter distributions in even-aged stands. *Forest Science*, v. 10, n.3, p.350-360, 1964.
- Campos, J. C. C.; Leite, H. G. Mensuração Florestal: perguntas e respostas. 4ed. Viçosa: Ed. UFV, 2013. 605 p.
- Clutter, J. L.; Bennett, F. A. Diameter distributions in old-field slash pine plantations. Georgia: Georgia Forest Research Council, 1965. 9p. (Georgia Forest Research Council Report, 13).
- Forss, E.; Von Gadow, K.; Saborovski, J. Growth models for unthinned *Acacia mangium* plantations in South Kalimantan, Indonesia. *Journal of Tropical Forest Science*, v.8, n.4, p.449-462, 1996. <http://www.uni-forst.gwdg.de/~jsaboro/pdfs/saborowski_33_1996.pdf>. 22 Mar. 2014.
- Gibbons, J. D.; Subhabrata, C. Nonparametric statistical inference. 3.ed. New York: Marcel Dekker, 1992. 544p. (Statistics: Textbook and Monograph, 31).
- Hafley, W. L.; Schreuder, H. T., Statistical distributions for fitting diameter and height data in ever-aged stands. *Canadian Journal of Forest Research*, v.7, n.3, p.184-487, 1977. <<http://dx.doi.org/10.1139/x77-062>>.
- Jorge, L. A. B.; Veiga, R. A. A.; Pontinha, A. A. S. A função Weibull no estudo de distribuições diamétricas em povoamento de *Pinus elliottii* na estação experimental de Itapeva. *IPEF*, n.43/44, p.54-60, 1990. <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr43-44/cap07.pdf>>. 30 Abr. 2014.

- Leite, H. G.; Binoti, D. H. B.; Guimarães, D. P.; Silva, M. L. M.; Garcia, S. L. R. Avaliação do ajuste das funções Weibull e hiperbólica a dados de povoamentos de eucalipto submetidos a desbaste. *Revista Árvore*, v.34, n.2, p.305-311, 2010. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622010000200013>>.
- Matsumura, N. Yield prediction for *Acacia mangium* plantations in Southeast Asia. *FORMATH*, v.10, p.295-308, 2011. <http://book.formath.jp/vol10/fulltext/Vol10_295-308Matsumura.pdf>. 22 Mar. 2014.
- Nelson, T. C. Diameter distribution and growth of loblolly pine. *Forest Science*, v.10 n.1, p.105-114, 1964.
- Newaz, M.S.; Milla T-Mustafa, M. Growth and yield prediction models for *Acacia mangium* grown in the plantations of the central region of Bangladesh. *New Forests*, n.27, n.1, p.81-88, 2004. <<http://dx.doi.org/10.1023/A:1025086920175>>.
- Nogueira, G. S.; Leite, H. G.; Campos, J. C. C.; Carvalho, A. F.; Souza, A. L. de. Modelo de distribuição diamétrica para povoamentos de *Eucalyptus* sp. submetidos a desbaste. *Revista Árvore*, v.29, n.4, p.579-589, 2005. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622005000400010>>.
- Oliva, E.; Hughell, D. Modelo de crecimiento y rendimiento de Mangium (*Acacia mangium* Willd.) em Costa Rica, Honduras y Panamá. *Silvoenergia*, n.35, p.6-9, 1990.
- Palahi, M.; Pukkala, T.; Trasobares, A. Modelling the diameter distribution of *Pinus sylvestris*, *Pinus nigra* and *Pinus halepensis* forest stands in Catalonia using the truncated Weibull function. *Forestry*, v.79, n.5, p.553-562, 2006. <<http://dx.doi.org/10.1093/forestry/cpl037>>.
- Souza, C. R.; Rossi, L. M. B.; Azevedo, C. P.; Lima, R. M. B. Comportamento da *Acacia mangium* e de clones de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* em plantios experimentais na Amazônia Central. *Scientia Forestalis*, n.95, p. 95-101, 2004. <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr65/cap09.pdf>>. 25 Abr. 2014.
- Téo, S. J.; Rocha, S. P.; Bortoncello, A. C.; Paz, R. A.; Costa, R. H. Dinâmica da distribuição diamétrica de povoamentos de *Pinus taeda*, na região de Caçador, SC. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v.31, n.67, p.183-192, 2011. <<http://dx.doi.org/10.4336/2011.pfb.31.67.183>>.
- Tonini, H., Halfeld-Vieira, B. A., Silva, S. J. R. *Acacia mangium*: Características e seu cultivo em Roraima. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2010. 145p.
- Tonini, H.; Schwengber, L. A. M. Equações hipsométricas e volumétricas para *Acacia mangium* Willd em Roraima. *Ambiência*, v.2, n.2, p.155-165, 2006. <<http://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/325/454>>. 22 Abr. 2014.
- Veiga, R. A. A.; Carvalho, C. M.; Brasil, M. A. M. Determinação de equações de volume para árvores de *Acacia mangium* Willd. *Cerne*, v.6, n.1, p.103-107, 2000. <http://www.dcf.ufra.br/cerne/artigos/13-02-20092330v6_n1_nt%2001.pdf>. 30 Abr. 2014.
- Vélez, D. A. T.; Del Valle, J. I. Growth and yield modelling of *Acacia mangium* in Colombia. *New Forests*, v.34, n.3, p.293-305, 2007. <<http://dx.doi.org/10.1007/s11056-007-9056-5>>.