

# Estudo da estrutura diamétrica para *Araucaria angustifolia* em florestas naturais nos estados da região sul do Brasil

SEBASTIÃO A. MACHADO\*  
ALEXANDRA C. P. S. BARTOSZEK\*\*  
EDILSON BATISTA DE OLIVEIRA\*\*\*

## RESUMO

O objetivo da presente pesquisa foi estudar o comportamento da distribuição diamétrica de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze (pinheiro-do-paraná) nos estados da região sul do Brasil, tanto em florestas primárias como secundárias. Os dados utilizados provieram do Inventário Florestal do Pinheiro do sul do Brasil realizado em 1978 pela Fundação de Pesquisas Florestais - FUPF, distribuídos em toda a região de ocorrência natural do pinheiro nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Foram medidos diâmetro à altura do peito (d) e altura de todas as árvores com (d) acima de 20 cm em 323 parcelas de 20x125 m (2.500 m<sup>2</sup>), das quais 167 parcelas em florestas primárias e 156 parcelas em florestas secundárias. Para o ajuste da distribuição de frequências sobre classes de diâmetro com intervalos de 5 cm, testou-se as seguintes funções probabilísticas: Normal, Log-normal, Gamma, Beta e Weibull. O ajuste destas funções foi verificado através dos testes  $\chi^2$  e Kolmogorov-Smirnov, bem como por meio do exame da distribuição gráfica dos resíduos. Após a realização destes testes concluiu-se que as funções Weibull e Beta foram as melhores respectivamente para as florestas primárias e secundárias de *Araucaria angustifolia* na região considerada.

**Palavras-chave:** distribuição diamétrica, funções de distribuição probabilística, *Araucaria angustifolia*, florestas naturais

## ABSTRACT

Study of diameter structure in natural forests of *Araucaria angustifolia* in the states of the Brazilian Southern Region. The purpose of this research was to study the behavior of diameter distribution of *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze (Paraná pine) in the Southern States of Brazil, for old-growth and secondary forests. The data used came from the forest inventory carried out in 1978 by the Forest Research Foundation of Paraná (FUPF), distributed all over the region of natural occurrence of Paraná pine in the state of Paraná, Santa Catarina, and Rio Grande do Sul. Diameter (d) and height of all trees above 20 cm of DBH were measured in 323 sample plots of 20x125 m (2,500 m<sup>2</sup>), from which 167 in primary forests, and 156 in secondary forests. The following probability density functions were tested to fit frequency distributions on diameter classes with 5 cm of intervals: Normal, Log-normal, Gamma, Beta, Weibull. The goodness of fitting of these functions were verified by the  $\chi^2$  and Kolmogorov-Smirnov tests, besides the residual graphic distribution. It was concluded that the Weibull and Beta

\*Eng. florestal, M.Sc., Ph.D., Professor Senior, Departamento de Silvicultura e Manejo - UFPR, bolsista do CNPq

\*\*Eng. florestal, bolsista de Aperfeiçoamento do CNPq

\*\*\*Eng. agrônomo, Dr., Pesquisador da EMBRAPA/CNPq Florestas

distribution functions were the best to represent the diameter distributions, respectively for primary and secondary *Araucaria angustifolia* natural forests in the study region.

**Key words:** diameter distribution, probability distribution functions, *Araucaria angustifolia*, natural forests

## INTRODUÇÃO

Desde o início deste século, o Brasil tem assistido ao esgotamento das reservas florestais de pinheiro-do-paraná (*Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze), que é uma das espécies nativas de maior valor silvicultural e econômico para o país. Estas reservas cobriam uma vasta região desde o sul de Minas Gerais, onde a sua ocorrência era localizada, até atingir as formações mais extensas e contínuas, distribuídas pelos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, onde ocupava uma área de aproximadamente 160.000 km<sup>2</sup>, segundo FUNDAÇÃO DE PESQUISAS FLORESTAIS DO PARANÁ (1978).

O processo de redução drástica da área coberta com maciços florestais de pinheiro ocorreu com a instalação de centenas de indústrias madeireiras, em toda a área de dispersão natural desta espécie, interessadas no aproveitamento de sua madeira de altíssima qualidade e que, seguida pela agricultura de queima e roça, levaram à extinção de extensas áreas de florestas, as quais pareciam inesgotáveis. Esta espécie atualmente é encontrada em áreas reduzidas, tanto na forma de floresta primária como de floresta secundária proveniente da regeneração natural ocorrida após a exploração da floresta primária.

Apesar de ter sido objeto de estudos de vários autores desde 1840, poucas são as pesquisas desenvolvidas para florestas naturais de pinheiro na área de dendrometria e manejo florestal. A caracterização da estrutura diamétrica desta floresta de pinheiros, constitui um dos principais itens a serem pesquisados nesta área. Este estudo refere-se à identificação da relação existente entre o número de árvores de pinheiro por unidade de área (frequência) distribuídas por classes de diâmetro à altura do peito (d).

Dependendo da tipologia, a distribuição diamétrica pode ser unimodal ou decrescente. A distribuição decrescente é característica de florestas naturais heterogêneas e multiâneas, enquanto que a unimodal é característica de florestas naturais homogêneas e equiâneas, como no caso de plantações florestais, ou então de espécies que se regeneram em ciclos.

O conhecimento da distribuição diamétrica de um povoamento florestal e sua evolução com o tempo é básico para o manejo, planejamento e controle da atividade florestal. A função de distribuição quando associada a uma função de afilamento do tronco serve para a quantificação do sortimento de madeira para diversos fins e quando associada a uma função de produção permite a estimativa da evolução dos sortimentos do povoamento florestal, bem como a evolução de sua renda.

Diversos são os modelos matemáticos apropriados para descrever distribuição de frequência por unidade de área em relação às classes sucessivas

de diâmetro. Os modelos matemáticos mais conhecidos envolvem o uso de funções de densidade probabilística para a obtenção das frequências de árvores em cada classe de diâmetro por unidade de área. O ajuste destas funções poderá ser feito com base em certas características do povoamento florestal usando o método dos momentos, método da máxima verossimilhança e método dos percentis, conforme a distribuição a ser ajustada ou o método escolhido. Alguns desses métodos servem apenas para as distribuições decrescentes, outros para distribuições unimodais e ainda uma terceira classe de modelos, que por serem muito flexíveis podem se ajustar bem aos dois tipos de distribuição.

SCHREUDER & HAFLEY (1977) compararam as distribuições Beta, SB de Johnson, Weibull, Normal, Log-normal e Gamma em termos de flexibilidade em assumir diferentes formas para a descrição de distribuição de diâmetros. Através de testes, estes autores concluíram que a distribuição Normal é a menos flexível e, que embora as funções Weibull, Gamma e Log-Normal tenham demonstrado capacidade de assumirem formas variadas de curvas, a Beta e SB foram as mais flexíveis. Estas mesmas funções de distribuição foram testadas por COUTO (1980) para plantações *Pinus caribaea* estabelecidas no estado de São Paulo, FINGER (1982) para *Acacia mearnsii* no Rio Grande do Sul, por MACHADO *et al.* (1990) para *Pinus taeda* no Paraná.

Diversos pesquisadores brasileiros desenvolveram pesquisas sobre distribuição diamétrica em várias tipologias florestais, tanto para florestas naturais, como para plantações florestais. Como trabalhos pioneiros destacam-se os de HEINSDIJK (1965) com um ensaio sobre a distribuição de diâmetros nas florestas brasileiras e RAMOS (1968). Outros trabalhos foram os de BARROS (1980), CAMPOS & TURNBULL (1981), GLADE (1987), BASTISTA (1989), CUNHA (1995), OLIVEIRA (1995), SCOLFORO (1995).

Este trabalho tem por objetivo estudar a adequação de diferentes modelos de distribuição probabilística na caracterização da estrutura diamétrica de floresta natural de *Araucaria angustifolia*. Será testada a hipótese de que a distribuição desta espécie é unimodal tanto para florestas primárias como para florestas secundárias, por ser esta uma espécie que se regenera em ciclos.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados são provenientes do inventário florestal do pinheiro no sul do Brasil realizado em 1978 pela Fundação de Pesquisas Florestais (FUPEF), em convênio com o extinto Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF). Este inventário foi realizado na área de ocorrência natural de *A. angustifolia* nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

A população inventariada compreende toda a formação do pinheiro, o qual constitui um tipo característico e dominante da Floresta Ombrófila Mista do planalto Meridional brasileiro. Para o inventário florestal utilizou-se o processo de amostragem estratificada com alocação ótima. A unidade de amostra usada tinha forma retangular com 20 m de largura por 125 m de

comprimento, perfazendo uma área de 2.500 m<sup>2</sup>. Foram instaladas e medidas 323 unidades amostrais, das quais 167 em florestas primárias e 156 em florestas secundárias. Diversas informações foram tomadas em cada unidade amostral, dentre as quais a circunferência à altura do peito (CAP) de todas as árvores que apresentassem CAP > 60 cm.

Os valores de CAP, transformados posteriormente em (d), formaram a base de dados para a presente pesquisa. No tratamento inicial os dados foram agrupados em classes de diâmetro com intervalo de 5 cm, sendo a primeira classe compreendida entre os limites de 20 e 25 cm, obtendo-se então, a frequência por classe diamétrica para o total das unidades amostrais, separadamente por tipologia florestal. O maior (d) encontrado na amostragem foi de 190,3 cm, porém a frequência de árvores com d > 150 cm foi muito baixa (apenas 6 árvores), existindo inclusive muitas classes com ausência de indivíduos. Por isso, para o ajuste das funções, eliminou-se todas as classes acima de 150 cm. As informações sobre os dados usados para o ajuste dos modelos são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Parâmetros das 5 funções com seus respectivos testes Qui-quadrado e Kolmogorov-Smirnov, utilizados para comparar as frequências observadas e estimadas  
 Table 1 - Parameters of the five functions and respective  $\chi^2$  and Kolmogorov-Smirnov values used to compare the observed and expected frequencies

funções functions	tipologia I/forest type I			tipologia II/forest type II		
	parâmetros parameters	$\chi^2$	Kolmogorov Smirnov	parâmetros parameters	$\chi^2$	Kolmogorov Smirnov
Normal	$\mu = 69,0034$ $\sigma = 24,7642$	48,24	0,02715	$\mu = 41,5174$ $\sigma = 15,2657$	427,77	0,07986
Lognormal	$\mu = 4,1615$ $\sigma = 0,3987$	299,74	0,07244	$\mu = 3,6622$ $\sigma = 0,3563$	99,31	0,04208
Gamma	$\alpha = 7,0410$ $\beta = 9,8002$	119,39	0,04680	$\alpha = 7,98210$ $\beta = 5,20131$	95,37	0,04793
Beta	$\alpha = 1,8217$ $\beta = 3,0438$	109,80	0,04515	$\alpha = 1,27747$ $\beta = 5,58521$	97,05	0,04354
Weibull	$c = 3,04322$ $b = 77,3034$	22,57	0,01713	$c = 2,84883$ $b = 46,6009$	258,66	0,08654

Na presente pesquisa utilizou-se o método dos momentos para o ajuste das funções de densidade probabilística.

As funções testadas foram:

1 Normal

$$f(x) = \frac{1}{(\sigma\sqrt{2\pi})} \cdot e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad \text{onde: } \sigma > 0; -\infty < x < +\infty; -\infty < \mu < +\infty$$

## 2 Log-Normal

$$f(x) = \frac{1}{x \sqrt{2 \cdot \pi \cdot \sigma^2}} \cdot e^{-\frac{\left(\frac{1}{2}\right) (\log x - \mu)^2}{\sigma^2}}$$

onde:  $x \geq a$ ;  $\sigma > 0$ ;  $-\infty < \mu < +\infty$ ;  $-\infty < x < +\infty$

## 3 Gamma

$$f(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \cdot x^{(\alpha-1)} \cdot e^{-\frac{x}{\beta}}$$

onde:  $x \geq a$ ;  $-\infty < a < +\infty$ ;  $\alpha, \beta > 0$

## 4 Weibull

$$f(x) = \frac{c}{b} \cdot \left(\frac{x}{b}\right)^{(c-1)} \cdot e^{-\left[\left(\frac{x}{b}\right)^c\right]}$$

onde:  $x \geq a$ ;  $-\infty < a < +\infty$ ;  $c, b > 0$

## 5 Beta

$$f(x) = \frac{\Gamma(\alpha+\beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} \cdot (b-a)^{-(\alpha+\beta-1)} \cdot (x-a)^{(\alpha-1)} \cdot (b-x)^{(\beta-1)}$$

onde:  $a < x < b = x_{max}$ ;  $\alpha, \beta > 0$ ;  $-\infty < a < b < +\infty$

sendo:

$f$  - função de densidade da variável  $x$

$x$  - diâmetro do centro de classe

$\mu$  - média aritmética

$\sigma$  - desvio padrão

$a$  - menor valor da variável observada

$b$  - maior valor da variável observada

$\alpha, \beta, b, c$  - parâmetros a estimar

Para comparar a precisão das freqüências estimadas através dos modelos testados com as freqüências observadas foram usados os testes  $\chi^2$  e Kolmogorov-Smirnov e a análise visual gráfica dos resíduos de regressão para selecionar a melhor equação.

Foram, também, traçadas curvas das freqüências estimadas sobre o histograma das freqüências observadas por classe de diâmetro para as funções ajustadas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises preliminares dos dados consistiram em caracterizá-los através do agrupamento em classes de diâmetro à altura do peito (d), com casca, em centímetros, com respectivas frequências absolutas e relativas, tanto para as florestas primárias, como para as secundárias. Calculou-se o diâmetro (d) médio, desvio padrão e mediana, bem como identificou-se o diâmetro mínimo e o máximo das distribuições (Tabela 3).

A Tabela 2 foi composta baseando-se na frequência total da amostragem de 167 parcelas de 2.500 m<sup>2</sup> (20x125m) cada, perfazendo-se uma área total de 41,75 ha para a tipologia I, enquanto que a tipologia II apresentou 156 parcelas de mesmas dimensões, abrangendo um total de 39 ha. Observa-se que as distribuições para os dois tipos florestais são truncadas, uma vez que no inventário florestal mediram-se apenas as árvores com diâmetro à altura do peito (d) acima de 20 cm.

Analisando a Tabela 2 para as florestas primárias de *A. angustifolia*, observa-se um aumento gradativo da frequência por classes crescentes de (d) até a classe de 72,5 cm. Dessa classe em diante verificou-se um decréscimo, também gradativo de frequências à medida que se aumenta as classes de (d), caracterizando uma distribuição unimodal com algum grau de assimetria. Nas classes acima de 150 cm, a existência de árvores passou a constituir evento raro, existindo ausência de valores observados em algumas delas.

Observando a Tabela 2 para as florestas secundárias de *A. angustifolia* não se verifica uma tendência clara na evolução das frequências observadas até a classe de 37,5 cm. Nas duas classes seguintes há um ligeiro decréscimo de do número de árvores, porém a partir da classe de 52,5 cm a redução da frequência é consistente e gradativa até a classe de 112,5 cm. Daí para a frente a existência de árvores passa a constituir-se em eventos raros.

Embora a linha estimativa por qualquer das funções testadas tenha indicado a existência de uma distribuição unimodal, essa foi bastante assimétrica. Provavelmente se existissem dados de árvores abaixo de 20 cm de diâmetro, a unimodalidade ficaria melhor caracterizada.

Deve-se observar que as florestas com pinheiro, classificadas como secundárias, resultaram da regeneração natural após a exploração das florestas primárias. No processo exploratório, algumas árvores adultas e outras ainda pequenas foram deixadas na floresta. Como a exploração ocorreu em diversas épocas, existem florestas secundárias em diversas faixas etárias.

Como os dados provieram de florestas secundárias de diversas idades e com diferentes graus de interferência humana, a estrutura diamétrica resultante é irregular relativamente à esperada, a qual seria unimodal característica caso os dados utilizados pertencessem a um mesmo estrato por faixa etária. Estes resultados obtidos para as florestas secundárias estão em concordância com os encontrados por RAMOS (1968).

Em média, existem 59,6 árvores por hectare com diâmetro à altura do peito acima de 20 cm nas florestas primárias, das quais apenas 7,5 entre as

classes 22,5 cm e 37,5 cm de diâmetro. Nas florestas secundárias existem, em média 97,8 pinheiros com diâmetro acima de 20 cm, dos quais 53,9 entre as classes 22,5 cm e 37,5 cm de diâmetro.

Tabela 2 - Frequências observadas por classe de diâmetro para o total de 167 parcelas de 2.500 m<sup>2</sup> cada uma e frequências estimadas através da função Weibull, para a tipologia I; frequências observadas para o total de 156 parcelas de 2.500 m<sup>2</sup> cada uma e frequências estimadas através da função Beta, para a tipologia II

Table 2 - Observed frequencies per diameter class for 167 plots of 2,500 m<sup>2</sup> each and expected frequencies by the Weibull function, for the forest type I; observed frequencies for 156 plots of 2,500 m<sup>2</sup> each and expected frequencies by the Beta function, for the forest type II

centro de classe (cm) <i>middle class (cm)</i>	tipologia I/type I		tipologia II/type II	
	frequência observada absoluta	frequência estimada	frequência observada absoluta	frequência estimada
	<i>observed frequency</i>	<i>expected frequency</i>	<i>observed frequency</i>	<i>expected frequency</i>
22,5	66	78,9	493	500,5
27,5	73	56,9	543	584,1
32,5	75	77,7	442	543,1
37,5	116	100,1	476	474,7
42,5	125	122,7	466	400,1
47,5	147	144,3	439	328,1
52,5	152	163,2	263	262,5
57,5	175	178,1	246	205,2
62,5	195	187,8	160	156,5
67,5	184	191,4	84	116,4
72,5	201	188,6	71	84,1
77,5	153	179,6	57	58,9
82,5	174	165,3	25	39,8
87,5	136	146,8	20	25,7
92,5	120	125,8	14	15,8
97,5	118	103,8	6	9,1
102,5	87	82,5	3	4,8
107,5	63	63,0	2	2,3
112,5	39	46,1	1	0,9
117,5	34	32,4	1	0,3
122,5	22	21,8	0	0,1
127,5	13	14,0	0	0
132,5	7	8,6	1	0
137,5	4	5,0		
142,5	6	2,8		
147,5	5	2,8		

Tabela 3 - Estatística descritiva  
 Table 3 - Descriptive statistics

	tipologia I <i>type I</i>	tipologia II <i>type II</i>
média diamétrica/ <i>diameter mean</i>	69,00	41,52
desvio padrão/ <i>standard deviation</i>	24,76	15,27
mediana/ <i>median</i>	67,96	39,15
diâmetro mínimo/ <i>minimum diameter</i>	20,37	20,00
diâmetro máximo/ <i>maximum diameter</i>	149,61	132,70

### AJUSTE DAS FUNÇÕES DE DISTRIBUIÇÃO

Cinco funções de densidade probabilística foram ajustadas para as florestas primárias (tipologia I) e para as florestas secundárias (tipologia II) de *A. angustifolia*. Paralelamente, dentro do mesmo pacote estatístico (Statistica versão 5) usado para a estimativa dos coeficientes das funções, foram estimados os índices de ajuste de Qui-quadrado ( $\chi^2$ ) e de Kolmogorov-Smirnov (K-S) que são estatísticas apropriadas para comparar a performance destas funções. A Tabela 1 apresenta os valores estimados dos coeficientes de cada uma das cinco funções com respectivos valores de  $\chi^2$  e K-S para as duas tipologias florestais.

No que se refere à tipologia I, pelo teste  $\chi^2$  verificado na Tabela 1, o melhor ajuste foi conseguido com a função Weibull seguida da Normal e Beta. As funções Gamma e Lognormal apresentaram os piores ajustes. Com respeito ao teste de Kolmogorov-Smirnov, também o melhor ajuste foi encontrado com a função Weibull, seguida pela Normal, vindo depois a Beta, seguida da Gamma e por último a Lognormal.

Na Tabela 2 são apresentadas as frequências observadas e estimadas através da função Weibull. A justaposição da linha estimativa sobre o histograma de frequências observadas é mostrada na Figura 1a para a função Weibull, evidenciando um bom ajuste desta função. A curva resultante da função Normal quando traçada sobre o histograma de frequências observadas apresentou uma boa conformação dos dados, exceto nas duas extremidades, por ser esta uma função específica para curvas simétricas.

Como comprovação da eficiência das funções testadas para a tipologia I, procedeu-se à análise gráfica de resíduos, a qual também indicou que tanto a função Weibull como a função Normal apresentaram estimativas sem tendências para todas as classes de diâmetro com ligeiras distorções. As funções Gamma e Lognormal apresentaram estimativas muito tendenciosas ao longo de quase toda a linha estimativa, indicando serem inadequadas para o ajuste de frequências do conjunto de dados relativos à tipologia I.

Ao analisar os resultados apresentados na Tabela 1 referentes à tipologia II, os valores do  $\chi^2$  indicam que a função de melhor ajuste foi a Gamma, seguida pela Beta. As demais funções testadas não apresentaram um bom ajuste, com valores de  $\chi^2$  bem mais elevados do que aos das funções Gamma

e Beta. Com o teste de Kolmogorov-Smirnov houve inversão, sendo a função Beta a que apresentou melhor ajuste, em seguida veio a função Gamma. Nesse quesito a função Normal foi a pior de todas seguida pelas funções Weibull e Lognormal.

As frequências observadas por classe diamétrica com as respectivas estimativas através da função Beta são apresentadas na Tabela 2. A linha estimativa resultante da função de melhor ajuste foi traçada sobre o histograma de frequências observadas, conforme mostra a Figura 1b. Visualmente vê-se claramente nesta Figura que a linha estimativa não representa bem os dados até a classe de 50 cm, com desvios bem altos entre valores observados e estimados. Entretanto a partir dessa classe de diâmetro os desvios são pequenos e a linha estimativa se conforma bem aos dados observados. O mesmo ocorre com a função Gamma mostrada na Figura 1c. Contudo não se pode dizer o mesmo sobre as outras funções que forneceram estimativas distorcidas em relação à tendência observada através de histogramas.

Embora se tenha feito análise visual gráfica da distribuição de resíduos para todas as cinco funções testadas, esta é apresentada apenas para as duas funções de melhor ajuste, como se pode observar nas Figuras 2b e 2c. Nota-se claramente a existência de estimativas tendenciosas para as primeiras classes de diâmetro. No entanto, a função Beta apresentou distribuição gráfica dos resíduos ligeiramente melhor do que a Gamma, como se pode observar nas Figuras 2b e 2c, sendo a primeira considerada como a melhor de todas para ajustar-se aos dados da tipologia II. Não há como melhorar a estimativa no segmento inferior da distribuição por ser esta truncada em 20 cm e além disto ser perturbada por diferentes graus de intervenção humana. O fato das medições terem sido feitas em florestas secundárias com diversas faixas etárias também contribuiu para que a distribuição diamétrica resultante tenha um comportamento intermediário entre as formas unimodal e decrescente. Não tivesse sido a distribuição diamétrica truncada à esquerda em 20 cm, provavelmente resultaria em uma curva unimodal com forte assimetria.

#### NÚMERO DE ÁRVORES POR HECTARE

As frequências estimadas foram transformadas para hectare, resultando nos dados apresentados na Tabela 2 para as duas tipologias florestais consideradas.

O número de árvores por hectare das florestas primárias (tipologia I) provém dos valores estimados através da função Weibull que foi a de melhor ajuste para essa tipologia, enquanto os correspondentes às florestas secundárias (tipologia II) provém dos valores estimados pela função Beta.

Os valores encontrados na Tabela 2 são bastante consistentes para a tipologia I. O mesmo não se pode afirmar com respeito à tipologia II, por ser esta composta por diversas faixas etárias e por ter sofrido diversos graus de intervenção humana no processo exploratório.

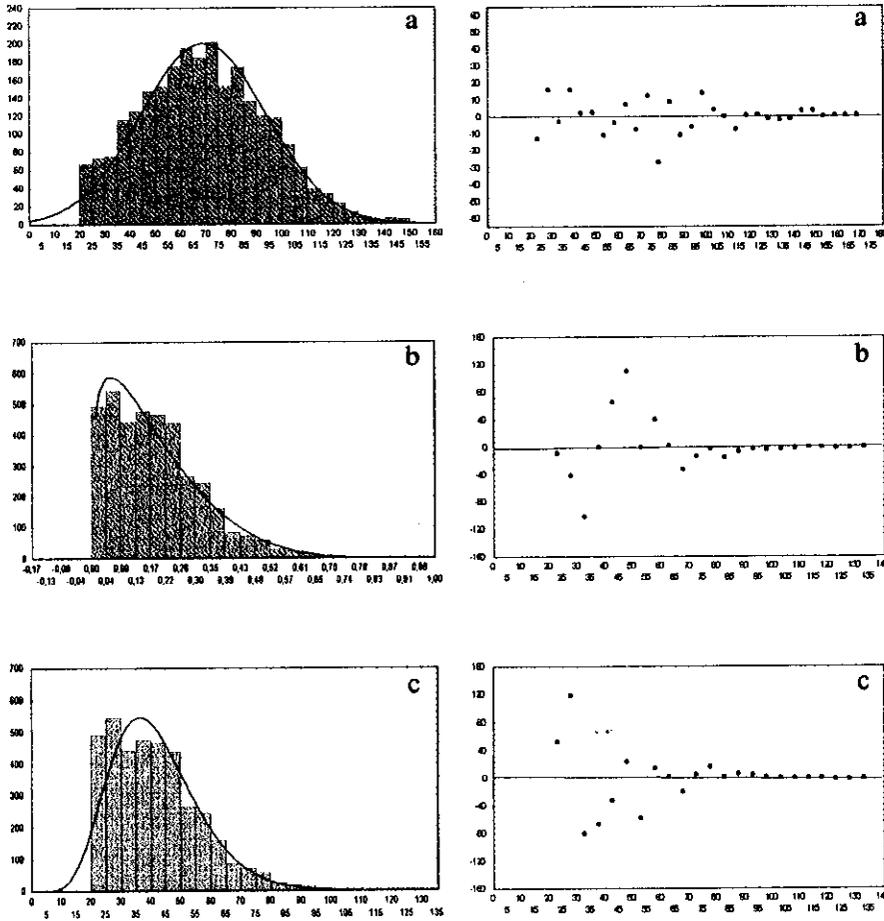


Figura 1/ Figure 1

Figura 2/ Figure 2

Figura 1 - Linha estimativa sobre o histograma de freqüências observadas (Y) em relação às classes de diâmetro em cm (X)

Figure 1 - Fitted line on the observed frequency (Y) histogram in relation to the diameter classes in cm (X)

- a) Função Weibull - tipologia I/Weibull function - forest type I
- b) Função Beta - tipologia II/Beta function - forest type II
- c) Função Gamma - tipologia II/Gamma function - forest type II

Figura 2 - Distribuição gráfica dos resíduos absolutos (Y) em relação às classes de diâmetro em cm (X)

Figure 2 - Graphic absolute residual (Y) distribution in relation to the diameter classes in cm (X)

- a) Função Weibull - tipologia I/Weibull function - forest type I
- b) Função Beta - tipologia II/ Beta function - forest type II
- c) Função Gamma - tipologia II/Gamma function - forest type II

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÃO

Ao analisar os resultados de freqüências por classe diamétrica pode-se concluir que a distribuição diamétrica para a tipologia I é unimodal característica, com pequeno grau de assimetria, enquanto que para a tipologia II, é unimodal perturbada com forte assimetria. Por isso o ajuste das mesmas funções resultou muito melhor para a tipologia I.

A função de melhor ajuste e precisão para a tipologia I foi a Weibull, seguida pela Normal. As demais funções testadas apresentaram distribuição gráfica dos resíduos tendenciosa. A função Beta foi a melhor para a tipologia II, seguida da Gamma. As demais não se ajustaram adequadamente aos dados.

Os resultados alcançados para a tipologia I são consistentes porém o mesmo não ocorre para a tipologia II porque vários fatores externos podem ter interferido na distribuição diamétrica.

O número médio de pinheiros por hectare nas florestas secundárias de *A. angustifolia* neste trabalho foi, aproximadamente, o dobro do encontrado nas florestas primárias.

Recomenda-se trabalhar com dados estratificados por faixa etária para a tipologia II como uma tentativa para se conseguir melhor ajuste das funções testadas. Isto não foi possível no presente estudo por falta de informação.

## BIBLIOGRAFIA CITADA

- BARROS, P. L. C. 1980. **Estudo das distribuições diamétricas da floresta do planalto Tapajós - Pará.** Dissertação. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Curitiba. 123 p.
- BATISTA, J. L. F. 1989. **A função Weibull como modelo para a distribuição de diâmetro de espécies arbóreas tropicais.** Dissertação. Escola Superior Luiz de Queiroz. Piracicaba. 125 p.
- CAMPOS, J. C. C. & TURNBULL, F. X. 1981. Um sistema para estimar produção por classe de diâmetro e sua aplicação na interpretação dos efeitos de desbaste. *Arvore*, 5(1):1-16.
- COUTO, H. T. Z. 1980. **Distribuição de diâmetros em plantações de *Pinus caribaea* Morelet var *caribaea*.** Tese Livre Docência. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba. 79 p.
- CUNHA, U. S. 1995. **Análise da estrutura diamétrica de uma floresta tropical úmida da Amazônia Brasileira.** Dissertação. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Curitiba. 134 p.
- FINGER, C. A. G. 1982. **Distribuição de diâmetros em acácia negra, *Acacia mearnsii* de Willd, em diferentes povoamentos e idade.** Dissertação. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Curitiba. 129 p.
- FUNDAÇÃO DE PESQUISAS FLORESTAIS DO PARANÁ. 1978. **Inventário florestal do Pinheiro no Sul do Brasil.** Curitiba, 327 p.

- GLADE, J. E. 1986. **Prognose de volume por classes diamétricas para *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden.** Dissertação. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Curitiba. 107 p.
- HEINSDISK, D. 1965. A distribuição dos diâmetros nas florestas brasileiras. Rio de Janeiro. Departamento de Recursos Naturais Renováveis do MA. Boletim n° 11, 56 p.
- MACHADO, S. A.; MARQUESINI, L. C. P. T. & BACOVIS, R. 1990. Effects of age, site, average DBH and density upon the diameter distribution of thinned products from *Pinus taeda* plantations in the State of Paraná, Brazil. In: **XIX World Congress; IUFRO.** Montreal, Canadá.
- OLIVEIRA, E. B. 1995. **Um sistema computadorizado de prognose de crescimento e produção de *Pinus taeda* L., com critérios quantitativos para a avaliação técnica e econômica de regimes de manejo.** Tese. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Curitiba. 123 p.
- RAMOS, A. A. 1968. **Contribuição ao estudo do desenvolvimento da *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze nas florestas naturais.** Curitiba. Escola de Florestas. UFPR. Iniciação científica. Relatório da pesquisa ao CNPq. 45 p.
- SCHEREUDER, H. T.; HAFLEY, W. L.; WHITEHORNE, E. W. & DARE, B. J. 1977. **Maximum Likelihood Estimation for Selected Distributions (MSLED).** Technical Report, School of forest Resources, North Carolina State University. 61, s.d. 21 p.
- SCOLFORO, R. J. 1995. **Mensuração Florestal 6; Crescimento Florestal 2.** Lavras, UFLA/ FAEPE, 243 p.

---

Trabalho submetido em 09.12.96 e aceito em 14.04.97