

CARACTERIZAÇÃO DA ESTRUTURA DIAMÉTRICA EM TRÊS PERÍODOS DE MEDIÇÃO PARA O PARQUE NACIONAL DO IGUAÇU, PARANÁ

Rodrigo Delonga^{1*}; Sebastião do Amaral Machado²; Sylvio Péllico Netto³; Román Carlos Rios⁴

SAP 16138 Data envio: 26/01/2017 Data do aceite: 23/06/2017
Sci. Agrar. Parana., Marechal Cândido Rondon, v. 17, n. 1, jan./mar., p. 51-58, 2018

RESUMO - O conhecimento da estrutura diamétrica de uma floresta é muito importante para a caracterização de seu estágio de desenvolvimento e para a tomada de decisões sobre o manejo florestal. Assim, este estudo visou à caracterização da estrutura diamétrica e a avaliação da aderência de funções densidade de probabilidade (FDP) para dados de distribuição de frequência em classes diamétricas de indivíduos arbóreos no Parque Nacional do Iguaçu (PNI) em três períodos de medição (2011, 2013 e 2015). Os dados utilizados foram provenientes de uma rede de parcelas permanentes, sendo 21 parcelas (20 x 100 m) que totalizam uma área amostral de 42.000 m², distribuídas ao longo do gradiente altitudinal do PNI, nas quais foram medidos todos os indivíduos arbóreos com DAP igual ou superior a 5 cm. Para identificar a distribuição diamétrica do PNI foram ajustadas as FDP's mais utilizadas na área florestal, quais sejam: Normal, Lognormal, Beta, Gama, Weibull 3p e SB de Johnson. Para todos os períodos de medição, a distribuição diamétrica observada foi caracterizada pelo formato do “J-invertido”. A aderência foi avaliada através teste de Kolmogorov-Smirnov, que indicou as FDP's Weibull 3p e SB de Johnson com aderência em todos os períodos, entretanto os melhores resultados foram obtidos com a FDP Weibull 3p.

Palavras-chave: função densidade de probabilidade, inventário florestal contínuo, weibull 3p.

CHARACTERIZATION OF THE DIAMETRIC STRUCTURE IN THREE PERIODS OF MEASUREMENT FOR THE IGUAÇU NATIONAL PARK, PARANÁ

ABSTRACT - The knowledge of the diameter structure of a forest is very important for the characterization of their stage of development and decision-making on forest management. Thus, this study aimed to characterize the diametric structure and the fitting evaluation of the probability density function (FDP) to the diameter frequency distribution of tree individuals in Iguaçu National Park (PNI) in three measurement periods (2011, 2013 and 2015). The data used came from a network of permanent plots, with 21 plots (20 x 100 m) totaling a sample area of 42.000 m², distributed along the altitudinal gradient on the PNI, in which all trees with DBH equal to or greater than 5 cm were measured. To evaluate the diameter distribution of the PNI it was adjusted the probability density functions most used in forestry: Normal, Lognormal, Beta, Gama, Weibull 3p and Johnson SB. For all measurement periods, the observed diameter distribution was “J-inverted” format. Fitting was evaluated by Kolmogorov-Smirnov's test, which indicated that the Weibull 3p and Johnson SB with fitting in all tested periods, but results were better for the FDP Weibull 3p.

Key words: Probability Density Functions; Continuous Forest Inventory; Weibull 3p function.

INTRODUÇÃO

Estado tipicamente florestal, o Paraná tinha originalmente 85% do seu território coberto por florestas. O extremo Oeste era uma região de florestas até meados da década de 60. Foi a partir daí que o processo mais intenso de devastação foi paulatinamente isolando o Parque Nacional do Iguaçu (PNI) e, já em 1980, ele estava praticamente ilhado dentro do Brasil (ROCHA, 1997).

Uma das características mais marcantes do PNI é a imponência do maciço florestal que apresenta. Segundo

Moreira (2000), esse é o único e último remanescente florestal ecologicamente expressivo da Floresta Estacional Semidecidual (FES) no Paraná, que há pouco menos de um século recobria todo o Oeste deste Estado.

Sendo assim, torna-se urgente a necessidade de avaliar a diversidade contida nos atuais fragmentos de FES, por meio de sua quantificação, bem como compreender a distribuição espacial de sua estrutura arbórea. Uma das formas é o estudo de sua distribuição diamétrica (MARANGON et al., 2008).

¹Engenheiro Florestal, Mestrando, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná (UFPR), Setor de Ciências Agrárias, Av. Pref. Lothário Meissner, 632, Jardim Botânico, CEP 80210-170, Curitiba, Paraná, Brasil. E-mail: rodrigo_delonga@hotmail.com. *Autor para correspondência.

²Engenheiro Florestal, Dr., Professor, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná (UFPR), Setor de Ciências Agrárias, Av. Pref. Lothário Meissner, 632, Jardim Botânico, CEP 80210-170, Curitiba, Paraná, Brasil. E-mail: samachado@ufpr.br

³Engenheiro Florestal, Dr., Professor, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná (UFPR), Setor de Ciências Agrárias, Av. Pref. Lothário Meissner, 632, Jardim Botânico, CEP 80210-170, Curitiba, Paraná, Brasil. E-mail: sylvioPELLICONETTO@gmail.com

⁴Engenheiro Florestal, Dr., Professor, Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná (UFPR), Setor de Ciências Agrárias, Av. Pref. Lothário Meissner, 632, Jardim Botânico, CEP 80210-170, Curitiba, Paraná, Brasil. E-mail: rioselvas@gmail.com

Agrupando-se os diâmetros das árvores (DAP's) em classes, pode-se caracterizar o padrão da distribuição diamétrica de uma floresta. Para isso, deve-se definir um diâmetro mínimo de medição, bem como a amplitude da classe de diâmetro para a elaboração de uma tabela de frequência. A quantidade de classes, bem como sua amplitude é variável, e depende da magnitude dos diâmetros da base de dados. No Brasil, a maioria dos trabalhos utiliza amplitudes de classes entre 2 e 2,5 cm, para plantios florestais, e entre 5,0 e 10,0 cm, para florestas inequidâneas (naturais) (SOARES et al., 2011).

Sendo assim, o objetivo desse estudo foi caracterizar a estrutura diamétrica e avaliar a aderência de funções densidade de probabilidade (FDP) para dados de distribuição de frequência em classes diamétricas de indivíduos arbóreos no Parque Nacional do Iguazu (PNI) em três períodos de medição.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

O Parque Nacional do Iguazu (PNI) localiza-se na região sul do país, no oeste do estado do Paraná, na porção meridional do terceiro Planalto. Possui uma área total de 185.262,5 ha, com 420 km de perímetro, sendo 300 km constituídos por limites naturais (rios). O PNI está localizado sob as coordenadas geográficas 25°04' e 25°41' latitude sul e 53°38' e 54°28' de longitude oeste (MOREIRA, 2000).

A região geográfica que o PNI ocupa é caracterizada por um clima de transição (FERREIRA, 1999), entre *Cfa* e *Cfb* (ITCG, 2008), de acordo com a classificação de Köppen. Segundo Moreira (2000), as temperaturas médias anuais variam entre 18 e 20°C, a máxima absoluta entre 34 e 36°C e a mínima absoluta entre -8 e -4°C. O regime de chuvas está entre 1.500 e 1.750 mm anuais.

O PNI pode ser dividido em dois compartimentos geomorfológicos. O primeiro abrange a região central e o

norte do Parque, sendo esse formado por um relevo mais movimentado, localmente escarpado, caracterizando interflúvios mais alongados e entalhados com colinas onduladas a fortemente onduladas. O segundo refere-se à porção Sul e é formado por colinas suavemente onduladas a onduladas, com predominância das formas tabulares que, a rigor, são uma constante nos derrames basálticos paranaenses (SALAMUNI et al., 2002).

Souza (2015), baseado na classificação de solos realizada no Paraná pela EMBRAPA em 2007, identificou os seguintes tipos de solos para a região do PNI: Chernossolo Rêndzico Órtico, Gleissolo Háplico, Neossolo Litólico Eutrófico, Latossolo Vermelho Eutrófico, Latossolo Vermelho Distroférrico e Nitossolo Vermelho Eutrófico, sendo esses últimos os predominantes.

Segundo Moreira (2000), entre altitudes de 200 a 600 m, pode se observar a presença de Floresta Estacional Semidecidual, sendo esta caracterizada pela presença de árvores que perdem parcialmente suas folhas durante o inverno. Essa vegetação cede lugar à Floresta Ombrófila Mista em altitudes de aproximadamente 600 m, sendo evidenciado o aparecimento da araucária (*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze). As formações pioneiras de influência fluvial aparecem nos arredores de lagoas, brejos e banhados, sendo caracterizada pela presença de capins, arbustos e árvores baixas.

Amostragem

O levantamento da vegetação do PNI foi realizado por meio de parcelas de área fixa. Foram instalados sete grupos de parcelas entre 100 m e 800 m de altitude, a partir da margem do rio Iguazu, próximo às cataratas, até o extremo norte do Parque (Figura 1). Cada grupo de parcelas foi constituído de três parcelas de 2.000 m² (20 x 100 m) cada. A amostragem totalizou 21 parcelas permanentes distribuídas ao longo do gradiente altitudinal do PNI, ou seja, 42.000 m² (4,2 ha) amostrados.

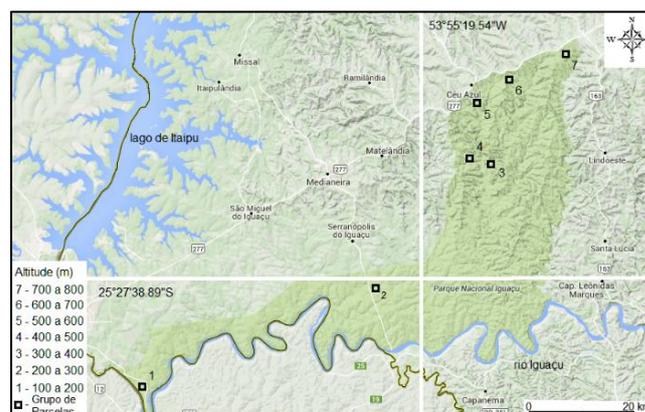


FIGURA 1 - Localização dos grupos de parcelas permanentes instaladas no Parque Nacional do Iguazu, Paraná, Brasil. Fonte: SOUZA (2015).

Em cada parcela foram mensuradas as árvores que apresentavam diâmetro à altura do peito igual ou superior a cinco centímetros (DAP \geq 5 cm). Na análise da abrangência florística, Souza (2015) identificou 151

espécies com apenas 10 parcelas, perfazendo 90% do total (Figura 2). A contribuição para o aumento do número de espécies com as 11 parcelas restantes foi pequena, totalizando apenas 16 espécies a mais, indicando que há

um grande número de espécies em comum nessas parcelas. Com 20 parcelas, 100% das espécies já haviam sido

amostradas.

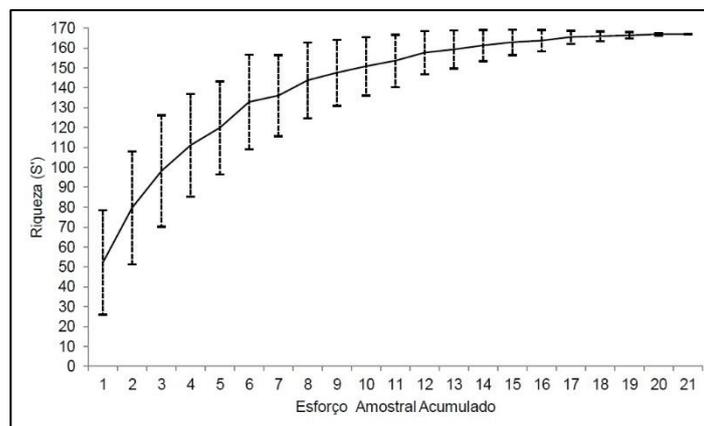


FIGURA 2 - Relação entre o número de espécies (± 1 desvio padrão) e o esforço amostral acumulado. Fonte: SOUZA (2015).

Tendo como base as variáveis fitossociológicas densidade e área basal, Souza (2015) conseguiu atingir a eficiência amostral, conforme evidenciado na Tabela 1. Essas parcelas permanentes foram instaladas e medidas pela primeira vez em julho de 2011, sendo remedidas

posteriormente em julho de 2013 e julho de 2015, totalizando 3 medições até o presente momento, sendo essa a mesma base de dados utilizada na tese de Souza (2015), acrescida da medição do ano de 2015.

TABELA 1 - Estatística descritiva e suficiência amostral para a densidade (N) e área basal (G) do Parque Nacional do Iguaçu, Paraná.

Estatística Descritiva	Variáveis fitossociológicas	
	N (árvores ha ⁻¹)	G (m ² ha ⁻¹)
Média (\bar{x})	1024	33,25
DP (s)	288,56	8,06
CV* (%)	28,19	24,25
NPI	21	21
PN	17	12

*DV = desvio padrão, CV = coeficiente de variação, NPI = número de parcelas instaladas, PN = parcelas necessárias. Fonte: adaptado de Souza (2015).

Análise dos dados

A Tabela 2 apresenta a caracterização dos dados de diâmetro utilizados nesta pesquisa para as três medições realizadas. Uma função densidade de probabilidade (FDP) define a probabilidade associada a cada valor da variável em estudo, ou da classe de diâmetro nesse caso particular. Ou, ainda, ela descreve a distribuição da frequência relativa e, ou, absoluta dos tamanhos de árvores (CAMPOS; LEIE, 2009). Neste trabalho foram ajustadas e testadas as FDP's Normal, Lognormal, Gama, Beta, Weibull 3p e Sb de Johnson (Tabela 3).

Este trabalho utilizou 10 classes com amplitude de 10 centímetros a partir do diâmetro mínimo de medição. Visando evitar um excessivo número de classes, bem como classes sem representação, as árvores com diâmetro igual ou superior a 95 cm foram agrupadas na 10ª classe. Os ajustes foram realizados pelo software Microsoft Excel® 2010, para a totalidade da amostragem no Parque Nacional do Iguaçu separadamente para as medições de 2011, 2013 e 2015.

Vallejos et al. (2004) recomendam a utilização da programação não-linear (PNL) como ferramenta no ajuste de distribuições diamétricas, visando a minimização da maior diferença entre a frequência observada e a frequência estimada acumulada, sendo esta positiva ou negativa, utilizada no teste de Kolmogorov-Smirnov.

Em tese, a utilização da PNL tem por objetivo a minimização da soma dos quadrados dos resíduos. Sendo assim, a PNL foi utilizada para ajustar todas as funções densidade de probabilidade, objetivando um melhor ajuste dos modelos. Para esse ajuste, foi utilizado o software SOLVER®, valendo-se do algoritmo linear Gradiente Reduzido Generalizado (GRG2), que visa a otimização de problemas não-lineares (ORELLANA et al., 2014).

Para verificar a aderência das funções de distribuição, foi aplicado o teste de Kolmogorov-Smirnov, a 5% de probabilidade de erro, avaliando se os modelos ajustados se adequam bem aos dados coletados em campo.

TABELA 2 - Estatística descritiva da variável DAP no inventário florestal contínuo.

Caracterização (21 parcelas)	Anos de medição		
	2011	2013	2015
Área amostrada (m ²)	42.000	42.000	42.000
Nº de indivíduos da área amostrada	4.327	4.464	4.520
Nº de indivíduos ha ⁻¹	1.030	1.063	1.076
DAP Médio (cm)	14,68	14,81	14,72
DAP Mediana (cm)	10,31	10,47	10,50
DAP Mínimo (cm)	5,00	5,00	5,00
DAP Máximo (cm)	166,48	166,48	166,48
Variância (cm)	176,14	174,93	172,01
Desvio padrão (cm)	13,27	13,23	13,12
Coefficiente de variação (%)	90,42	89,32	89,11

TABELA 3 - FDP's testadas e suas respectivas restrições.

FDP Normal		Restrições
$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\frac{(d-\mu)^2}{\sigma^2}}$		$\sigma > 0$ $-\infty < d < +\infty$ $-\infty < \mu < +\infty$
FDP Lognormal		Restrições
$f(x) = \frac{1}{d\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{1}{2\sigma^2}(\ln d - \mu)^2}$		$d \geq d_{\min}; \sigma > 0$ $-\infty < d < +\infty$ $-\infty < \mu < +\infty$
FDP Gama		Restrições
$f(x) = \frac{(d - d_{\min})^{\alpha-1} e^{-\frac{1}{\beta}(d-d_{\min})}}{\Gamma(\alpha)\beta^\alpha}$		$d \geq d_{\min}$ $\alpha, \beta > 0$ $-\infty < d_{\min} < +\infty$
FDP Beta		Restrições
$f(x) = \frac{\Gamma(\alpha + \beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} \frac{1}{(d_{\max} - d_{\min})^{\alpha+\beta-1}} (d - d_{\min})^{\alpha-1} (d_{\max} - d)^{\beta-1}$		$d_{\min} < d < d_{\max}$ $\alpha, \beta > 0$ $-\infty < d_{\min} < d_{\max} < +\infty$
FDP Weibull 3p		Restrições
$f(x) = \left(\frac{c}{b}\right) \left(\frac{d-a}{b}\right)^{c-1} e^{-\left(\frac{d-a}{b}\right)^c}$		$d \geq d_{\min}$ $-\infty < d_{\min} < +\infty$ $b, c > 0; a \geq 0$
FDP Sb de Johnson		Restrições
$f(x) = \frac{\delta}{\sqrt{2\pi}} \frac{\lambda}{(d - \varepsilon)(\lambda + \varepsilon - d)} e^{\left\{-\frac{1}{2}\left[\gamma + \delta \ln\left(\frac{\delta - \varepsilon}{\lambda + \varepsilon - d}\right)\right]^2\right\}}$		$\varepsilon < d < \lambda$ $-\infty < \gamma < +\infty$ $\lambda > 0; \delta > 0$

* $f(x)$ = função de densidade de probabilidade da variável d ; d : variável aleatória (diâmetro); μ : média dos valores de d ; σ : desvio padrão de d ; d_{\min} : valor mínimo de d ; d_{\max} : valor máximo de d ; π : 3,14159...; e : constante de Euler (2,718281829...); $a, b, c, \alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon, \lambda$: parâmetros a serem estimados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Coefficientes dos ajustes

A Tabela 4 apresenta os coeficientes estimados para o ajuste das FDP's, para as medições dos anos de

2011, 2013 e 2015, sendo esses utilizados diretamente nas respectivas funções densidade de probabilidade para estimativa da frequência de árvores por classe diamétrica.

TABELA 4 - Coeficientes das funções densidade de probabilidade para os três anos de medição.

FDP*	CF	2011	2013	2015
Normal	μ	14,6788	14,8073	14,7179
	σ	13,2719	13,2260	13,1152
	σ^2	176,1446	174,9262	172,0087
Lognormal	μ	2,4430	2,4594	2,4545
	σ	0,6375	0,6265	0,6253
	σ^2	0,4064	0,3925	0,3910
Gama	α	1,1311	1,1319	1,1347
	β	7,3151	7,2870	7,2058
Beta	α	1,1085	1,1093	1,1122
	β	23,4395	23,5329	23,8050
Weibull 3p	a	7,4572	7,4659	7,5075
	b	5,2048	5,1656	5,0312
	c	0,5387	0,5369	0,5288
SB de Johnson	ε	6,5373	6,5806	6,5794
	λ	160,0163	152,2749	181,2477
	δ	0,6197	0,6124	0,6175
	γ	2,3319	2,2871	2,4177

*FDP = Função densidade de probabilidade, CF = coeficientes.

Pode-se observar que em todas as medições o parâmetro c da FDP Weibull 3p foi <1 , caracterizando distribuição decrescente de maneira abrupta. Em relação à FDP Beta, o parâmetro β sempre foi maior que α , o que resulta em distribuições com assimetria positiva. Os coeficientes apresentados foram utilizados diretamente nas FDP's para obtenção da frequência por classe diamétrica.

Medição dos anos de 2011, 2013 e 2015

A Tabela 5 apresenta a frequência observada e os resultados provenientes das FDP's expressos em número de indivíduos por hectare e por classe diamétrica para as medições dos anos de 2011, 2013 e 2015.

As FDP's Gama, Beta, Weibull 3p e SB de Johnson seguiram um padrão similar de ajuste, apesar de terem apresentado resultados diferentes no teste de Kolmogorov-Smirnov, como apresentados na Tabela 4. A FDP Normal não se ajustou aos dados de distribuição decrescentes, por sua própria natureza inflexível e específica para distribuições unimodais. A FDP Lognormal não apresentou boas estimativas nas primeiras classes, sendo classificada como não aderente.

A distribuição diamétrica foi caracterizada pelo formato do "J-invertido", apresentando grande quantidade de indivíduos nas menores classes, com reduções significativas de indivíduos para as classes de maior

diâmetro. Foram observados indivíduos em todas as classes diamétricas, porém em menor número nas classes de maior diâmetro, seguindo a dinâmica natural da floresta, onde a competição por melhores condições para o crescimento permite que apenas poucos indivíduos atinjam grandes dimensões.

A Tabela 6 apresenta os resultados da aplicação do teste de Kolmogorov-Smirnov para o Parque Nacional do Iguazu, para a medição de 2011, 2013 e 2015.

Os resultados do teste de Kolmogorov-Smirnov (K-S) apresentaram uma amplitude de 0,0052 a 0,4520. O alto valor de D_{calc} na FDP Normal é justificado pelo fato de que uma FDP que apresenta características unimodais não se adapta a uma distribuição exponencial negativa, ou seja, ela não apresenta flexibilidade para o ajuste. Essa flexibilidade pode ser observada nas FDP's Weibull 3p e SB de Johnson.

Para a maioria das FDP's não houve aderência, indicando que elas não são adequadas para expressar a distribuição diamétrica neste caso. Essa situação foi observada para as FDP's Normal, Lognormal e Beta em todos os anos de medição. Nota-se que para a FDP Gama medição de 2011, os valores de D_{tab} e D_{calc} foram iguais, porém a partir da 5ª casa decimal houve diferenciação, o que a classificou como não aderente.

TABELA 5 - Frequência observada e resultados das FDP's para as medições dos anos de 2011, 2013 e 2015.

Ano de Medição	Classe de Diâmetro	Centro de Classe (cm)	Freq. Obs.	Normal	Lognormal	Gama	Beta	Weibull 3p	SB de Johnson
2011	1	10	754,8	291,0	629,2	719,7	719,5	751,8	751,5
	2	20	133,1	285,8	221,4	211,8	216,5	142,6	143,7
	3	30	64,5	159,0	69,5	57,7	56,3	59,9	58,9
	4	40	36,0	50,2	23,9	15,4	13,1	31,3	30,9
	5	50	20,5	9,0	9,1	4,1	2,7	18,2	18,3
	6	60	10,5	0,9	3,8	1,1	0,5	11,4	11,7
	7	70	4,8	0,1	1,7	0,3	0,1	7,5	7,8
	8	80	1,7	0,0	0,8	0,1	0,0	5,1	5,3
	9	90	1,4	0,0	0,4	0,0	0,0	3,5	3,7
	10	140	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,4
2013	1	10	779,3	300,1	656,0	743,8	743,6	776,6	776,6
	2	20	138,3	296,8	234,6	218,0	222,7	146,6	147,1
	3	30	65,0	165,7	72,9	59,1	57,6	61,6	60,5
	4	40	36,2	52,3	24,7	15,7	13,3	32,1	31,8
	5	50	21,0	9,3	9,2	4,1	2,7	18,7	18,9
	6	60	12,6	0,9	3,7	1,1	0,5	11,7	12,1
	7	70	4,5	0,1	1,6	0,3	0,1	7,7	8,1
	8	80	1,0	0,0	0,8	0,1	0,0	5,2	5,5
	9	90	1,9	0,0	0,4	0,0	0,0	3,7	3,8
	10	140	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,4
2015	1	10	793,3	306,8	666,6	756,9	756,8	790,1	789,7
	2	20	135,5	301,9	236,1	219,1	223,7	146,2	147,7
	3	30	67,9	166,0	72,8	58,6	56,9	61,4	60,3
	4	40	35,2	51,1	24,5	15,3	12,9	32,2	31,6
	5	50	21,7	8,8	9,1	4,0	2,6	18,8	18,8
	6	60	12,1	0,8	3,7	1,0	0,5	11,8	12,0
	7	70	4,3	0,0	1,6	0,3	0,1	7,8	8,1
	8	80	1,4	0,0	0,7	0,1	0,0	5,3	5,6
	9	90	1,7	0,0	0,4	0,0	0,0	3,8	4,0
	10	140	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,7

*AM = ano de medição, CD = classe de diâmetro, CC = centro de classe, FO = frequência observada, N = normal.

Diferentemente do ajuste para a medição do ano de 2011, a FDP Gama medição 2013 apresentou aderência aos dados, sendo a 3ª no ranking. Já para a medição de 2015, a FDP Gama voltou a não apresentar aderência. Contudo, houve casos em que as FDP's testadas

apresentaram aderência ao teste, como é o caso da Weibull 3p e da SB de Johnson. A FDP que melhor se ajustou a essa base de dados foi a Weibull 3p, seguida pela SB de Johnson em um ranking.

TABELA 6 - Resultados do teste de Kolmogorov-Smirnov para as seis FDP's testadas para as medições de 2011, 2013 e 2015. UFPR, Curitiba, PR. 2018.

AM*	PR	FO	N	Lognormal
2011	Total ha ⁻¹	1030	796	960
	D_{tab} 95%	-	0,0424	0,0424
	D_{calc}	-	0,4501	0,1218
	Aderência	-	Não	Não
	Ranking	-	6°	5°
2013	Total ha ⁻¹	1063	825	1004
	D_{tab} 95%	-	0,0417	0,0417
	D_{calc}	-	0,4508	0,1160
	Aderência	-	Não	Não
	Ranking	-	6°	5°
2015	Total ha ⁻¹	1076	835	1015
	D_{tab} 95%	-	0,0415	0,0415
	D_{calc}	-	0,4520	0,1177
	Aderência	-	Não	Não
	Ranking	-	6°	5°
AM	Beta	Weibull 3p		SB de Johnson
	1009	1032		1032
	0,0424	0,0424		0,0424
	0,0467	0,0063		0,0071
	Não	Sim		Sim
2013	1040	1065		1065
	0,0417	0,0417		0,0417
	0,0458	0,0052		0,0057
	Não	Sim		Sim
	4°	1°		2°
2015	1054	1078		1079
	0,0415	0,0415		0,0415
	0,0481	0,0069		0,0080
	Não	Sim		Sim
	4°	1°		2°

*AM = ano de medição, PR = parâmetros, FO = frequência de observações, N = normal.

Compilação dos resultados obtidos e comparações

Verifica-se que para as três medições (2011, 2013 e 2015), as funções densidade de probabilidade seguiram a mesma tendência de aderência pelo teste Kolmogorov-Smirnov; o ranking do melhor para o pior ajuste é: Weibull 3p, SB de Johnson, Gama, Beta, Lognormal e Normal. Para todos os anos de medição as FDP's Weibull 3p e SB de Johnson superestimam ligeiramente o número total de árvores por hectare, quando comparado ao observado.

A FDP Normal, devido as suas próprias características, não apresenta aderência em nenhuma das medições, assim como a Lognormal. Elas apresentam pouca flexibilidade e subestimam consideravelmente o número de indivíduos na 1ª classe e, assim, ficam muito aquém das FDP's Weibull 3p e SB de Johnson.

A forte assimetria verificada nas distribuições diamétricas, devido ao grande número de indivíduos presentes na primeira classe, determina os maiores desvios nas duas classes subsequentes para as FDP's Gama e Beta.

Verifica-se a presença de árvores em todas as classes, porém em menor número nas maiores classes diamétricas, seguindo a dinâmica natural da floresta, em que poucos indivíduos atingem grandes dimensões, devido à competição por melhores condições para o seu crescimento. Os trabalhos que se seguem vêm ao encontro e dão suporte ao encontrado nesta pesquisa.

Machado et al. (2009), estudando um fragmento de Floresta Ombrófila Mista situado em Curitiba, Paraná, encontraram, para a floresta como um todo, uma distribuição exponencial negativa, bem como para outras três espécies analisadas.

Watzlawick et al. (2011) estudaram uma área de Floresta Ombrófila Mista em Sistema Faxinal, Rebouças (PR), e encontraram uma estrutura diamétrica da vegetação, demonstrando que a maior parte dos indivíduos se encontra em classes com diâmetros menores. O comportamento segue a distribuição de "J-invertido", característico de florestas inequianas, denotando uma comunidade com potencial de regeneração e com muitos

indivíduos jovens em relação ao número de indivíduos adultos.

Kuchla et al. (2015), trabalhando em uma área de transição de Cerrado e Floresta Aluvial no município de Campos de Júlio, Mato Grosso, encontraram distribuições diamétricas no formato exponencial negativa ou “J-invertido”, sendo a distribuição de Weibull a única que se ajustou para ambos os dados.

Téo et al. (2015) encontraram a função Sb de Johnson como sendo a que melhor representou a distribuição diamétrica, considerando todas as espécies, para um fragmento de Floresta Ombrófila Mista em Leblon Régis, SC.

Orellana et al. (2014) trabalhando com as FDP's Weibull 3p e Beta na análise da distribuição diamétrica de 20 espécies de maior Índice de Valor de Importância (IVI) na Floresta Nacional de Irati, encontraram a Weibull 3p como a de melhor ajuste para 10 espécies, enquanto que para as outras 10 espécies a FDP Beta apresentou melhores resultados.

CONCLUSÕES

Nas medições de 2011, 2013 e 2015, as distribuições diamétricas para o Parque Nacional do Iguaçu (PNI) como um todo assumem o formato do “J-invertido”, situação que também pode ser evidenciada por meio dos parâmetros estimados das FDP's.

As funções densidade de probabilidade Weibull 3p e SB de Johnson apresentam aderência aos dados de diâmetro em todos os anos de medição, sendo que a Weibull 3p se mostrou melhor no ajuste aos dados em todos os anos de medição. A função densidade de probabilidade Gama apresentou aderência aos dados de diâmetro apenas na medição de 2013. Já as funções densidade de probabilidade Beta, Lognormal e Normal não apresentam aderência aos dados de diâmetro em nenhuma das medições.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPOS, J.C.C.; LEITE, H.G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 5ª ed. Atualizada e ampliada. Viçosa. Editora UFV, 2009. 636p.

FERREIRA, L.M. **Revisão do plano de manejo do Parque Nacional do Iguaçu encarte 5, com vistas à revisão do ano de manejo**. IBAMA e FUPEF. Brasília, 1999. 354 p.

ITCG. INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS. **Clima - Estado do Paraná**. Curitiba: ITCG, 2008. 1 Mapa. Escala 1:2.000.000.

KUCHLA, W.J.; STEPKA, T.F.; SAWCZUK, A.R.; LISBOA, G.S. Florística, estrutura horizontal e

distribuição diamétrica em área de transição de cerrado e floresta aluvial no município de Campos de Júlio - MT. **Ambiência**, Guarapuava, v.11, n.1, p.13-30, 2015.

MACHADO, S.A.; AUGUSTYNICZIK, A.L.D.; NASCIMENTO, R.G.M.; TÉO, S.J.; MIGUEL, E.P.; FIGURA, M.A.; SILVA, L.C.R. Funções de distribuição diamétrica em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.8, p.2428-2434, 2009.

MARANGON, L.C.; FELICIANO, A.L.P.; BRANDÃO, C.F.L.S.; ALVES JÚNIOR, F.T. Relações florísticas, estrutura diamétrica e hipsométrica de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, MG. **Floresta**, Curitiba, v.38, n.4, p.699-709, 2008.

MOREIRA, T. **Resumo executivo plano de manejo Parque Nacional do Iguaçu**. IBAMA. Brasília, 2000. 31p.

ORELLANA, E.; FIGUEIREDO FILHO, A.; PÉLICO NETTO, S.; DIAS, A.N. Modelagem da distribuição diamétrica de espécies florestais em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista. **Revista Árvore**, Viçosa, v.38, n.2, p.297-308, 2014.

ROCHA, S.B. A “Estrada do Colono” e o Parque Nacional do Iguaçu. IBAMA. Brasília, 1997. 36p.

SALAMUNI, R.; SALAMUNI, E.; ROCHA, L.A.; ROCHA, A.L. **Parque Nacional do Iguaçu, PR: Cataratas de Fama Mundial**. In: DNPM, CPRM e SIGEP. Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. Brasília: DNPM, 2002. p. 313-321.

SOARES, C.P.B.; PAULA NETO, F.; SOUZA, A.L. **Dendrometria e Inventário Florestal**. 2ª ed. Editora UFV. Viçosa, 2011. 272p.

SOUZA, R.F. **Fitossociologia e dinâmica da vegetação arbórea no Parque Nacional do Iguaçu**. 2015. 135 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Curitiba, 2015.

TÉO, S.J.; MARCON, F.; SCHNEIDER, C.R.; SANTOS, F.B.; CHIARELLO, K.M.A.; FIORENTIN, L.D. Modelagem da distribuição diamétrica de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista em Leblon Régis, SC. **Floresta**, Curitiba, v.45, n.2, p.337-348, 2015.

VALLEJOS, O.S.B.; SANQUETTA, C.R.; ARCE, J.E.; MACHADO, S.A.; CORTE, A.P.D. Proposta metodológica para ajuste ótimo da distribuição diamétrica Weibull 3P. **Floresta**, Curitiba, v.34, n.3, p.387-393, 2004.

WATZLAWICK, L.F.; ALBUQUERQUE, J.M.; REDIN, C.G.; LONGHI, R.V.; LONGHI, S.J. Estrutura, diversidade e distribuição espacial da vegetação arbórea na Floresta Ombrófila Mista em Sistema Faxinal, Rebouças (PR). **Ambiência**, Guarapuava, v.7, n.3, p.415-427, 2011.