

## MODELAGEM DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE ESPÉCIES LENHOSAS DA CAATINGA, SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO

### DIAMETRIC DISTRIBUTION MODELING OF WOODY SPECIES IN CAATINGA, SEMI- ARID REGION OF PERNAMBUCO STATE

Gabriel Paes Marangon<sup>1</sup> Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira<sup>2</sup> José Antônio Aleixo da Silva<sup>3</sup>  
Paulo Renato Schneider<sup>4</sup> Gabrielle Hambrecht Loureiro<sup>5</sup>

#### RESUMO

O objetivo deste estudo foi ajustar e selecionar funções de densidade de probabilidade que descrevam a distribuição diamétrica das espécies *Poincianella bracteosa* Tul, *Mimosa ophthalmocentra* Mart. ex Benth, *Manihot carthaginensis subsp. glaziovii* (Muell. Arg.) Allem e para o conjunto de espécies lenhosas ocorridas em uma área de Caatinga, no município de Floresta, semiárido pernambucano. O estudo foi realizado em uma área com histórico de perturbação com aproximadamente 10 ha, na qual foram instaladas 20 parcelas de (20 x 20 m), de forma sistemática. Os indivíduos lenhosos com circunferência a altura do peito (CAP)  $\geq$  6 cm, foram identificados botanicamente e tiveram seus diâmetros e alturas mensuradas. Foram testadas as funções probabilísticas de Weibull 3 parâmetros, Sb Johnson, Normal, Log-normal, Gamma, Beta e Meyer, utilizando-se um intervalo de classe de 2 cm e o teste de Kolmogorov-Smirnov foi empregado como critério de seleção. Verificou-se que a função de Weibull 3 parâmetros, foi a que melhor descreveu a distribuição diamétrica de *Mimosa ophthalmocentra* e *Manihot carthaginensis*, além de melhor descrever também o conjunto total de espécies. Para *Poincianella. Bracteosa*, a função ideal foi Sb Johnson. A existência de forte perturbação, observada na área de estudo, é explicada pela distribuição unimodal, refletida nas três espécies, portanto, a referida área merece devida atenção para que tal processo cesse.

**Palavras-chave:** distribuição probabilística; *Manihot carthaginensis*; *Mimosa ophthalmocentra*; *Poincianella bracteosa*.

#### ABSTRACT

The objective of this study was to adjust and select probability density functions that describe the diametric distribution of *Poincianella bracteosa* Tul, *Mimosa ophthalmocentra* Mart. ex Benth e *Manihot carthaginensis subsp. glaziovii* (Muell. Arg.) Allem species, and for this species as whole, which occurred in Caatinga biome, in the municipality of Floresta, in the semiarid region of Pernambuco state. The study was conducted in an area with disturbance history with approximately 10 ha, where it was installed 20 plots

1 Engenheiro Florestal, Msc., Doutorando em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS), Brasil. gabrimarangon@yahoo.com.br

2 Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Av. Dom Manuel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900, Recife (PE), Brasil. rinaldo@dcafl.ufrpe.br

3 Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Av. Dom Manuel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900, Recife (PE), Brasil. aleixo@dcafl.ufrpe.br

4 Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS), Brasil. paulors@smail.ufsm.br

5 Engenheiro Florestal, Msc., Doutoranda em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Av. Pref. Lothário Meissner, 900, Jardim Botânico Campus III, CEP 80210-170 Curitiba (PR), Brasil. ghloureiro@yahoo.com.br

(20 x 20m), in a symmetric way, where all the trees with circumference at the breast right (CBH)  $\geq$  6cm were identified and their diameters and heights were measured. It was tested the probabilistic functions such as: Weibull 3 parameters, Jonson's Sb, Normal, Log-normal, Gamma, Beta and Meyer. A class interval of 2 cm was used and Kolmogorov-Smirnov test was used as the selection criterium. It was found that the Weibull 3 parameters was the best function described the diametric distribution for *Mimosa ophthalmocentra* e *Manihot carthaginensis*. For *Poincianella bracteosa* Johnson's Sb was the ideal one. The existence of strong disturbance observed in the study area, is explained by a unimodal distribution, reflected in the three species, so that the area deserves due attention so that this process ceases.

**Keywords:** Probabilistic distribution; *Manihot carthaginensis*; *Mimosa ophthalmocentra*; *Poincianella bracteosa*.

## INTRODUÇÃO

A Caatinga é a vegetação predominante na região Nordeste do Brasil, cobrindo 54,53 % dos 1.548.672 km<sup>2</sup> da área da região (IBGE, 2005). Está compreendida entre os paralelos de 3° 17' S e meridianos 35° 45' W, completamente inserida no semiárido e envolvendo áreas dos Estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Sudoeste do Piauí, partes do interior da Bahia e do Norte de Minas Gerais (ANDRADE et al., 2005). A Caatinga apresenta características restritas e peculiares que confirmam sua exclusividade de ocorrência no território brasileiro.

Essa vegetação recobre uma área mais ou menos contínua de clima quente e semiárido, apresenta plantas com deficiência hídrica, evidenciando caducifólia, herbáceas anuais, suculência, acúleos e espinhos, predominância arbustiva, árvores de pequeno porte, cobertura contínua de copas, e flora com espécies endêmicas a esta área semiárida (RODAL e SAMPAIO, 2002). Muitos são os trabalhos que estudaram a fitossociologia e a distribuição diamétrica das espécies lenhosas da Caatinga (CALIXTO JUNIOR, 2011; SANTANA e SOUTO, 2006; MARANGON, 2011; FABRICANTE e ANDRADE, 2008; RODAL et al., 2008) já trabalhos relacionados às funções de densidade probabilística para descrever a distribuição diamétrica de Caatinga e suas espécies arbóreas ainda são escassos, no entanto, este estudo se torna importante e pioneiro para tal tipologia florestal.

As funções de densidade probabilística permitem a obtenção da probabilidade de árvores ocorrerem dentro de um determinado intervalo de classes diamétricas e são consideradas a melhor forma de descrever a estrutura diamétrica de uma espécie ou de uma floresta. Sendo importante,

pois, o entendimento dessas distribuições que permitem futuras previsões, imprescindíveis para que os planos de manejo, fundamentados na otimização, sejam implantados. De acordo com as particularidades de cada espécie, torna-se imprescindível a escolha de um modelo que descreva com boa coerência o desempenho da variável de interesse (MACHADO et al., 2010). As distribuições probabilísticas constituem conceitos fundamentais na estatística com aplicações práticas e teóricas, em que as frequências esperadas de ocorrência da variável aleatória são estimadas pelas funções probabilísticas. O emprego dessas funções vem sendo utilizado cada vez mais frequentemente, nos fatores que contribuíram para este maior uso, têm-se as facilidades de estimativas dos parâmetros dos modelos não lineares (GUIMARÃES, 2002).

Dentro deste contexto, torna-se imprescindível o presente estudo, de maneira que a partir do mesmo se pode descrever a estrutura horizontal da floresta, determinar a sua tipologia, fornecer o estoque da floresta e assim obter subsídios para um manejo adequado da floresta ou de determinadas espécies.

O presente trabalho objetivou, ajustar e selecionar funções de densidade de probabilidade que descrevam a distribuição diamétrica das espécies *Poincianella bracteosa*, *Mimosa ophthalmocentra* e *Manihot carthaginensis*, estas escolhidas para o estudo devido ao seu alto valor de importância, parâmetro que informa a importância ecológica da espécie em termos de distribuição horizontal em uma área de Caatinga e para o conjunto das espécies lenhosas em área de Caatinga, município de Floresta, semiárido pernambucano.

## MATERIAL E MÉTODO

O estudo foi realizado em área de Caatinga localizada na Fazenda Itapemirim, de propriedade

da empresa Agrimex, município de Floresta, com coordenadas de latitude 08°36'04" Sul e longitude 38°34'07" Oeste, estando a uma altitude de 316 metros e inserida na região fisiográfica do sertão do Estado de Pernambuco (CPRM, 2005) (Figura 1).

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da área de estudo é do tipo Tropical Semiárido, apresentando-se como BSh', com precipitação média anual de 431,8 mm e temperatura média da ordem de 24,7°C a vegetação é basicamente composta por Caatinga Hiperxerófila com trechos de Floresta Caducifólia (CPRM, 2005) e o solo do ambiente é classificado como Luvisolo Crômico pouco profundo, com textura superficial arenosa a média (EMBRAPA, 2006).

O estudo foi realizado em uma área de 10 ha com histórico de perturbação por exploração madeireira e pastagem de caprinos, fatores estes todos observados no levantamento dos dados em campo. Foram instaladas 20 parcelas (20 x 20 m) respectivamente, de forma sistemática, distanciadas 80 m entre linhas e 80 m entre parcelas. Todas as espécies lenhosas, com circunferência a 1,30 m do solo (CAP) igual ou superior a 6 cm, foram medidas com fita métrica, de acordo com o comitê Científico da Rede de Manejo Florestal da Caatinga (2005), georreferenciadas com GPS para maior praticidade em possíveis remediações e identificadas individualmente através de uma plaqueta de

PVC com numeração progressiva para maior organização e visualização das espécies em campo. Na identificação das espécies foi utilizado o sistema de classificação de Angiosperm Phylogeny Group versão III (APG, 2009).

Para as modelagens diamétricas foram escolhidas as três espécies de maior valor de importância para a área, o valor de importância é o parâmetro resultante do somatório dos parâmetros relativos de densidade, dominância e frequência. Em relação à densidade absoluta, obtiveram-se 551, 212 e 105 indivíduos, respectivamente, de *Poincianella bracteosa*, *Mimosa ophthalmocentra* e *Manihot carthaginensis* e 1224 indivíduos para o conjunto total de espécies lenhosas levantadas.

Para estrutura diamétrica geral e das espécies selecionadas foram testadas as funções de densidade e probabilidade de Weibull 3 parâmetros, Sb Johnson, Normal, Log-normal, Gamma, Beta e Meyer (Tabela 1).

No processamento dos dados foi utilizado o *software* MS Excel 2003 e a estrutura diamétrica geral e das espécies foi arranjada segundo as classes de diâmetro, calculadas a partir da fórmula de Sturges, expressa por:

$$nc = 1 + 3,3 \text{ Log } n$$

Em que: nc seria o número de classes e n o número

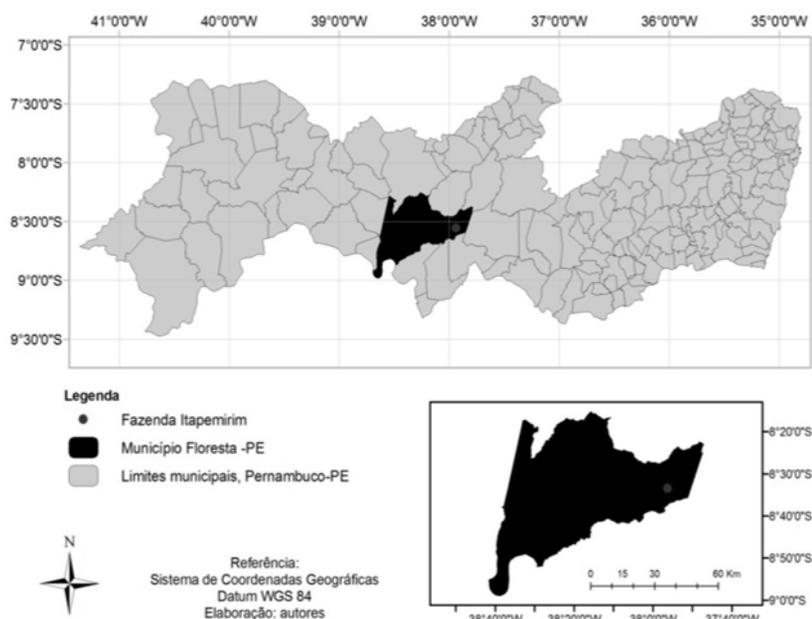


FIGURA 1: Mapa de localização do município de Floresta e da área de estudo na fazenda Itapemirim, Pernambuco.

FIGURE 1: Location map of the city of Floresta and study area on the farm Itapemirim, Pernambuco state.

TABELA 1: Funções de densidade probabilística testadas para estrutura diamétrica geral e de três espécies em área de Caatinga, Fazenda Itapemirim, Floresta – PE.

TABLE 1: Probabilistic density function adjusted for three species in a Caatinga area of Itapemirim farm, municipality of Floresta, PE state.

Função	Fórmula	Condições
Weibull 3 parâmetros	$f(x) = \left(\frac{c}{b}\right) \left(\frac{d-a}{b}\right)^{c-1} e^{-\left[\left(\frac{d-a}{b}\right)^c\right]}$	Em que: a, b, c = parâmetros de localização (a), escala (b) e forma (c) da distribuição a serem estimados; d = variável aleatória cuja distribuição se pretende estudar (diâmetro em cm);
Sb Johnson	$f(x) = \frac{\delta\lambda}{\sqrt{2\pi}(x-\varepsilon)(\lambda+\varepsilon-d)} e^{-\frac{1}{2}\left[\gamma+\delta\ln\frac{d-\varepsilon}{\lambda+\varepsilon-d}\right]^2}$	Em que: $\lambda, \delta, \varepsilon, \gamma$ = parâmetros de limite inferior ( $\lambda$ ), amplitude ( $\delta$ ), assimetria ( $\varepsilon$ ) e curtose ( $\gamma$ ) da distribuição a serem estimados.
Normal	$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(1/2)((d-\mu)^2)}{\sigma^2}}$	Em que: d = variável aleatória cuja distribuição se pretende estudar (diâmetro em cm); $\mu$ = média aritmética da variável aleatória x (diâmetro médio em cm); $\sigma$ = desvio padrão da variável aleatória x; $\sigma^2$ é a variância da variável aleatória d; e = indica a constante “e” de Euler (2,71828182845905...); $\pi$ = constante “pi” (3, 141592653589794...).
Log-normal	$f(x) = \frac{(d-d_{\min})^{\alpha-1} e^{-\left(\frac{1}{\beta}\right)(d-d_{\min})}}{\Gamma(\alpha)\beta^\alpha}$	Em que: d = variável aleatória cuja distribuição se pretende estudar (diâmetro em cm); $\mu$ = média aritmética da variável aleatória x (diâmetro médio em cm); $\sigma^2$ : é a variância da variável aleatória d; e = indica a constante “e” de Euler (2,71828182845905...); $\pi$ = constante “pi” (3, 141592653589794...).
Gamma	$f(x) = \frac{1}{d\sqrt{2\pi}} e^{-\left(\frac{1}{2\sigma^2}\right)(\ln d - \mu)}$	Em que: $\alpha, \beta$ = parâmetros de forma ( $\alpha$ ) e escala ( $\beta$ ) da distribuição a serem estimados; $\Gamma$ = função Gamma caracterizada pela seguinte expressão (para qualquer $\alpha \leq 0$ ): $\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty u^{\alpha-1} e^{-u} \delta u$ $\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty u^{\alpha-1} e^{-u} \delta u$
Beta	$f(x) = \frac{\Gamma(\alpha+\beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} (b-a)^{\alpha+\beta-1} (d-a)^{\alpha-1} (b-d)^{\beta-1}$	Em que: $\alpha, \beta$ = parâmetros da distribuição Beta a serem estimados; a e b = limites inferior e superior da distribuição.
Meyer	$N_i = K \cdot e^{-a \cdot d_i}$	Em que: $N_i$ = número de árvores por classe de diâmetro; $d_i$ = centro de classe de diâmetro, e k e a = parâmetros da função

de observações.

O intervalo de classes foi obtido pela razão entre a amplitude total e o número de classes (nc), para a estrutura geral da floresta e para as espécies selecionadas.

Os parâmetros da distribuição Weibull 3p, Sb de Johnson e Meyer foram estimados por meio do Método dos Mínimos Quadrados, a partir da

ferramenta Solver do MS Excel 2003, que utiliza o algoritmo linear de gradiente reduzido generalizado (GRG) na interação dos parâmetros. As estimativas dos parâmetros das distribuições Gama e Beta foram estimados por meio do Método dos Momentos. Já para a distribuição normal foi definida com base na média aritmética, variância e o desvio padrão dos dados originais e para a distribuição log-normal

por meio da média aritmética e variância dos logaritmos neperianos dos dados. Para a obtenção das estatísticas descritivas, utilizou-se a ferramenta análise de dados, estatística descritiva também do *software* MS Excel 2003.

Para validação das funções de densidade, ou seja, na escolha da função de melhor representação da distribuição diamétrica geral e das espécies estudadas, utilizaram-se os valores de erro padrão da estimativa em porcentagem ( $S_{yx}$  %) e soma dos quadrados dos resíduos (SQ resíduos) e foi aplicado o teste de Kolmogorov-Smirnov em um nível de 5% de probabilidade.

$$D_{calc} = \frac{\text{SUPx } |F_{o(x)} - F_{e(x)}|}{n}$$

Em que:  $F_e$  é a frequência acumulada observada e  $F_o$ , a frequência estimada pela função densidade de probabilidade.

Utilizou-se o valor ponderado dos escores estatísticos para facilitar a análise e o processo de seleção do modelo mais adequado, como critério de ponderação dos resultados estatísticos, conforme Thiersch (1997). Tal critério atribui pesos aos resultados estatísticos, sendo a designação do melhor modelo feita pela somatória dos escores, valores de 1 a n, na qual a menor soma dos escores indica a seleção da equação.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando-se uma amplitude de 2,0 e 3,0 cm, a partir de um diâmetro mínimo de 1,9 cm e de acordo com as estatísticas descritivas (Tabela 2), as espécies se apresentaram com diâmetros médios distintos, a espécie *Poincianella bracteosa* evidenciou um diâmetro médio igual ao do total dos indivíduos. *Manihot carthaginensis* demonstrou maior média com valor de 6,5 cm e *Poincianella bracteosa* que obteve maior diâmetro máximo de 15,6 dando assim uma ideia da estrutura diamétrica da área de estudo.

Analisando as espécies separadamente, compreende-se, de acordo com a Tabela 2, que a média aritmética apresenta um valor maior do que a mediana, que também é superior à moda, existindo predominância de valores superiores à moda. Isto, de acordo com Scolforo (1998), é tipo de distribuições unimodais com assimetria positiva, tendo um só “pico”. Nota-se, também, o coeficiente do momento de curtose  $> 0$ , configurando a distribuição como platicúrtica, ou seja, mais achatada, exceto

para *Manihot carthaginensis* com valor  $< 0$ , representando uma distribuição leptocúrtica que seria mais alongada.

Quanto às frequências relativas por classe diamétrica das espécies estudadas (Tabela 3), observou-se que 36,7% dos indivíduos de *Poincianella bracteosa* concentrados na primeira classe de DAP que vai de 1 a 3 cm e 40,8% dos indivíduos na segunda classe, totalizando 77,5% das árvores reunidas nas 2 primeiras classes de diâmetro. Em estudo de Caatinga, Silva (2009) encontrou concentração na primeira classe de diâmetro, com 68,23 % dos indivíduos, obtendo também *Poincianella bracteosa* como destaque nas primeiras classes.

De forma equivalente, *Mimosa ophthalmocentra* representou maior concentração na segunda classe diamétrica, com 78,7% das árvores compreendidas entre 1 e 5 cm. A espécie *Manihot carthaginensis* obteve 7,6% dos indivíduos na primeira classe e 75,2% das árvores concentradas entre 3 e 9 cm apresentando desta forma uma distribuição mais homogênea do que as demais.

As três espécies apresentaram poucos indivíduos de grande porte, levando à ausência de árvores em classes de diâmetros elevados

Em relação ao geral das espécies, ocorreu maior concentração na primeira classe com 701 indivíduos, representando 57,3%, a segunda classe apresentou 325 com 26,6% do total. Almeida Neto et al. (2009), em estudo no semiárido paraibano, obtiveram distribuição diamétrica representada na forma de J invertido, na qual 2690 indivíduos distribuíram-se nas três primeiras classes e 1975 indivíduos foram distribuídos somente na primeira classe com queda acentuada para as classes seguintes, corroborando com as distribuições das espécies para o geral do presente trabalho.

Analisando as distribuições diamétricas das três espécies (Tabela 3), percebe-se que se apresentaram de forma unimodal com assimetria à direita, e não com distribuições decrescentes ou em forma de “J” invertido que caracterizam as florestas nativas, Machado et al. (2010) trabalhando com modelagem de distribuição para quatro espécies em floresta ombrófila mista, obteve *Ocotea puberula* (Reich.) apresentando distribuição unimodal, indicando que a regeneração está sendo afetada por algum fator, e desta forma corroborando com o presente estudo, no qual as três espécies estudadas apresentaram forma unimodal em sua distribuição.

Na área de estudo além de existir predomínio

TABELA 2: Estatísticas descritivas relacionadas ao diâmetro a altura do peito (DAP) para três espécies e para o total geral de 1224 espécies de uma área de Caatinga, Fazenda Itapemirim, Floresta – PE.

TABLE 2: Descriptive statistics related to the diameter at the breast height (DBH) for tree species and to the total general of 1,224 species in a Caatinga area located on the Itapemirim farm, municipality of Floresta, PE state.

Estatística	<i>Poincianella bracteosa</i>	<i>Mimosa ophthalmocentra</i>	<i>Manihot carthaginensis</i>	Geral
Média (cm)	4,0	3,9	6,5	4,0
Erro padrão (cm)	0,1	0,1	0,2	0,1
Mediana	3,3	3,5	6,4	3,2
Moda	2,5	3,5	6,7	2,5
Desvio padrão (cm)	2,0	1,4	2,5	2,7
Variância da amostra (cm <sup>2</sup> )	3,8	2,0	6,2	7,4
Curtose	5,2	1,2	-0,1	30,9
Assimetria	1,9	1,0	0,4	4,3
Intervalo	13,7	8,0	11,9	35,2
DAP Mínimo (cm)	1,9	1,9	2,1	1,9
DAP Máximo (cm)	15,6	9,9	14,0	37,1
Soma	2215,1	822,5	681,4	7916,8
Contagem	551	212	105	1224

TABELA 3: Frequência relativa por classe diamétrica para três espécies de uma área de Caatinga, município de Floresta – PE.

TABLE 3: Relative frequency per diametric class for three species in a Caatinga area, municipality of Floresta, PE state.

Centro de classe	<i>Poincianella bracteosa</i>	<i>Mimosa ophthalmocentra</i>	<i>Manihot carthaginensis</i>
2	36,7%	32,5%	7,6%
4	40,8%	46,2%	23,8%
6	14,7%	17,0%	27,6%
8	5,1%	3,8%	23,8%
10	1,5%	0,5%	10,5%
12	0,7%	-	5,7%
14	0,5%	-	1,0%
Total	100%	100%	100%

das espécies em questão, ocorre forte ação antrópica como criação de caprinos, e ainda a questão relacionada ao histórico de perturbação da área, fatos que certamente influenciam nas distribuições diamétricas das espécies estudadas.

Para a estrutura geral (Figura 2), constatou-se que existe grande concentração de indivíduos

nas duas primeiras classes de diâmetro, com maior número de indivíduos, 701, na primeira classe de diâmetro, (1,9 a 4,9 cm) e 325 para a segunda classe (4,9 a 7,9 cm), contribuindo com 83% dos indivíduos amostrados em toda área de estudo.

Nas demais classes, percebe-se uma queda bastante acentuada, na medida em que há um

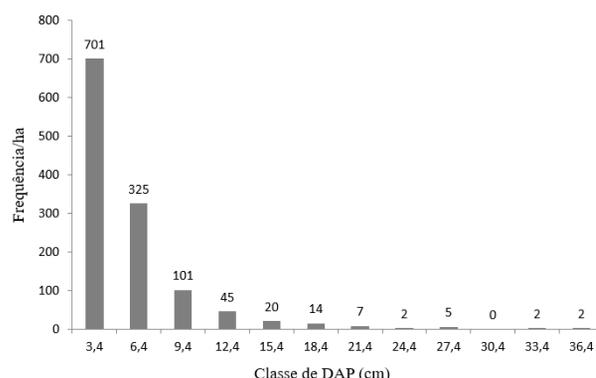


FIGURA 2: Distribuição diamétrica dos indivíduos, expressa em número de indivíduos por hectare por centro com amplitude de classe diamétrica de 3 cm em uma área de Caatinga, município de Floresta - PE.

FIGURE 2: Individual diametric distribution, expressed in number of individuals per hectare per center with diametric class range of 3 cm in a Caatinga area, municipality of Floresta, PE state.

aumento nas classes de diâmetro, apresentando uma curva exponencial em forma de "J" invertido na sua distribuição diamétrica.

Nas demais classes, percebe-se uma queda bastante acentuada, na medida em que há um

aumento nas classes de diâmetro, apresentando uma curva exponencial em forma de "J" invertido na sua distribuição diamétrica. De acordo com a discrepância dos parâmetros (Tabela 4), entende-se que as funções devem ser utilizadas para as espécies

TABELA 4: Parâmetros estimados das funções de distribuição diamétrica de três espécies e da distribuição geral da floresta em uma área de Caatinga, município de Floresta – PE.

TABLE 4: Estimated parameters of diametric distribution functions of three species and the general distribution of forest in a Caatinga area, municipality of Floresta, PE state.

Função	Parâmetros	Espécies e geral			Geral
		<i>Poincianella bracteosa</i>	<i>Mimosa ophthalmocentra</i>	<i>Manihot carthaginensis</i>	
Weibull 3 P parâmetros	a	0	0,1967	0,9736	1,6676
	b	4,2824	4,0406	6,3550	3,5634
	c	2,0486	2,4129	2,1877	1,1966
Sb Johnson	$\epsilon$	-1,5733	-143,62	-170,21	666,23
	$\lambda$	101,46	241,59	305,67	1055,5
	$\delta$	2,7723	34,092	26,791	117,54
Normal	$\gamma$	8,1344	-15,118	-8,3180	64,993
	$s^2$	3,8150	2,0246	6,1553	7,3820
	s	1,9532	1,4229	2,4810	2,7170
Log-normal	$s^2$	0,1704	0,1231	0,1733	0,2126
Gamma	$\alpha$	1,1673	1,9167	3,1743	0,5854
	$\beta$	1,8078	1,0278	1,3925	3,5510
Beta	$\alpha$	0,8332	1,1947	1,6285	0,4917
	$\beta$	4,5707	3,6313	2,7692	7,8279
Meyer	k	0,3497	0,3147	0,1168	0,5102
	a	0,2443	0,2111	0,0632	0,2867

separadamente. De acordo com a discrepância dos parâmetros (Tabela 4), entende-se que as funções devem ser utilizadas para as espécies separadamente.

De acordo com a estatística das distribuições

estudadas (Tabela 5), verifica-se que a função de Weibull 3 parâmetros, foi a função que melhor descreveu a distribuição diamétrica de *Mimosa ophthalmocentra* e *Manihot carthaginensis*, já para

TABELA 5: Parâmetros testados para a classificação das funções de densidade, teste de Kolmogorov-Smirnov, erro padrão da estimativa em porcentagem ( $S_{yx}$  %) e soma de quadrados dos resíduos para as três espécies estudadas e para o geral das espécies em uma área de Caatinga, município de Floresta – PE.

TABLE 5: Parameters tested for classification of density functions, Kolmogorov-Smirnov test, standard error estimate in percentage ( $S_{yx}$  %) and residual squared to the three species studied and for the general species in a Caatinga area, municipality of Floresta, PE state.

Função	Parâmetros	Espécies e geral			
		<i>Poincianella bracteosa</i>	<i>Mimosa ophthalmocentra</i>	<i>Manihot carthaginensis</i>	Geral
Weibull 3P parâmetros	D tab %	0,0579	0,0934	0,1334	0,0389
	D cal.	0,0527	0,0172	0,0090	0,0299
	Syx %	17%	7%	9%	8%
	SQ resíduos	946,23	18,52	8,00	575,14
Sb Johnson	D tab %	0,0579	0,0934	0,1327	0,0389
	D cal.	0,0198	0,0563	0,0261	0,1518
	Syx %	8%	15%	18%	34%
	SQ resíduos	108,53	39,66	20,88	9531,21
Normal	D tab %	0,0579	0,0934	0,1327	0,0389
	D cal.	0,1273	0,0912	0,0598	0,2083
	Syx %	56%	48%	26%	61%
	SQ resíduos	7861,27	841,42	61,60	34928,58
Log-normal	D tab %	0,0579	0,0934	0,1327	0,0389
	D cal.	0,0379	0,0625	0,0575	0,1890
	Syx %	31%	32%	32%	84%
	SQ resíduos	1757,60	568,28	118,82	72868,45
Gamma	D tab %	0,0579	0,0934	0,1327	0,0389
	D cal.	0,3205	0,1321	0,0637	0,2559
	Syx %	130%	70%	44%	79%
	SQ resíduos	31361,69	875,84	131,47	57868,97
Beta	D tab %	0,0579	0,0934	0,1327	0,0389
	D cal.	0,6547	0,2079	0,5896	0,2939
	Syx %	206%	104%	175%	121%
	SQ resíduos	131530,21	1949,72	688,35	76134,63
Meyer	D tab %	0,0579	0,0934	0,1327	0,0389
	D cal.	0,0828	0,1046	0,1424	0,0165
	Syx %	55%	68%	73%	12%
	SQ resíduos	9364,56	2503,43	591,66	1492,56

Em que: \*Significativo a 5% no teste bilateral.

*Poincianella bracteosa* a função ideal foi Sb Johnson com boa eficiência. A função Normal apresentou estimativa considerável apenas para uma espécie, enquanto a função Log-normal demonstrou-se razoável para as estimativas das três espécies. Em relação às distribuições para a estrutura geral da floresta, apenas as funções de Weibull 3 parâmetros e Meyer, obtiveram boas estimativas.

As funções Gamma, Beta e Meyer, não apresentaram aderência através do teste Kolmogorov-Smirnov e foram as que apresentaram os piores resultados, com erros da estimativa elevados, sendo desta forma funções não indicadas para representação diamétrica das espécies *Poincianella bracteosa*, *Mimosa ophthalmocentra*, e *Manihot carthaginensis*. Para todos os indivíduos, a distribuição de Meyer obteve boas estimativas, pois é uma função que representa bem as distribuições com padrão “J” invertido, caso da distribuição geral dos indivíduos, fato que não ocorreu com as espécies separadamente.

Na classificação das funções de probabilidades (Tabela 6), observa-se que Weibull 3 parâmetros destaca-se como a função mais adequada para as distribuições diamétricas das espécies *Poincianella bracteosa*, *Mimosa ophthalmocentra*, e *Manihot carthaginensis*, como para a distribuição geral da floresta, autores como Abreu et al. (2011) em estudo de distribuição diamétrica em uma floresta de Várzea, também encontraram a função de Weibull 3 p como a mais indicada em suas distribuições. Percebe-se uma grande diferença quando se compara a função de Meyer para as

espécies e a mesma para o geral da floresta, pois, para as três espécies analisadas, a função não obteve bons ajustes, já para o geral, a mesma apresentou bom ajuste.

Isso se deve às diferenças nas distribuições das três espécies, que apresentaram gráficos com distribuições unimodais, sendo, assim, distintas da distribuição normal em forma de “J” invertido apresentada para o geral das espécies no presente trabalho, clássica de florestas nativas, que corroborou com Alves Junior et al. (2009) que também encontraram esta distribuição, afirmando que a mesma é prevista para florestas inequidâneas.

O comportamento das curvas de distribuição ajustadas para as espécies *Poincianella bracteosa* e *Mimosa ophthalmocentra* é semelhante (Figura 3), com maior concentração de indivíduos na segunda classe diamétrica. Já a espécie *Manihot carthaginensis* concentra maior número de indivíduos na terceira classe.

Tais comportamentos destoam da distribuição natural de florestas inequidâneas, na qual a maior concentração ocorre na primeira classe. Este fato pode ser explicado por nesta área, encontrar-se uma Caatinga bastante alterada, haja vista seu histórico de perturbação com criações de caprinos, além da própria exploração madeireira, refletidos nas distribuições das espécies estudadas.

Na Figura 4, seguem as distribuições das espécies para o geral da floresta, nas quais as funções de Weibull e Meyer se destacaram com melhores ajustes. As demais funções testadas, nenhuma obteve aderência às distribuições. Observa-se uma

TABELA 6: Classificação das sete funções ajustadas para as três espécies estudadas e para o geral em uma área de Caatinga, município de Floresta – PE.

TABLE 6: Classification of seven adjusted functions for the three species studied and for all in a Caatinga area, municipality of Floresta - PE.

Função	Espécies				Geral	Soma
	<i>Poincianella bracteosa</i>	<i>Mimosa ophthalmocentra</i>	<i>Manihot carthaginensis</i>			
Weibull 3P	2	1	1		1	5
Sb Johnson	1	2	2		3	8
Normal	5	4	3		4	16
Log-normal	3	3	4		6	16
Gamma	6	6	5		5	22
Beta	7	7	7		7	28
Meyer	4	5	6		2	17

curva exponencial em forma de "J" invertido na sua distribuição diamétrica e nas classes subsequentes, percebe-se uma queda acentuada, na medida em que há um aumento das classes de diâmetro. Autores como Araújo et al. (2006) afirmaram que quando o histograma do "J invertido" se aproxima das

classes superiores, há um decréscimo no número de indivíduos, refletindo em um estande florestal composto, em sua maioria, por populações jovens, em pleno desenvolvimento.

Nota-se a diferença das distribuições diamétricas entre as espécies estudadas

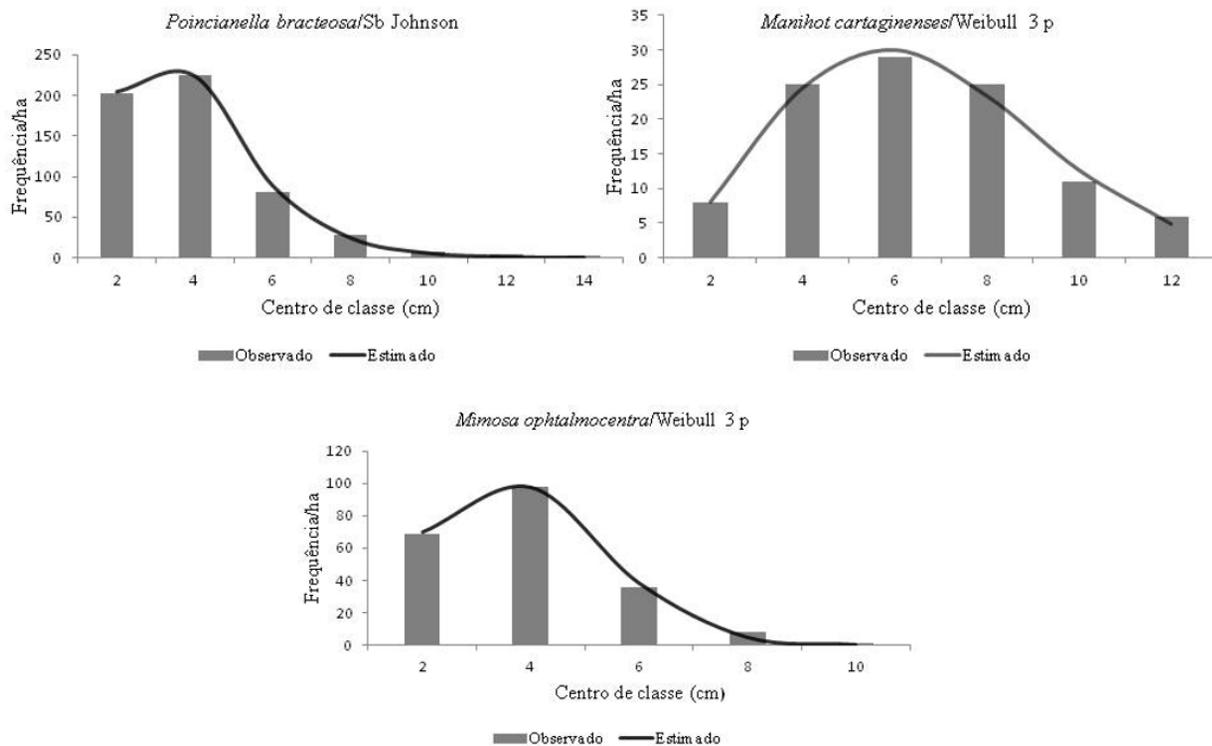


FIGURA 3: Melhores funções ajustadas (Sb de Johnson e Weibull 3P), para cada espécie estudada com suas respectivas curvas de distribuições diamétricas em uma área de Caatinga, município de Floresta - PE.

FIGURE 3: Best adjusted functions (Johnson’s Sb and Weibull 3 P) for each species studied with their respective diameter distribution in a Caatinga area, municipality of Floresta, PE state.

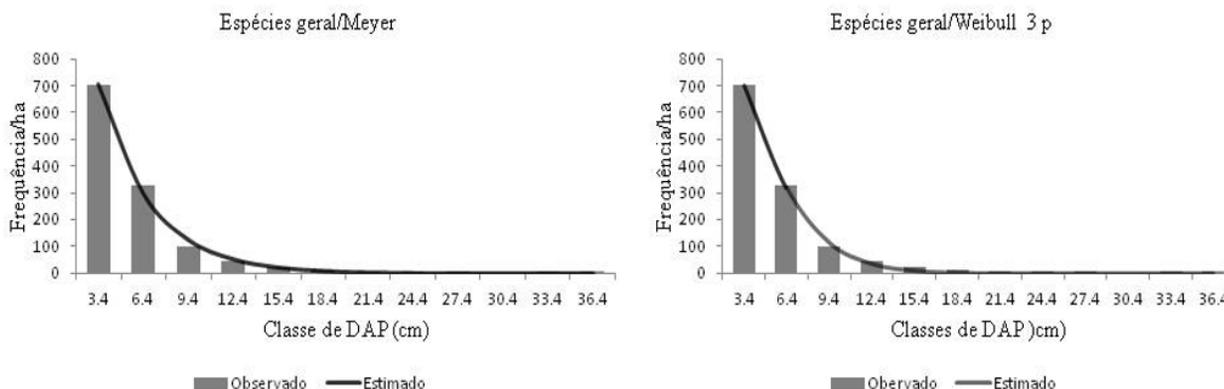


FIGURA 4: Melhores funções ajustadas para o geral das espécies estudadas com suas respectivas curvas de distribuições diamétricas em uma área de Caatinga, município de Floresta - PE.

FIGURE 4: Best adjusted functions for general species studied with their respective diametric distribution curves in Caatinga area, municipality of Floresta, PE state.

separadamente, com forma unimodal com assimetria à direita, e as mesmas analisadas conjuntamente, apresentando uma distribuição em forma “J” invertido. Ou seja, ao estudar a floresta como um todo, a verdadeira distribuição de cada espécie é mascarada, podendo prejudicar uma avaliação do desenvolvimento destas espécies.

## CONCLUSÃO

De acordo com as análises realizadas para três espécies em uma área de Caatinga, entende-se que a distribuição de Weibull 3 parâmetros foi a que melhor simulou a distribuição das espécies *Mimosa ophthalmocentra* e *Manihot carthaginensis* e também para a distribuição geral das espécies, *Poincianella bracteosa* obteve melhor representação de sua distribuição através do modelo Sb de Johnson. De acordo com a discrepância dos parâmetros, entende-se que as funções devem ser utilizadas para as espécies separadamente, pois com as particularidades de cada espécie, torna-se importante a escolha de um modelo que descreva com boa coerência o desempenho da variável de interesse.

A função de Weibull 3 parâmetros foi a que mais se destacou para modelagem de distribuição diamétrica das espécies em questão, em contrapartida a função Beta apresentou destaque negativo neste aspecto.

Vale salientar a diferença existente entre as distribuições das espécies separadamente, que se apresentaram de forma unimodal com assimetria à direita, e não com distribuições decrescentes, em forma de “J” invertido como a distribuição geral da floresta.

As distribuições unimodais observadas para as três espécies do presente estudo retratam a existência de algum fator que vem prejudicando as regenerações naturais das espécies, pois esta área de Caatinga se encontra bastante alterada, portanto, merecendo devida atenção no que diz respeito a sua frequente perturbação. Assim o entendimento das distribuições se tornam importantes para que os planos de manejo, fundamentados na otimização, sejam implantados permitindo que sejam feitas futuras predições a respeito da área de estudo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, J. C. et al. Modelagem da estrutura diamétrica de uma floresta de várzea no município

de Macapá-AP. In: 5º Simpósio latino-americano sobre manejo florestal sustentabilidade florestal., 2011, Santa Maria, **Anais...** Santa Maria: 2011, v. 5. p. 336-343.

ALMEIDANETO, J. X. et al. Composição florística, estrutura e análise populacional do Feijão-bravo (*Capparis flexuosa* L.) no semiárido paraibano, Brasil. **Caatinga**, Mossoró. v. 22, n. 4, p. 187-194, 2009.

ALVES JUNIOR, F. T. et al. Estrutura diamétrica de um fragmento de Floresta Atlântica em matriz de cana-de-açúcar, Catende, Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v.13, n.3, p.328–333, 2009.

ANDRADE, L. A. et al. Análise da cobertura de duas fisionomias de caatinga, com diferentes históricos de uso, no município de São João do Cariri, Estado da Paraíba. **Cerne**, Lavras v. 11, n. 3, p. 253-262, 2005.

APG III. Angiosperm Phylogeny Group III. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. **Botanical Journal of the Linnean Society**. London, v.16, [s.n], p.105-121, 2009.

ARAUJO, F.S. et al. Estrutura da Vegetação Arbustivo-Arbórea Colonizadora de uma Área Degradada por Mineração de Caulim, Brás Pires, MG. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.1, p.107-116, 2006.

CALIXTO, JÚNIOR, J. T.; DRUMOND, M. A.; ALVES JÚNIOR, F. T. Estrutura fitossociológica de um fragmento de caatinga sensu stricto 30 anos após corte raso, Petrolina, PE, Brasil. **Caatinga**, Mossoró. v. 24, n. 2, p. 67-74, 2011.

COMITÊ TÉCNICO CIENTÍFICO DA REDE DE MANEJO FLORESTAL DA CAATINGA, 2005. Rede de manejo florestal da Caatinga: protocolo de medições de parcelas permanentes. Comitê Técnico Científico. Recife: Associação Plantas do Nordeste. 2005 Disponível em: <[http://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/sispp/protocolo\\_RMFC.pdf](http://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/sispp/protocolo_RMFC.pdf)>. Acesso 10 de junho de 2010.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Ibimirim, estado de Pernambuco / Organizado [por] MASCARENHAS J.C. et. al. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. 33p. Disponível em <<http://www.cprm.gov.br> acesso em 14 de maio de 2010>. Acesso em: 3 out. 2010.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2. ed. 2006, 412

- p.  
FABRICANTE, J. R.; ANDRADE, L. A. Análise estrutural de um remanescente de caatinga no Seridó paraibano. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro. v. 11, n. 3, p. 341-349, 2008.
- GUIMARÃES, D. P. Uma função hiperbólica de distribuição probabilística de alta flexibilidade. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 40p. (Documento).
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE Mapas de biomas e vegetação. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 20 jul. 2007.
- MACHADO, S. A. et al. Modelagem da Distribuição Diamétrica de Quatro Espécies de Lauraceae em um Fragmento de Floresta Ombrófila Mista. **Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava. v.12, n. 1, p 91-105, 2010.
- MARANGON, G. P. **Estrutura e padrão espacial em vegetação de Caatinga**. 2011. 74f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, 2011.
- RODAL, M. J. N.; COSTA, K. C.C.; SILVA, A. C. B. L. Estrutura da Vegetação Caducifolia Espinhosa (Caatinga) de uma área do sertão central de Pernambuco. **Hoehnea**, São Paulo. v. 35, p. 209-217, 2008.
- RODAL, M. J. N.; SAMPAIO, E. V. S. B. A vegetação do bioma caatinga, pp. 11-24. In: SAMPAIO, E. V. S. B., GIULIETTI, A. M.; VIRGINIO, J.; GAMARRA-ROJAS, C. F. L. (Eds), **Vegetação e Flora de Caatinga**, Recife: APNE, 2002. 176 p.
- SANTANA, J. A. S.; SOUTO, J. S. Diversidade e Estrutura Fitossociológica da Caatinga na Estação Ecológica do Seridó-RN. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande. v. 6, n. 2, p. 29-38, 200
- SCOLFORO, J. R. S. **Modelagem do crescimento e da produção de florestas plantadas e nativas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998, 441 p.
- SILVA, S. O. da. **Estudo de duas áreas de vegetação da caatinga com diferentes históricos de uso no agreste Pernambucano**. 2009. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, 2009.
- THIERSCH, A. **A eficiência das distribuições diamétricas para prognose da produção de *Eucalyptus camaldulensis***. Lavras, 1997. 155f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.