



**INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA**

**DIRECÇÃO DOS SERVIÇOS ESTUDANTÍS E REGISTO ACADÉMICO**

**DIVISÃO DE AGRICULTURA**

**CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**Monografia Científica**

**Ajuste de Funções densidade de probabilidade para distribuição diamétrica de  
*Androstachys johnsonii* (Mecrusse) e seu fragmento no distrito de Mandlakaze**

Monografia apresentada e defendida como requisito para obtenção do grau de Licenciatura  
em Engenharia Florestal

**Autor:** Salomão Severino Monjane

**Tutor:** Eng<sup>o</sup>. Severino José Macôo

**Co-tutor:** Eng<sup>o</sup>. Mário Sebastião Tuzine e dr. Arão Raimundo Feniase

Lionde, Agosto de 2018



## INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

Projecto de Licenciatura sobre Ajuste das funções densidade de probabilidade para distribuição diamétrica do *Androstachys johnsonii* (Mecrusse) e o seu fragmento apresentado ao Curso de Engenharia Florestal na Divisão da Agricultura do Instituto Superior Politécnico de Gaza, como requisito para obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Florestal

**Tutor:** Eng<sup>o</sup>. Severino José Macôo

**Co-Tutor:** Eng<sup>o</sup>. Mário Sebastião Tuzine e dr. Arão Raimundo Finiasse

Lionde, Agosto de 2018

<b>ÍNDICE</b>	<b>Pag.</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>I</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>II</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....</b>	<b>III</b>
<b>DECLARAÇÃO .....</b>	<b>IV</b>
<b>DEDICATÓRIA .....</b>	<b>V</b>
<b>AGRADECIMENTO .....</b>	<b>VI</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>VII</b>
<b>1.INTRODUÇÃO .....</b>	<b>2</b>
1.1.Problema de Estudo e Justificação.....	3
1.2. Objectivos .....	4
1.2.1. Geral.....	4
1.2.2. Específicos .....	4
<b>2.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>5</b>
2.1. Descrição da Espécie em Estudo .....	5
2.2. Distribuição diamétrica.....	6
2.2.1. Factores que influenciam a distribuição diamétrica.....	7
2.2.2. Distribuições diamétricas por espécie .....	7
2.3. Funções densidade de probabilidade .....	8
2.3.1. Distribuição Weibull .....	8
2.3.2. Distribuição Gamma .....	9
2.3.3. Distribuição Beta.....	10
2.3.4. Distribuição Normal.....	11
2.3.5. Distribuição Log-normal.....	12
2.3.6. Distribuição $S_B$ de Johnson .....	13
2.3.7. Métodos de ajuste das distribuições .....	14
2.3.8. Métodos de avaliação do ajuste das distribuições.....	15
<b>3.METODOLOGIA.....</b>	<b>17</b>
3.1. Caracterização da área de estudo .....	17
3.1.1. Localização da área .....	17
3.1.2. Topografia .....	18
3.1.3. Clima.....	18
3.1.4. Solos.....	18
3.1.5. Vegetação .....	18

3.2. Materiais .....	18
3.4. Métodos .....	19
3.4.1. Recolha de dados.....	19
3.4.2. Análise de dados .....	19
3.4.3. Número e amplitude de classes diamétricas.....	19
3.4.4. Funções de densidade probabilidade ajustadas .....	20
3.4.5. Método de Ajuste das Funções.....	20
3.4.6. Avaliação e Selecção do Ajuste .....	21
<b>4.RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>22</b>
4.1. Caracterização dos dados.....	22
4.2. Ajuste e Selecção das funções densidade de probabilidade.....	23
4.2.1Análise gráfica das Funções .....	27
<b>5.CONCLUSÃO.....</b>	<b>33</b>
<b>6.RECOMENDAÇÃO.....</b>	<b>34</b>
<b>7.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>35</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>i</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1:Comportamento das curvas da distribuição Weibull .....	9
Figura 2: Comportamento das curvas da distribuição Gamma.....	10
Figura 3: Comportamento das curvas da distribuição Beta.....	11
Figura 4: Comportamento das curvas da distribuição Normal .....	12
Figura 5: Comportamento das curvas da distribuição Log-normal .....	13
Figura 6: Comportamento das curvas da distribuição $S_B$ de Johnson .....	14
Figura 7: Mapa do distrito de Mandlakaze .....	17
Figura 8: Gráfico da distribuição diamétrica em relação ao histograma de frequência observada .....	22
Figura 9: Curvas da distribuição Normal, das funções Beta, Weibull 3p e $S_B$ de Johnson em relação ao histograma de frequência observada no Fragmento caracterizando melhor ajuste da função $S_B$ de Johnson. ....	28
Figura 10: Curvas da distribuição Normal, das funções Beta, Weibull 3p e $S_B$ de Johnson em relação ao histograma de frequência observada no Fragmento caracterizando melhor ajuste a função Weibull 3p. ....	28
Figura 11: Curvas da distribuição Normal, das funções Beta, Weibull 3p e $S_B$ de Johnson em relação ao histograma de frequência observada no Fragmento caraterizando melhor ajuste a função Beta. ....	29
Figura 12: Curvas da distribuição Normal, das funções Beta, Weibull 3p e $S_B$ de Johnson em relação ao histograma de frequência observada no <i>Androstachys johnsonii</i> caracterizando melhor ajuste a função Weibull 3p e $S_B$ de Johnson. ....	30
Figura 13: Curvas da distribuição Normal, das funções Beta, Weibull 3p e $S_B$ de Johnson em relação ao histograma de frequência observada no <i>Androstachys johnsonii</i> caracterizando melhor ajuste a função Beta. ....	31
Figura 14: Curvas da distribuição Normal, das funções Beta, Weibull 3p e $S_B$ de Johnson em relação ao histograma de frequência observada no <i>Androstachys johnsonii</i> caracterizando melhor ajuste a função $S_B$ de Johnson.....	31

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Funções de densidade probabilidade .....	20
Tabela 2: Estimativa dos parâmetros de locação, escala e forma da distribuição .....	21
Tabela 3: Estatística descritiva dos dados em estudo (cm). .....	22
Tabela 4: Resultados do teste de Kolmogorov-Sirmirnov ao nível de 95% de probabilidade para Fragmento .....	23
Tabela 5: Resultados do teste de Kolmogorov-Sirmirnov ao nível de 95% de probabilidade para <i>Androstachys johnsonii</i> (Mecrusse).....	24
Tabela 6: Seleção das distribuições diamétricas pelo teste de K-S .....	26
Tabela 7: Ficha de campo .....	ii
Tabela 8: Estatística descritiva dos dados em estudo .....	iii
Tabela 9: Frequência observada de árvores nas classes diamétricas com intervalo para o Fragmento .....	iv

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

**DAP** - Diâmetro a altura do peito

**GPS** - Sistema do posicionamento global

**Fdp** - Função densidade de probabilidade

**m** - metros

**mm** - milímetros

**cm** - centímetro

**MAE** - Ministério da Administração Estatal

**3P** - Três parâmetros (locação, escala e forma)

**K-S** - Kolmogorov-Smirnov

**D** - Diferença máxima absoluta

**PEDD** - Plano Estratégico do Desenvolvimento do Distrito

**MPE** - Ministério de Plano e Finanças

**INE** - Instituto Nacional de Estatística

**ISPG** - Instituto Superior Politecnico de Gaza



## **INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA**

### **DECLARAÇÃO**

Declaro por minha honra que este Trabalho de Culminação do Curso é resultado da minha investigação pessoal e das orientações dos meus tutores, o seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto, nas notas e na bibliografia final. Declaro ainda que este trabalho não foi apresentado em nenhuma outra instituição para propósito semelhante ou obtenção de qualquer grau académico.

\_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

Assinatura

\_\_\_\_\_

(Salomão Severino Monjane)



## **DEDICATÓRIA**

À toda minha família e amigos

DEDICO

## **AGRADECIMENTO**

À Deus, por sempre estar presente em minha vida, me fortalecendo em todos os momentos difíceis.

Aos meus pais, Severino Monjane e Florinda Nhaúle, pelo constante apoio, incentivo e amor.

Ao Instituto Superior Politécnico de Gaza e ao departamento do curso de Engenharia Florestal, por me concederem a bolsa de estudo e as bases necessárias para o aprimoramento da minha formação.

Ao meu orientador, Severino Macoo pelos conhecimentos, dedicada orientação e oportunidade de conviver com sua excelente pessoa e profissional.

Ao co-orientador, professor Mário Tuzine pela valiosa ajuda, dedicação e disponibilidade prestada.

A todos docentes do curso de Engenharia Florestal, em especial ao Arão Feniase, Emídio Matusse, Yolanda Malate, Sérgio Bila e Pedro Wate.

Ao Fanuel Jeremias Muchanga a quem nunca terei como retribuir pela paciência, amizade, incentivos, conselhos, confiança e pelo apoio prestado em todas as fases difíceis que enfrentei em toda minha vida

A todos meus amigos e companheiros de carteira, nomeadamente: Hermenio Nhamangua, Hermínio Pindula, Helton Santomeia, Alexandre Abrantes, Simões Elias, Raimundo Ernesto, Fátima Ussene, Abubacar, Lélia Covele, Sumila Maura, Iolanda Chibamo, Durcencia Gilda.

O agradecimento especial vai a minha mãe que esteve presente em tudo o quanto necessitei em toda minha vida.

Aos meus irmãos Francisco, Silvina, Bia, Flávio e a minha pequena Whitney pelo todo carinho prestado, e a todos que não foram mencionados, mas que sempre estiveram ao meu lado directo ou indirectamente influenciaram na minha formacao.

## RESUMO

O conhecimento da distribuição diamétrica em uma floresta se torna uma ferramenta poderosa na análise e estudo da estrutura florestal, auxiliando na tomada de decisões sobre o uso da floresta. Sendo assim, o objectivo deste trabalho foi desenvolver as funções densidade de probabilidade que melhor expressam à distribuição diamétrica de *Androstachys johnsonii* (Mecrusse) e seu respectivo fragmento. O estudo foi realizado na floresta de Mecrusse, distrito de Mandlakaze, no posto administrativo de Macuacua. Os dados foram provenientes de inventário florestal temporário, parcelas com dimensão de 100x20 metros (0.2 ha), usando uma amostragem aleatória simples. Foram medidos dentro das 31 parcelas todos os indivíduos com DAP superior ou igual a 10 cm. As funções densidade de probabilidade usadas no presente estudo são: Weibull de três parâmetros, Beta e  $S_B$  de Johnson, os seus parâmetros foram estimados usando método dos momentos. Os dados colectados foram analisados usando a planilha do Microsoft Excel, e com vista a comparar a precisão das frequências estimadas com os modelos testados e as frequências observadas nas distribuições e posteriormente seleccionar a que melhor ajuste foi usado o teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov, ao nível de 95% de probabilidade. Os resultados mostraram que a função  $S_B$  de Johnson mostrou se sendo a mais adequada para o fragmento e para *Androstachys johnsonii* seguido da função Weibull três parâmetros, e Beta apresentou piores ajuste. Houve maior concentração dos indivíduos nas classes intermédias (16 a 34 cm) e distribuição diamétrica da floresta como um todo apresentou distribuição unimodal com uma assimetria positiva como resultados da acção antrópica que causou redução dos indivíduos nas ultimas classes.

**Palavras-chave:** Mecrusse, funções densidade de probabilidade, distribuição diamétrica.

## 1.INTRODUÇÃO

Moçambique possui cerca de 70% da sua área coberta de florestas e outras formações lenhosas, dos quais a Floresta do Mecrusse faz parte, onde 51% são florestas definidas sendo densas sempre verdes florestas densas decíduas, florestas abertas, florestas aberta decíduas e florestas abertas em áreas regularmente inundadas. Os remanescentes 19% são ocupados de outras formações lenhosas tais como matagais, áreas arbustivas, arbustos em áreas húmidas, mosaicos de florestas com agricultura itinerante, cobrindo no seu total de 54,8 milhões de hectares (MARZOLI, 2007).

A floresta de Mecrusse, também conhecida como floresta de Simbiri, é um tipo de floresta onde a principal espécie, e, ocasionalmente, a única na parte superior da planta, é *Androstachys johnsonii* sendo a espécie dominante e co-dominante com uma cobertura relativa variando de 80 a 100% (MANTILLA e TIMANE, 2005).

O conhecimento da distribuição diamétrica é uma das ferramentas fundamentais para o manejo florestal, pois permite definir em quais classes diamétricas as árvores são mais frequentes, prever a área basal, avaliar a tipologia florestal e, quando associada às informações de recrutamento por classes de diâmetro adjacentes, ou informações de incremento para todas as espécies, ou para uma espécie em especial, possibilita construir tabelas de produção presente e futura (MIGUEL *et al.*, 2010). Diversos são os modelos matemáticos apropriados para descrever distribuição de frequência por unidade de área em relação às classes sucessivas de diâmetro, sendo que os mais conhecidos envolvem o uso de funções de densidade probabilísticas (MACHADO *et al.*, 1997).

As funções densidade de probabilidade (fdp) mais difundidas no campo florestal são: Gama, Beta, Normal, Log-normal, Weibull e  $S_B$  de Johnson. Existem diferentes métodos para estimativa dos parâmetros das funções densidade de probabilidade, tais como o método dos momentos, regressão, máxima verosimilhança e percentis (CANALEZ *et al.* 2006; HAFLEY e SCHREUDER, 1977; MACHADO *et al.*, 2009; TÉO *et al.*, 2012; SANQUETTA *et al.*, 2015).

Com este trabalho, pretendeu-se ajustar as funções densidade de probabilidade que melhor expressa a distribuição diamétrica do *Androstachys johnsonii* (Mecrusse) e seu respectivo fragmento, na floresta de Mecrusse no distrito de Mandlakaze.

### 1.1. Problema de Estudo e Justificação

Em Moçambique as florestas desempenham um papel importante para o homem, sendo estas usadas para fornecimento de bens para as comunidades (alimentos, material de construção e outros), obtenção de serviços (manutenção de microclima, controle da erosão, abrigo para os animais), podendo também contribuir com o aumento da economia do país se os recursos florestais forem conservados e explorados de forma sustentável (BANDEIRA *et al.*, 2007; MINISTÉRIO DE PLANO E FINANÇAS – MPF, 2004; BILA, 2005; ALBERTO, 2006).

Estudar a distribuição diamétrica de uma floresta é uma maneira eficiente de se entender seu comportamento, por fornecer estimativas de parâmetros imprescindíveis para seu manejo, como crescimento e produção. Uma das formas de realizar-se esse estudo é por meio do ajuste de modelos, dos quais se destacam os probabilísticos que permitem analisar detalhadamente a predição do porte das árvores do povoamento por meio de funções densidade de probabilidade.

Na floresta de Mecrusse há predominância de acção antrópica e ocorrem distúrbios significativos, portanto a distribuição diamétrica sofre uma mudança na sua tendência natural. Neste caso há necessidade de estudar a distribuição diamétrica usando funções densidade de probabilidade, e algumas funções podem se ajustar melhor do que outras dependendo da estrutura da floresta e de como os diâmetros se dispõem nos intervalos de classes. Além disso, alguns métodos de ajuste podem apresentar melhores estimativas do que outros.

Portanto, foram desenvolvidas no presente estudo informações sobre a distribuição diamétrica do *Androstachys johnsonii* e o seu fragmento usando funções densidade de probabilidade, na floresta de Mecrusse localizada em Macuacua distrito de Mandlakaze, de modo a avaliar e seleccionar qual das funções melhor expressa a situação actual da distribuição diamétrica desta espécie e o seu fragmento e compreender como a acção antrópica esta influenciando a distribuição diamétrica para melhores decisões sobre o uso sustentável da floresta de Mecrusse.

## 1.2. Objectivos

### 1.2.1. Geral

- ❖ Desenvolver a função densidade de probabilidade (fdp) da distribuição diamétrica do *Androstachys johnsonii* (Mecrusse) e seu respectivo fragmento.

### 1.2.2. Específicos

- ❖ Avaliar as funções densidade de probabilidade (fdp's) de Weibull, Beta e  $S_B$  Johnson para o *Androstachys johnsonii* (Mecrusse) e seu respectivo fragmento;
- ❖ Seleccionar a função densidade de probabilidade que melhor expressa a distribuição diamétrica do *Androstachys johnsonii* (Mecrusse) e seu respectivo fragmento.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Descrição da Espécie em Estudo

*Androstachys johnsonii* é planta pertencente a família *Euphorbiaceae*, e é nativa da África e Madagascar e é o único membro do género *Androstachys*, e actualmente encontra se principalmente na floresta de Mecrusse em Moçambique (CARDOSO, citado por MAGALHÃES 2015).

*Androstachys johnsonii* espécie arbórea que pode crescer até 20 m, é uma árvore perene, com coroas longas e delgadas, troncos longos, nua e em linha recta quando em povoamentos densos, redondo irregular e esparsos com ramos laterais bastante baixos, os ramos jovens são cobertos por uma camada de vilosos brancos e os caules das árvores que crescem em lados ensolarados são branco-acinzentado, mas aqueles que crescem sob sombra são quase preto (MOLOTJA *et al.* 2011).

É uma espécie alelopática que é mediada pela libertação de certos metabólitos secundários pelas raízes das plantas e desempenha um papel importante no estabelecimento e manutenção de comunidades de plantas terrestres (MOLOTJA *et al.* 2011).

A madeira é acastanhada, de tom claro levemente rosado, ligeiramente sedosa ao tacto, pesada, textura muito fina, apresenta camadas de crescimento distintas e flexuosas, o limite das camadas de crescimento é marcado por faixas muito estreitas, isentas de poros e estes são muito finos que quase indistintos e extremamente numerosos, parênquima lenhoso e raios praticamente invisíveis, muito sensível às variações de humidade, revessa, de grande duração e embora difícil de trabalhar dá bom acabamento (BUNSTER, 2006).

As sementes germinam prontamente, e as plantas jovens são resistentes e podem sobreviver em locais bastante secos e quentes, as árvores são muitas vezes cercadas por inúmeras mudas (MOLOTJA *et al.* 2011).

Muito resistente ao ataque de fungos e insectos incluindo térmites, porem a árvore em pé é atacada por um tipo de fungo que desorganiza o seu lenho. Difícil de secar mostrando tendência à abertura de fendas superficiais extremamente difícil de impregnar em profundidade (BUSTER, 1995).

Em Moçambique, florestas de Mecrusse são encontradas principalmente em Inhambane e Gaza, nos distritos de Massangena, Chicualacuala, Mabalane, Chigubo, Guijá, Mabote,

Funhalouro, Panda, Mandlakaze, e Chibuto e em Nampula na Reserva Florestal de Matibane (CARDOSO, citado por MAGALHÃES 2015).

## 2.2. Distribuição diamétrica

Segundo ROBINSON (2004) a distribuição diamétrica é um histograma de frequência do diâmetro à altura do peito (DAP) de árvores e pode apresentar uma grande variedade de formas, tais como: exponencial negativa, unimodal, bimodal ou irregular, dependendo da estrutura florestal. Esse autor acrescentou que, mesmo que as distribuições diamétricas gerem uma modelagem aproximada, podem ser suficientes para sugerir uma decisão de manejo.

De acordo com os conceitos elaborados por LIOCOURT (1898) citado por MACHADO *et al.*, (2009) teve início o estudo de distribuições diamétricas na ciência florestal. No início Liocourt lançou a teoria de que a distribuição diamétrica de florestas heterogêneas comportava-se como distribuição em forma de “J” invertido e o seu manejo resultaria condução de uma distribuição “balanceada” capaz de induzir a floresta a um nível de produção sustentável. A terminologia “distribuição balanceada” refere-se ao tipo de distribuição diamétrica cujo número de árvores nas classes diamétricas sucessivas decresce numa progressão constante.

De acordo com SCHNEIDER (2008), quando se utiliza a análise das distribuições diamétricas num povoamento florestal pode-se estimar o número de árvores por hectare para cada classe de diâmetro, bem como a altura média em suas devidas classes, favorecendo assim a possibilidade do conhecimento do estoque de crescimento. Esse procedimento considera a frequência por classe de diâmetro, podendo incluir a área basal e o volume, no qual proporcionará conclusões sobre a estrutura da floresta, e é também de grande importância destacar que o uso das distribuições diamétricas favorece o conhecimento prévio do estoque de madeira disponível anteriormente a uma exploração, fornecendo assim informações que podem auxiliar na tomada de decisão quanto à necessidade ou não do uso da reposição florestal ou acção pertinente do correspondente plano de manejo.

Para poder-se organizar e entender uma distribuição diamétrica se faz necessário o correcto conhecimento de como distribuir o número de classe de diâmetro numa determinada amostra de dados (ROBINSON, 2004).

Não há regra definida para a divisão de uma sequência de diâmetros em classes (SCHAAF *et al.*, 2006; MACHADO e FIGUEIREDO FILHO, 2009). Se a amplitude total de variação dos



diâmetros do povoamento florestal for grande, adoptasse intervalos de classes maiores e vice-versa. Normalmente tem-se empregado classes diamétricas com intervalos de 1 a 3 cm para plantios florestais ainda jovens e as nativas com intervalos de 5, 10 ou mesmo 20 cm.

Para obtenção de número de classes, procedimento metodológico mais confiável se baseia na utilização da regra de Sturges, no qual se pode estabelecer de forma mais prática o número de classes a partir da seguinte fórmula (GONÇALVES, 1977 citado por FERREIRA, 2011).

$$n = 1 + 3,3\log N \quad \text{(Formula 1)}$$

Onde:

n= numero de classes;

N= número de dados a distribuir.

Sabendo o número de classes diamétricas (n) a serem utilizadas pode-se determinar o intervalo de cada classe diamétrica por meios da amplitude total da amostra (CRESPO, 2009):

$$h \cong \frac{AT}{n} \quad \text{(Formula 2)}$$

h= amplitude ou intervalo de classe

AT= amplitude total, diferença entre o diâmetro maior e menor;

n= numero de classes.

### **2.2.1. Factores que influenciam a distribuição diamétrica**

A distribuição diamétrica, dentro de uma amplitude diametral, não ocorre de maneira aleatória, mas obedece determinadas formas características do povoamento, e que podem sofrer alteração de um povoamento para o outro em função de diferentes factores, tais como sítio, idade, densidade, espécie, posição sociológica e tamanho da copa. Com isso, qualquer influência desses factores no crescimento do diâmetro irá modificar a distribuição diamétrica do povoamento (BARTOSZECK, 2000).

### **2.2.2. Distribuições diamétricas por espécie**

Segundo BUNYAVEJCHEWIN *et al.* (2001) a distribuição diamétrica por espécie pode, frequentemente, prover informações adicionais a respeito das florestas, como distúrbios passados, principalmente se informações de tolerância de luz e padrões de estabelecimento da espécie são conhecidas.

A forma de distribuição “J-invertido” para uma determinada espécie define que esta mantém a regeneração dentro de um fluxo contínuo. Por outro lado, distribuições diamétricas com

poucos elementos nas classes menores indicam descontinuidade de regeneração (UMAÑA e ALENCAR., 1998; CANALEZ *et al.*, 2006)

### 2.3. Funções densidade de probabilidade

Nas distribuições probabilísticas, as frequências esperadas de ocorrência da variável aleatória são estimadas por funções probabilísticas. Tais funções são classificadas conforme as variáveis aleatórias envolvidas, que podem ser discretas ou contínuas, nas quais o número de ocorrências é finito e infinito, respectivamente (GUIMARÃES, 2002; PRODAN *et al.*, 1997).

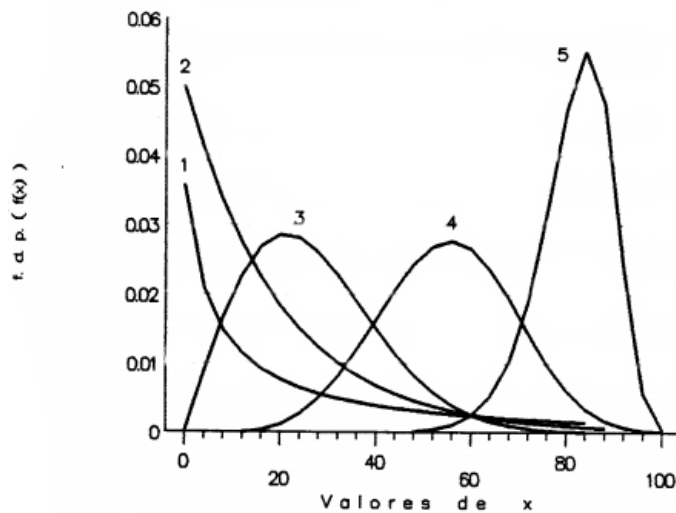
As funções probabilísticas contínuas, também conhecidas como funções densidade de probabilidade (fdp), podem ser agrupadas quanto aos picos de frequência (unimodal ou multimodais), simetria (simétricas ou assimétricas), tipo de curvatura (rígida ou flexível) e número de variáveis aleatórias (univariadas ou multivariadas) (EMBRAPA, 2002).

#### 2.3.1. Distribuição Weibull

A distribuição Weibull foi proposta inicialmente por Fisher e Tippet em 1928, tendo sido desenvolvida em 1939 por Walodi Weibull, físico sueco, em uma pesquisa sobre a resistência dos materiais (SILVA *et al.*, 2003). Possivelmente após a segunda guerra mundial, com ênfase no estudo da resistência dos materiais, o trabalho de Weibull se destacou e a distribuição passou a ser chamada pelo seu nome. Historicamente, na Rússia, atribui-se o nome: Distribuição de Weibull e Gnedenko.

No campo florestal Bailey e Dell (1973) foram os primeiros a usar a função Weibull para o ajuste de distribuição diamétrica, tendo sido aplicada em trabalhos que visavam construir modelos de crescimento e produção florestal.

É uma das funções mais destacadas e utilizadas no campo florestal. Pode ser apresentada e ajustada de duas maneiras: Weibull com dois parâmetros, neste caso, o parâmetro de locação  $a$  é igual a zero; e Weibull de três parâmetros onde os parâmetros  $a$ ,  $b$  e  $c$  são responsáveis pela locação, escala e forma da distribuição, respectivamente (BARRA *et al.*, 2004; JORGE *et al.*, 1990; WEBER, 2006).



**Figura 1:**Comportamento das curvas da distribuição Weibull

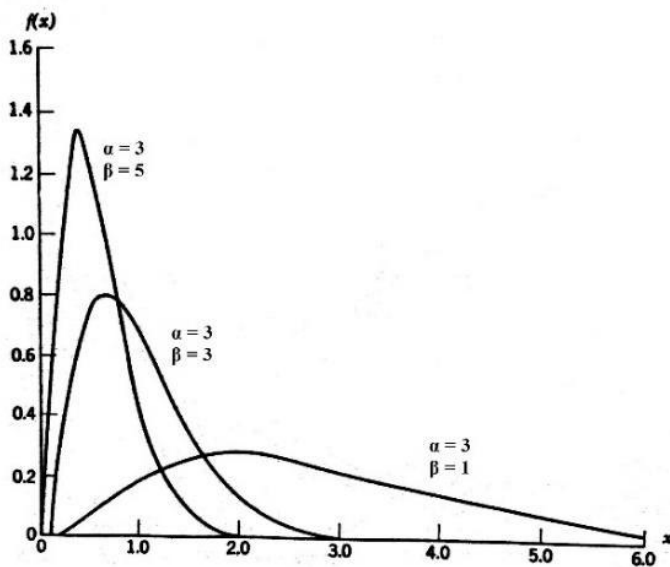
Fonte: BATISTA (1989).

### 2.3.2. Distribuição Gamma

A distribuição Gamma refere-se a uma generalização da função factorial e foi introduzida em 1729 pelo matemático Leonard Euler (GUIMARÃES, 2002). Considerada flexível, pode ser aplicada tanto para florestas nativas quanto plantadas, assumindo ou ajustando-se aos diferentes tipos de curvas (SCOLFORO, 2006).

Os parâmetros associados à função Gamma são  $\alpha$  e  $\beta$ , e supõem-se ambos positivos. O parâmetro que determina as diferentes formas da distribuição é representado por  $\alpha$ , enquanto  $\beta$  é o parâmetro de escala que define as dimensões da curva de distribuição (HAHN e SHAPIRO, 1967).

Diferentes métodos podem ser empregados para o ajuste da função Gamma, destacando-se o da máxima verossimilhança e dos momentos, SCOLFORO (2006) indica o método dos momentos como o mais adequado para estimar os parâmetros dessa função devido a maior facilidade nos cálculos.



**Figura 2:** Comportamento das curvas da distribuição Gamma

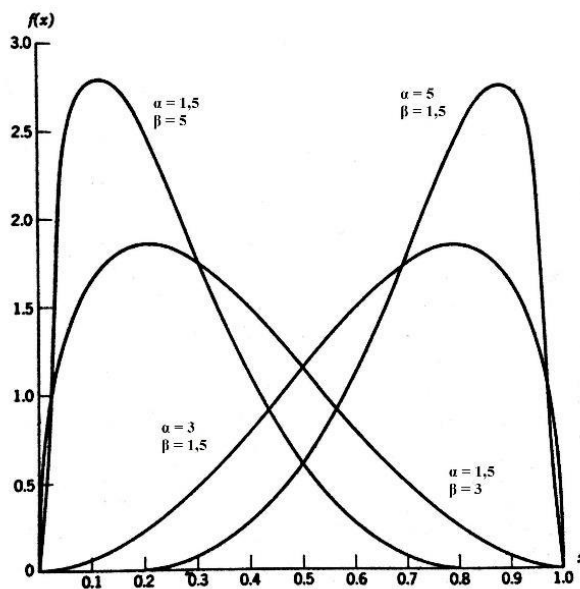
Fonte: HAHN e SHAPIRO (1967)

### 2.3.3. Distribuição Beta

A distribuição Beta foi desenvolvida por Pearson em 1894 (FINGER, citado por ORELLANA, 2009) e empregada inicialmente na área florestal por Clutter e Bennett (1965) na predição de madeira para múltiplos usos em plantações de *Pinus elliottii*. Bastante flexível, pode assumir diversas formas para uma ampla faixa de distribuição (KNOEBEL *et al.*, 1986).

Os parâmetros relacionados a função Beta são  $\alpha$  e  $\beta$ , em que ambos definem a forma da distribuição e assumem apenas valores positivos. Para  $\alpha$  e  $\beta > 1$ , a distribuição é unimodal, admite forma de J-invertido quando  $\alpha < 1$  e  $\beta \geq 1$ , e, como caso especial, resulta em distribuição e a distribuição é simétrica quando o valor de  $\alpha = \beta$  (HAHN e SHAPIRO, 1967).

Devido a sua versatilidade como distribuição sobre um intervalo finito, a distribuição Beta é empregada para representar grande número de quantidades físicas cujos valores estejam restritos a um intervalo identificável, com isso, no caso da distribuição diamétrica, a fdp apresenta limites definidos entre o menor e o maior diâmetro da floresta ou da amostra (KNOEBEL *et al.*, 1986).



**Figura 3:** Comportamento das curvas da distribuição Beta

Fonte: HAHN e SHAPIRO (1967)

### 2.3.4. Distribuição Normal

Introduzida pelo matemático De Moivre em 1733, porém aplicada pela primeira vez em 1809 por Gauss (CARELLI NETTO, 2008), a distribuição Normal apresenta ampla aplicação na área da estatística experimental (STEPK *et al.*, 2011).

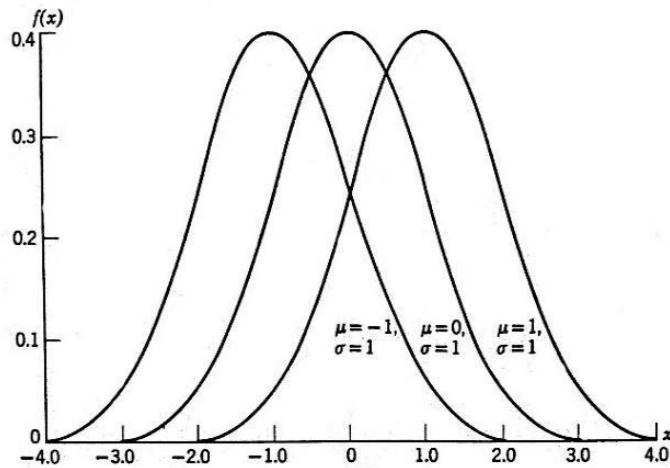
Segundo FREUND e SIMON (2000) a distribuição normal é considerada, dentro da estatística, como a mais importante entre as várias distribuições contínuas existentes. De acordo com os autores, o estudo da distribuição normal remota a pesquisas do século XVIII, no qual ficou constatado que as discrepâncias entre repetidas medidas da mesma grandeza física apresentavam um grau surpreendente de regularidade.

A distribuição normal é amplamente empregada nas áreas das ciências florestais, devido ao facto que a maioria das variáveis biométricas são aproximadamente normais, e as variáveis que não apresenta distribuição normal, pode ser facilmente transformada em variáveis normais (AMARAL, 1996).

Uma das características mais importantes consideradas na distribuição normal é que a mesma depende apenas dos dois valores ou parâmetros  $\mu$  (média) e  $\sigma$  (desvio padrão).

Segundo FREUND e SIMON (2000), a distribuição normal pode apresentar diferentes curvas dependendo do valor da média e do desvio padrão. A distribuição que se apresenta com maior desvio padrão se mostra mais achatada, apontando uma maior dispersão em torno da média,

denominando-se assim de plasticúrtica. A que tem um menor desvio padrão, apresenta um pico mais relevante com uma maior concentração em torno da média, chama-se de leptocúrtica e denomina-se mesocúrtica a curva normal padronizada.



**Figura 4:** Comportamento das curvas da distribuição Normal

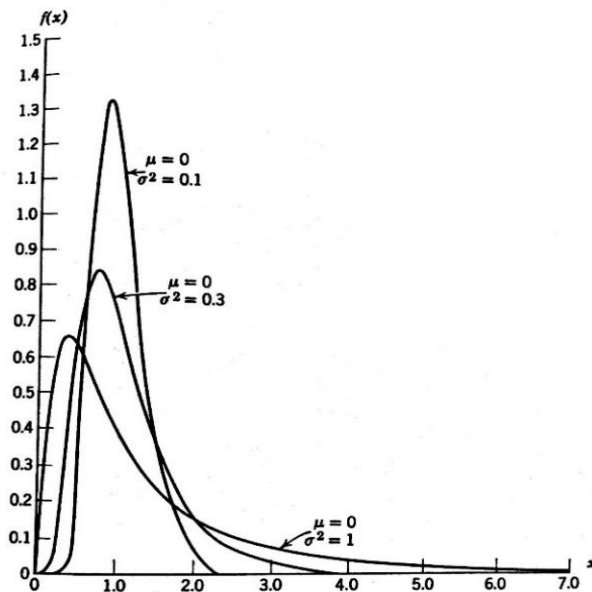
Fonte: HAHN e SHAPIRO (1967).

### 2.3.5. Distribuição Log-normal

A função Log-normal, termo empregado primeiramente por Gaddum em 1945, é comumente utilizada para análise geral de confiabilidade (CARELLI NETTO, 2008). Conforme o próprio nome indica, refere-se à função cuja transformação logarítmica da variável  $x$  apresenta distribuição Normal (GUIMARÃES, 2002).

A distribuição Log-normal é uma alternativa à distribuição Normal, considerando que os logaritmos dos diâmetros podem se distribuir normalmente, contudo, o que distingue ambas as funções é que para obter a média e a variância da função Log-normal deve-se antes transformar os valores de diâmetro para logaritmo neperiano dos diâmetros (SCOLFORO, 2006).

Assim como na função Normal, os parâmetros que compõem a função Log-normal são  $\mu$  e  $\sigma$ , equivalentes a média e o desvio padrão, respectivamente. No entanto,  $\mu$  e  $\sigma$  representam na função Log-normal os parâmetros de escala e forma, respectivamente, e não parâmetros de localização e escala como na função Normal (HAHN e SHAPIRO, 1967).



**Figura 5:** Comportamento das curvas da distribuição Log-normal

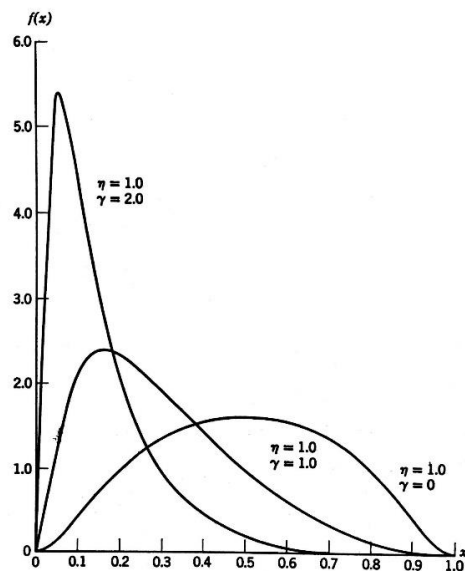
Fonte: HAHN e SHAPIRO (1967).

### 2.3.6. Distribuição $S_B$ de Johnson

Segundo OLIVEIRA *et al.*, (1998) a distribuição  $S_B$  de Johnson proposta por Johnson (1949), foi introduzida na ciência florestal, respectivamente por Hafley e Schreuder, (1977). Esta distribuição analisa a distribuição conjunta das variáveis, possibilitando uma melhor descrição das características dos povoamentos nas diferentes idades, uma vez que considera medições de diâmetros e alturas de forma inter-relacionadas.

Uma característica da distribuição  $S_B$  de Johnson é a variedade de densidade positiva que se estende de 0 até 1, assim é necessário identificar os limites inferiores e superiores de conjunto de dados para o qual a distribuição irá ser ajustada e fazer a transformação apropriada da escala (OLIVEIRA *et al.*, 1998).

A distribuição  $S_B$  de Johnson tem uma considerável flexibilidade em termos de sua habilidade para ajustar empiricamente conjunto de dados e é relativamente simples para ser aplicada. Quando os limites superiores e inferiores do conjunto de dados são conhecidos, a estimativa dos parâmetros da distribuição é facilmente computada. Quando somente o limite inferior é conhecido, o procedimento de ajuste também não é complicado (SILVA *et al.*, 2003).



**Figura 6:** Comportamento das curvas da distribuição  $S_B$  de Johnson

Fonte: HAHN e SHAPIRO (1967).

### 2.3.7. Métodos de ajuste das distribuições

Conforme a complexidade da função densidade de probabilidade, sua possibilidade de linearização, a existência de algoritmos e a disponibilidade de recursos computacionais, existem diferentes métodos que podem ser empregados com o intuito de estimar os parâmetros da distribuição. Entre os mais utilizados, pode-se destacar o da máxima verosimilhança, dos mínimos quadrados, dos momentos e dos percentis (PRODAN *et al.*, 1997).

A escolha de qual método a ser utilizado irá depender da precisão requerida e da função empregada, algumas funções podem se ajustar melhor do que outras dependendo da estrutura da floresta e de como os diâmetros se dispõem nos intervalos de classes, assim como alguns métodos de ajuste podem apresentar melhores estimativas do que os demais (ORELLANA, 2009).

#### 2.3.7.1. Método de máxima verosimilhança

O método da máxima verosimilhança foi originalmente desenvolvido por Fisher em 1922, e consiste em buscar, entre os prováveis valores dos parâmetros populacionais da distribuição de probabilidade, aqueles que possibilitarão a ocorrência de dados mais próximos possíveis dos observados, ou seja, encontrar o valor do vector de parâmetros que maximize a função de verosimilhança (MYUNG, 2003).



A função verosimilhança é agora uma função apenas do parâmetro desconhecido  $\theta$ . Assim, o estimador de máxima verosimilhança de  $\theta$  é o valor de  $\theta$  que maximiza a função verosimilhança  $L(\theta)$  (MONTGOMERY e RUNGER, 2003).

O método de máxima verosimilhança costuma ser o mais empregado pelos estatísticos matemáticos para estimativa dos parâmetros da função. Tal preferência se justifica por ser geralmente um método fácil de usar e produzir estimadores com boas propriedades estatísticas. No entanto, em algumas situações podem aparecer complicações durante sua utilização, como por exemplo, nem sempre maximizar a função verosimilhança é uma tarefa simples, pois as equações obtidas podem ser difíceis de solucionar e não é sempre possível empregar directamente métodos de cálculo para determinar o máximo de  $L(\theta)$  (MONTGOMERY e RUNGER, 2003).

#### **2.3.7.2. Método dos momentos**

O método dos momentos é uma técnica empregada para obter estimadores dos parâmetros da distribuição e baseia-se na combinação do momento amostral com a correspondente distribuição de momentos, sendo solucionado a partir de um sistema de  $k$  equações com  $k$  incógnitas (ZASADA, citado por SCHMIDT 2017).

Segundo CHMIDT (2017), esse método apresenta algumas limitações, como por exemplo, as estimativas fornecidas podem estar fora do espaço dos parâmetros, principalmente para pequenas amostras. Além disso, estimativas obtidas pelo método dos momentos não consideram todas as informações contidas na amostra. Produz, na maioria dos casos, estimadores imparciais, no entanto, esses podem não ser os mais eficientes.

#### **2.3.8. Métodos de avaliação do ajuste das distribuições**

Para poder observar ou seleccionar a qualidade do ajustamento obtido pelas distribuições probabilísticas se faz necessário a utilização de testes de aderência não paramétricos, destacando se, o teste de qui-quadrado, teste Kolmogorov-Smirnov, teste G.

Segundo CARGNELUTTI *et al.*, (2004) os testes de qui-quadrado e o de Kolmogorov-Smirnov são amplamente usados nos estudos sobre as funções de densidade e probabilidade, porém o teste de qui-quadrado apresenta uma desvantagem em relação ao de Kolmogorov-Smirnov, devido o mesmo apresentar limitações no que diz respeito ao número de frequência de elementos em cada classe.

### 2.3.8.1. Teste de Kolmogorov – Smirnov

O teste de Kolmogorov-Smirnov (K-S) foi definido por KENDALL e STUART (1977) como sendo a diferença máxima absoluta (D) entre a frequência observada acumulada ( $S_{(x)}$ ) e a frequência esperada acumulada ( $F_{(x)}$ ).

$$D = |S(x) - F(x)| \quad \text{(Formula 3)}$$

Onde:

D= maior diferença entre as distribuições;

S(x)= frequência acumulada observada;

F(x)= frequência acumulada estimada.

A distribuição que apresenta o menor  $D_{\text{calc}}$  indica o melhor ajuste (WEBER, 2006).

De acordo com NEAVE (1981) o  $D_{\text{calc}}$  é obtido dividindo-o pelo número total de árvores. Se  $D_{\text{calc}} < D_n(\alpha)$ , aceita-se o ajuste. O valor  $D_n(\alpha)$  é obtido em uma tabela K-S a um nível  $\alpha$  de probabilidade.

Conforme citado por MACHADO *et al.*, (2009), o teste apresenta duas hipóteses, em que hipótese nula, indica que os diâmetros observados seguem as distribuições propostas e a hipótese alternativa, indica que os diâmetros observados não seguem as distribuições propostas.

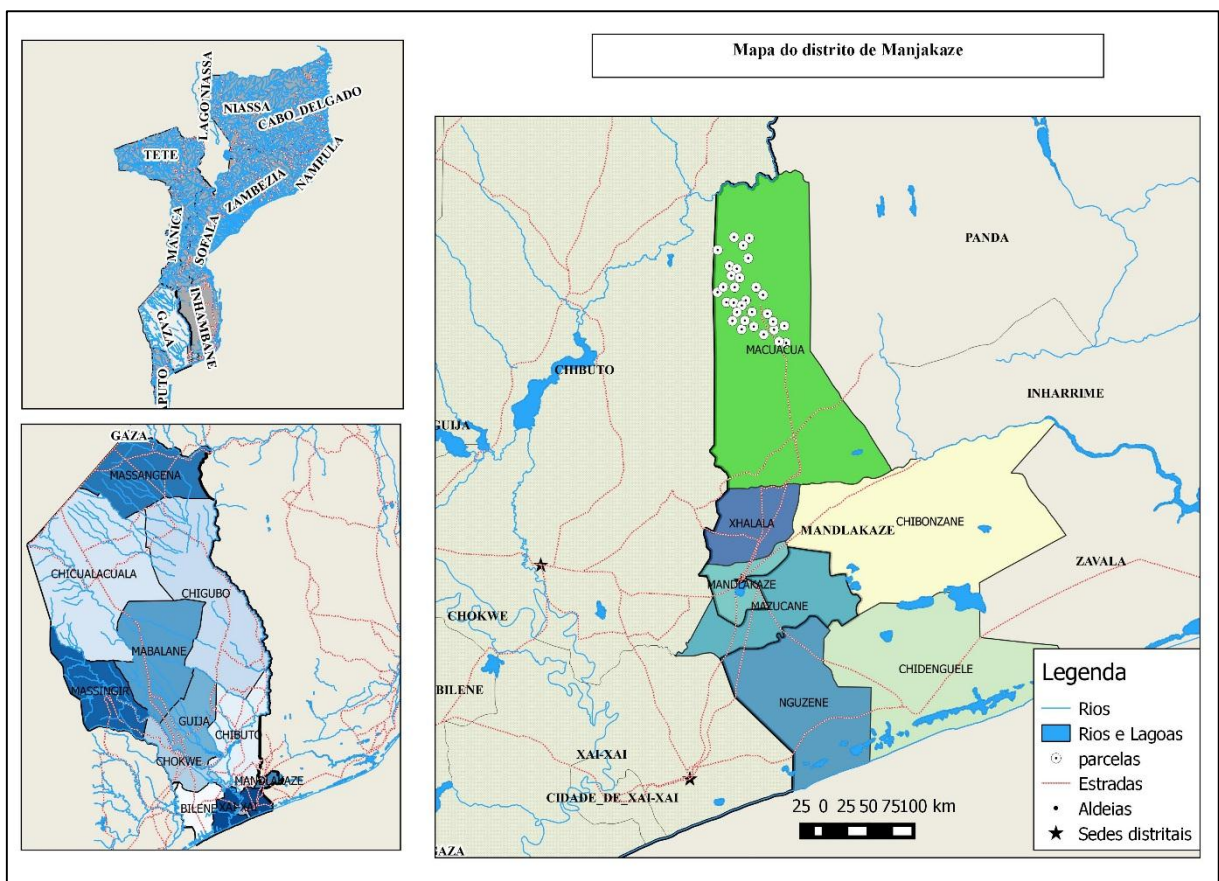
Verifica-se a aderência comparando o valor calculado (D) com o valor crítico tabelado ( $D_{(N,\alpha)}$ ): se  $D < D_{(N,\alpha)}$  aceita-se  $H_0$ ; se  $D > D_{(N,\alpha)}$  rejeita-se  $H_0$ .

### 3.METODOLOGIA

#### 3.1. Caracterização da área de estudo

##### 3.1.1. Localização da área

O estudo foi realizado na floresta de Mecrusse, no posto Administrativo de Macuacua distrito de Mandlakaze, localizado na costa sul de Moçambique, na província de Gaza, entre as latitudes 24° 04' e 25° 00'Sul e as longitudes 33° 56' e 34° 28'Este. A Norte é limitado pelo distrito de Panda (província de Inhambane), a Sul pelo distrito de Xai-Xai e o Oceano Índico, a Este pelos distritos de Zavala e Inharrime (ambos da província de Inhambane), e a Oeste pelo distrito de Chibuto (Ministério da Administração Estatal - MAE, 2005; Plano Estratégico de Desenvolvimento do Distrito- PEDD, 2008).



**Figura 7:** Mapa do distrito de Mandlakaze

Fonte: Autor

### 3.1.2. Topografia

O distrito de Mandlakaze tem uma altitude media inferior a 100 metros, exceptuando pequenas manchas de elevações com 100 a 200 metros de altura que se situam sobretudo no Posto Administrativo de Chidenguele (MAE e PEDD 2005,2008).

### 3.1.3. Clima

O clima do distrito é tropical seco, no interior, e húmido no litoral, com temperaturas médias mensais entre 17 e 28° C, e uma precipitação distribuída irregularmente entre os meses de Novembro a Março com um total anual que varia entre os 400 e 950 mm.

A pluviosidade é irregular e vai aumentando do Norte para o Sul do distrito, facto que tem efeitos directos no período de crescimento anual das plantas, que sobe de 150 dias no Norte do distrito, para 270 dias no Sul, tornando a agricultura de sequeiro de alto risco (MAE e PEDD 2005, 2008).

### 3.1.4. Solos

O distrito de Mandlakaze apresenta dunas compostas por solos arenosos que ocorrem junto á costa Sul e ao Norte verificam se argilas vermelhadas, depressões ocupadas por lagoas que ocorrem junto a costa e na zona central do distrito, na planície formada de acumulação marinha que são as formações predominantes no distrito compostas por solos arenosos e nas baixas planícies de na de natureza sedimentar fluvio-marinha, com solos arenosos amarelados, brancos muito profundos no posto administrativo de Macuacua. (MAE e PEDD 2005, 2008).

### 3.1.5. Vegetação

A maior parte do distrito (sobretudo a zona central, nos postos administrativos de Chalala, Mandlakazi Sede e Chibonzane) está ocupada pela agricultura. Contudo, há ocorrência de matagal médio e baixo, junto à costa (nos postos administrativos de Nguzene e Chidenguele); manchas isoladas de matagal baixo no interior do distrito; e floresta alta densa, baixa e medianamente densa, no extremo Norte (posto administrativo de Macuacua) junto ao distrito de Chibuto (MAE, 2005).

## 3.2. Materiais

Para realização do presente estudo foram necessários os seguintes materiais:

- ❖ GPS;
- ❖ Suta, para medição do diâmetro;

- ❖ Fita métrica, para medição da parcela;
- ❖ Ficha de campo, para o registo de dados obtidos nas medições;
- ❖ Chave dicotômica.

### 3.4. Métodos

#### 3.4.1. Recolha de dados

Os dados para a realização desta pesquisa foram obtidos através de um inventário florestal temporário usando amostragem aleatória simples, onde foram estabelecidas 31 parcelas com dimensões 100 x 20m (0.2 ha) com uma distância mínima de 400 metros. Em cada parcela foram identificadas todas espécies com a ajuda de uma chave dicotômica que contem os nomes locais e científicos das espécies na área de estudo e medidas com o auxílio da suta todas as árvores que com diâmetro à altura do peito (DAP) maior ou igual 10 cm. Portanto, neste estudo para determinação do numero ideal das parcelas considerou-se 12% do limite de erro, através da seguinte formula proposta por FINGER (1992):

$$N = \frac{t^2 * S_x^2}{E^2} \quad (\text{Fórmula 4})$$

Onde: N = número de parcelas; t=valor tabelado;  $S_x^2$ =variância do DAP; E= erro admissível (LE\* $\bar{x}$ ); LE= limite de erro (12%);  $\bar{x}$ = média do DAP.

#### 3.4.2. Análise de dados

Os dados foram analisados usando a planilha do Microsoft Office Excel 2013, onde em cada parcela foi possível determinar o número e amplitude de classes diamétricas e fazer os respectivos ajustes para o Fragmento bem como para o *Androstachys johnsonii* (Mecrusse).

#### 3.4.3. Número e amplitude de classes diamétricas

Para obtenção de números de classes diamétricas foi usado a fórmula número 1 descrita no capítulo 2.2 e foi determinado o intervalo de classe por meio da amplitude total da amostra com a fórmula número 2 descrita no capítulo 2.2.

### 3.4.4. Funções de densidade probabilidade ajustadas

**Tabela 1:** Funções de densidade probabilidade

Funções	Formula	Condição
<b>Beta</b>	$f(x) = \frac{\Gamma(\alpha + \beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} \left(\frac{d - d_{min}}{d_{max} - d_{min}}\right)^{\alpha-1} \left(1 - \frac{d - d_{min}}{d_{max} - d_{min}}\right)^{\beta-1} \frac{1}{d_{max} - d_{min}}$	$d_{min} < x < d_{max};$ $\alpha, \beta > 0 ; -$ $\infty < d_{min} < d_{max}$ $< + \infty.$
<b>S<sub>B</sub> de Johnson</b>	$f(x) = \frac{\delta}{\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{\lambda}{(d - \varepsilon)(\lambda + \varepsilon - d)} \cdot \exp\left\{-\frac{1}{2}\left[\gamma + \delta \ln\left(\frac{d - \varepsilon}{\lambda + \varepsilon - d}\right)\right]^2\right\}$	$\varepsilon < x < + \lambda;$ $-\infty < \gamma < + \infty;$ $\lambda > 0, \delta > 0.$
<b>Weibull 3P</b>	$f(x) = \frac{c}{b} \left(\frac{x - a}{b}\right)^{c-1} \exp^{-\left(\frac{x-a}{b}\right)^c}$	$x \geq a;$ $-\infty < a < + \infty;$ $c, b > 0.$

Fonte: ORELLANA, 2009.

Onde:  $f(x)$  - função de densidade da variável  $x$ ;  $x$  e  $d$  - diâmetro do centro de classe;  $d_{min}$  - diâmetro mínimo;  $d_{max}$  - diâmetro máximo;  $\alpha, \beta$  - parâmetros de forma e escala a serem estimados;  $\lambda$  = maior diâmetro da parcela;  $\gamma$  = indica a assimetria;  $\varepsilon$  = parâmetro de locação;  $\delta$  = parâmetro de curtose a ser estimado;  $a, b$  e  $c$  são responsáveis pela locação, escala e forma da distribuição;  $\Gamma$  - é a função gama.

### 3.4.5. Método de Ajuste das Funções

A função Weibull 3p, Beta e S<sub>B</sub> de Johnson foram ajustadas usando o método dos Momentos, a estimativa dos parâmetros  $a$  e  $\varepsilon$  foi independente e neste trabalho foi empregue como o valor compreendido entre zero e o diâmetro mínimo da distribuição diamétrica.

**Tabela 2:** Estimativa dos parâmetros de locação, escala e forma da distribuição

<b>Função</b>	<b>Método</b>	<b>Parâmetros</b>
<b>Beta</b>	Momentos	$\alpha = \frac{(\bar{d} - d_{\min})[(d_{\max} - \bar{d})(\bar{d} - d_{\min}) - \sigma^2]}{\sigma^2(d_{\max} - d_{\min})}$ $\beta = \frac{(d_{\max} - \bar{d})[(d_{\max} - \bar{d})(\bar{d} - d_{\min}) - \sigma^2]}{\sigma^2(d_{\max} - d_{\min})}$
<b>S<sub>B</sub> de Johnson</b>	Momentos	$\delta = \frac{\mu(1 - \mu)}{Sd(x)} + \frac{Sd(x)}{4} \left[ \frac{1}{\mu(1 - \mu)} - 8 \right]$ $\gamma = \delta \ln \left( \frac{1 - \mu}{\mu} \right) + \left( \frac{0,5 - \mu}{\delta} \right)$
<b>Weibull 3p</b>	Momentos	$b = \frac{\bar{d}}{\Gamma \left( 1 + \frac{1}{c} \right)}$

Fonte: ORELLANA, 2009.

Onde: Sd- desvio padrão ajustado;  $\mu$ - média ajustada;  $\bar{d}$  - média da variável aleatória diâmetro;  $\sigma^2$ - variância da variável aleatória diâmetro.

### 3.4.6. Avaliação e Seleção do Ajuste

Para comparar a precisão das frequências estimada a partir dos modelos estatísticos testados com as frequências observadas, foi empregado o teste de aderência proposto por Kolmogorov - Smirnov a um nível de 5% de probabilidade.

A maior diferença entre as distribuições ( $D_{\text{cal}}$ ) é obtido dividindo-o pelo número total de árvores (fórmula descrita no capítulo 2.3.8.1), e quando  $D_{\text{cal}} < D_n(\alpha)$ , aceita-se o ajuste. O valor  $D_n(\alpha)$  é obtido em uma tabela K-S a um nível  $\alpha$  de probabilidade.

Para a escolha do melhor modelo, adoptou-se um ordenamento em que as pontuações foram distribuídas da seguinte maneira: o modelo que apresentar menor valor D de K-S para cada parcela recebeu pontuação 1. O segundo menor valor D de K-S foi pontuado com 2, e assim sucessivamente, até a pontuação do maior valor e para os modelos que apresentarem o mesmo D receberam pontuação igual. Como critério de decisão, as pontuações de todas as parcelas foram somadas e o modelo que apresentou menor valor no somatório foi seleccionado como o mais adequado para o ajuste dos dados em estudo.

## 4.RESULTADOS E DISCUSSÃO

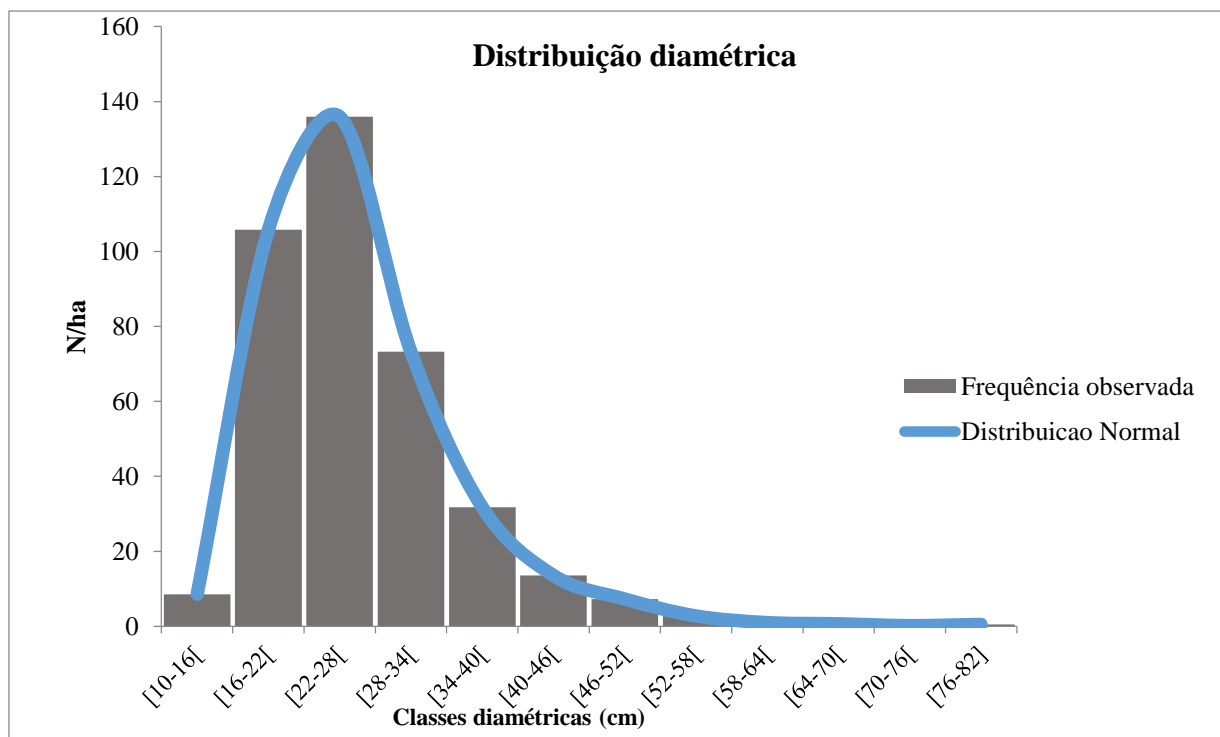
### 4.1. Caracterização dos dados

Para o conjunto total dos dados, encontrou-se amplitude diamétrica variando de 10 cm a 78 cm, com média aritmética de 21,04 cm e desvio padrão de  $\pm 8,18$  cm. Na tabela 3 estão apresentadas as estatísticas descritivas para os dados em estudo.

**Tabela 3:** Estatística descritiva dos dados em estudo (cm).

Diâmetro mínimo	Diâmetro máximo	Diâmetro médio	Variância	Desvio Padrão	Coefficiente de variação
10	78	21.04	66.89	8.18	38.87

Inicialmente para a realização dos ajustes das distribuições diamétricas, os dados de DAP das 31 parcelas foram organizados, utilizando-se a fórmula de Sturges onde os dados foram organizados em classes diamétricas com amplitude de 6 cm (tabela 9 nos Anexos) para todas parcelas. É possível verificar a distribuição diamétrica na Figura 8.



**Figura 8:** Gráfico da distribuição diamétrica em relação ao histograma de frequência observada

Fica evidenciado que existe uma maior concentração de indivíduos entre as classes 16 a 28 cm, e menor concentração na classe 10 a 16, 40 ate ultima classe, demonstrando que a tendenciosidade de decrescer a medida que os diâmetros são maiores, tais resultados corroboram com os obtidos por SANTANA *et al* (2011), estudando a estrutura horizontal de um fragmento de uma floresta mista, constatou que distribuição diamétrica mostrou se



irregular nas primeiras classes, sendo que o número de indivíduos na classe juvenil foi menor que a classe subsequente (madura) como descreve o gráfico da figura 8, confirmando a forte intervenção antrópica (corte de estacas) principalmente na classe diamétrica de 10 a 16 com indivíduos menores a classe subsequente.

Analisando a distribuição diamétrica do Fragmento, percebe-se que apresenta forma unimodal com uma assimetria positiva, e não com distribuições decrescentes ou em forma de “J-invertido” que caracterizam as florestas naturais, MACHADO *et al.*, (2010) trabalhando com modelagem de distribuições para quatro espécies em floresta ombrófila mista, obteve uma distribuição unimodal, indicando que a regeneração esta sendo afectada por algum factor, e desta forma corroborando com o presente estudo, no qual todo Fragmento apresenta forma unimodal em sua distribuição que possivelmente pode ter sido causado pela posição sociológica da espécie e devido as suas propriedades mecânicas.

#### **4.2. Ajuste e Selecção das funções densidade de probabilidade**

As funções densidade de probabilidade Beta, Weibull de três parâmetros (locação, escala e forma) e Sb de Johnson foram ajustadas para 31 parcelas usando método dos momentos.

Com os resultados das análises, tabela 5 mostra a comparação das distribuições, onde critério estatístico empregado para a escolha do melhor modelo foi o teste de Kolmogorov-Smirnov, ao nível de 95% de probabilidade, em que os valores calculados do teste foram comparados com os respectivos valores tabelados.

**Tabela 4:** Resultados do teste de Kolmogorov-Sirmirnov ao nível de 95% de probabilidade para Fragmento

Parcela	FRAGMENTO			D Tabelado
	D Calculado			
	Beta	Weibull 3p	Sb de Johnson	
<b>1</b>	0,847	0,806	0,834	0.185
<b>2</b>	0,852	0,834	0,310	0.143
<b>3</b>	0,862	0,834	0,836	0.147
<b>4</b>	0,895	0,835	0,277	0.158
<b>5</b>	0,875	0,835	0,836	0.183
<b>6</b>	0,885	0,838	0,839	0.156
<b>7</b>	0,856	0,834	0,241	0.158
<b>8</b>	0,863	0,835	0,834	0.109
<b>9</b>	0,850	0,835	0,832	0.138
<b>10</b>	0,866	0,834	0,840	0.160

<b>FRAGMENTO</b>				
<b>Parcela</b>	<b>D Calculado</b>			<b>D Tabelado</b>
	<b>Beta</b>	<b>Weibull 3p</b>	<b>Sb de Johnson</b>	
<b>11</b>	0,856	0,835	0,834	0.244
<b>12</b>	0,864	0,835	0,217	0.146
<b>13</b>	0,867	0,837	0,836	0.207
<b>14</b>	0,877	0,834	0,842	0.174
<b>15</b>	0,864	0,834	0,184	0.178
<b>16</b>	0,848	0,835	0,836	0.215
<b>17</b>	0,878	0,835	0,298	0.147
<b>18</b>	0,854	0,835	0,219	0.161
<b>19</b>	0,872	0,837	0,326	0.226
<b>20</b>	0,873	0,835	0,834	0.166
<b>21</b>	0,856	0,834	0,834	0.145
<b>22</b>	0,861	0,834	0,314	0.143
<b>23</b>	0,851	0,834	0,833	0.115
<b>24</b>	0,866	0,835	0,834	0.205
<b>25</b>	0,846	0,835	0,833	0.148
<b>26</b>	0,851	0,834	0,189	0.151
<b>27</b>	0,859	0,835	0,833	0.116
<b>28</b>	0,868	0,835	0,287	0.131
<b>29</b>	0,877	0,835	0,836	0.151
<b>30</b>	0,882	0,835	0,841	0.296
<b>31</b>	0,872	0,837	0,326	0.229

Onde: D<sub>tabelado</sub> – valor obtido na tabela K-S a 95% de probabilidade.

Observando os resultados das distribuições probabilísticas expostas na tabela 4, as distribuições mostraram se com fraca aderência das funções para o Fragmento em relação ao teste de Kolmogorov-Smirnov, indicando assim que todas as distribuições probabilísticas em estudo não conseguiram representar bem a distribuição diamétrica do Fragmento.

**Tabela 5:** Resultados do teste de Kolmogorov-Sirmirnov ao nível de 95% de probabilidade para *Androstachys johnsonii* (Mecrusse).

<b>MECRUSSE</b>				
<b>Parcela</b>	<b>D Calculado</b>			<b>D Tabelado</b>
	<b>Beta</b>	<b>Weibull 3p</b>	<b>Sb de Johnson</b>	
<b>1</b>	0,847	0,806	0,834	0.185
<b>2</b>	0,851	0,834	0,330	0.148
<b>3</b>	0,862	0,834	0,836	0.147
<b>4</b>	0,895	0,835	0,277	0.158
<b>5</b>	0,884	0,837	0,838	0.215
<b>6</b>	0,887	0,839	0,837	0.185

<b>MECRUSSE</b>				
<b>Parcela</b>	<b>D Calculado</b>			<b>D Tabelado</b>
	<b>Beta</b>	<b>Weibull 3p</b>	<b>Sb de Johnson</b>	
<b>7</b>	0,877	0,843	0,313	0.262
<b>8</b>	0,863	0,835	0,834	0.109
<b>9</b>	0,850	0,835	0,832	0.146
<b>10</b>	0,293	0,241	0,231 <sup>ns</sup>	0.289
<b>11</b>	0,859	0,862	0,830	0.261
<b>12</b>	0,864	0,835	0,217	0.147
<b>13</b>	0,848	0,834	0,833	0.226
<b>14</b>	0,882	0,835	0,840	0.226
<b>15</b>	0,871	0,835	0,226 <sup>ns</sup>	0.244
<b>16</b>	0,848	0,839	0,834	0.226
<b>17</b>	0,897	0,836	0,322	0.180
<b>18</b>	0,863	0,818	0,370	0.180
<b>19</b>	0,855	0,840	0,319	0.221
<b>20</b>	0,876	0,836	0,835	0.166
<b>21</b>	0,854	0,835	0,834	0.148
<b>22</b>	0,994	0,969	0,970	0.148
<b>23</b>	0,861	0,834	0,314	0.143
<b>24</b>	0,851	0,834	0,833	0.114
<b>25</b>	0,866	0,835	0,834	0.205
<b>26</b>	0,846	0,835	0,833	0.148
<b>27</b>	0,851	0,834	0,189	0.151
<b>28</b>	0,859	0,835	0,833	0.115
<b>29</b>	0,868	0,835	0,287	0.131
<b>30</b>	0,877	0,835	0,836	0.151
<b>31</b>	0,882	0,835	0,841	0.296

Onde: D<sub>tabelado</sub> – valor obtido na tabela K-S a 95% de probabilidade; <sup>ns</sup> – não significativo a 95% de probabilidade.

Na tabela 5, as distribuições mostraram se com fraca aderência das funções para o *Androstachys johnsonii* analisado de forma insolada em relação ao teste de Kolmogorov-Sirminov, porem em algumas parcelas só uma função (Sb de Johnson) conseguiu representar bem a distribuição diamétrica do *Androstachys johnsonii*.

No entanto, foi selecionada aquela que obteve o melhor desempenho, assim, a escolha do melhor modelo foi realizada por meio de um ordenamento, em que o modelo que apresentou menor valor D de K-S para cada parcela recebeu pontuação 1, o segundo menor valor D de K-S foi pontuado com 2, e assim sucessivamente.

**Tabela 6:** Seleção das distribuições diamétricas pelo teste de K-S

FRAGMENTO				MECRUSSE			
Funções testadas (número de parcelas)				Funções testadas (número de parcelas)			
Menor D <sub>cal</sub>	Beta	Weibull 3p	Sb de Johnson	Menor D <sub>cal</sub>	Beta	Weibull 3p	Sb de Johnson
1	2	15	17	1	3	16	18
2	5	11	14	2	7	11	13
3	24	5	0	3	21	4	0
<b>Ranking</b>	<b>3º</b>	<b>2º</b>	<b>1º</b>	<b>Ranking</b>	<b>3º</b>	<b>2º</b>	<b>1º</b>

Onde: D<sub>cal</sub> – diferença máxima calculada das distribuições.

No ordenamento efetuado assim como no teste de aderência usado no presente estudo, a função Weibull 3p apresentou resultado próximo a função Sb de Johnson contabilizando 15 e 16 vezes ideal para o Fragmento e o *Androstachys johnsonii* (Mecrusse) respectivamente, posicionando se em segundo lugar, seguida pela função Beta que apresentou o pior ajuste ficando no terceiro lugar. Esses resultados confirmam a superioridade da função Sb de Johnson para o Fragmento bem como para o *Androstachys johnsonii*, contabilizando 17 e 18 vezes respectivamente, sendo esta simples e flexível ao se ajustar ao conjunto de dados com diferentes características, justificando sua aplicabilidade em pesquisas florestais.

A função Sb de Johnson foi uma das funções que se ajustou de forma mais eficiente e flexível para a distribuição diamétrica de *Androstachys johnsonii*, convergindo com o encontrado por MACHADO *et al.*, (2006), onde a distribuição Sb de Johnson se apresentou como a função mais eficiente e flexível no ajuste da distribuição diamétrica de Bracatinga.

Trabalhando em um povoamento de Bracatinga em Curitiba, BARTOSZECK *et al.*, (2004) e MACHADO *et al.*, (2006), concluíram que a distribuição Sb de Johnson se mostrou mais eficiente e flexível, proporcionando estimativas precisas da distribuição diamétrica. Tais resultados corroboram com os obtidos neste estudo.

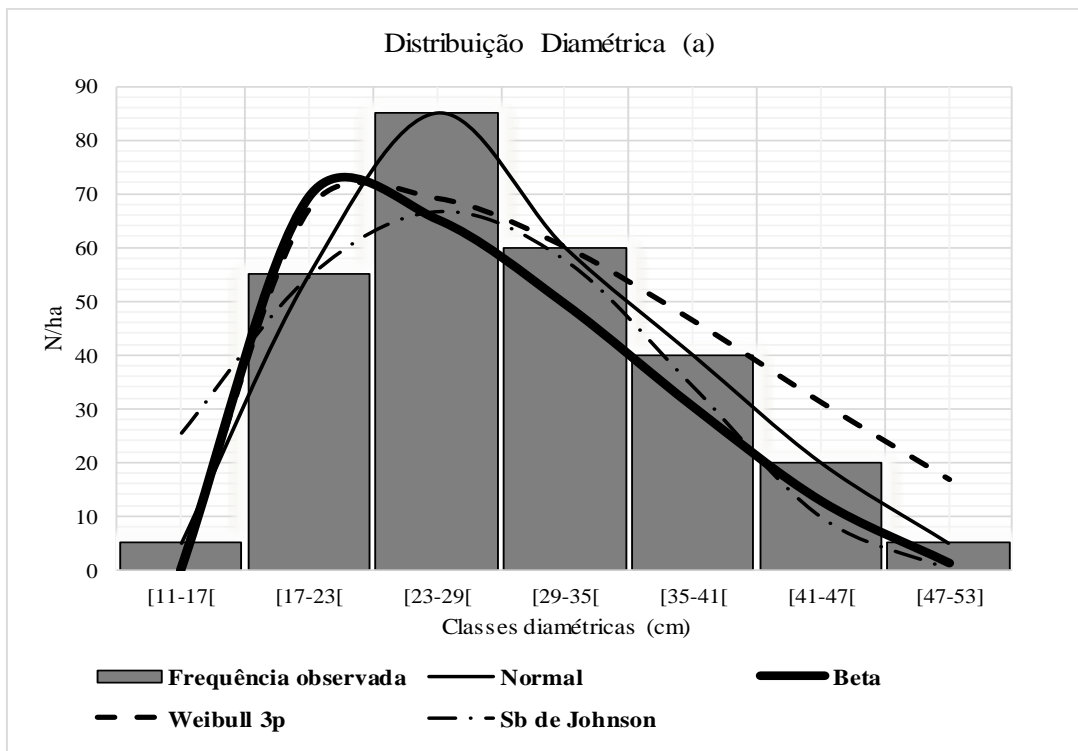
BARTOSZECK *et al.*, (2004), estudaram o comportamento das funções de densidade probabilidade no ajuste de distribuições diamétricas para diferentes idades, sítios e densidades para um povoamento de *Mimosa scabrella* Benth. Os autores concluíram que a função Sb de Johnson foi a de melhor desempenho para a maioria das combinações de dados.

CLUTTER e BENNETT (1965) utilizaram em sua pesquisa a distribuição Beta para predição de madeira para múltiplos usos em plantações de *Pinus elliottii*. BAILEY e DELL, (1973) indicaram que a distribuição Weibull 3p foi a mais vantajosa quando comparada a Beta quanto na forma e na derivação matemática, tais resultados foram obtidos neste estudo.

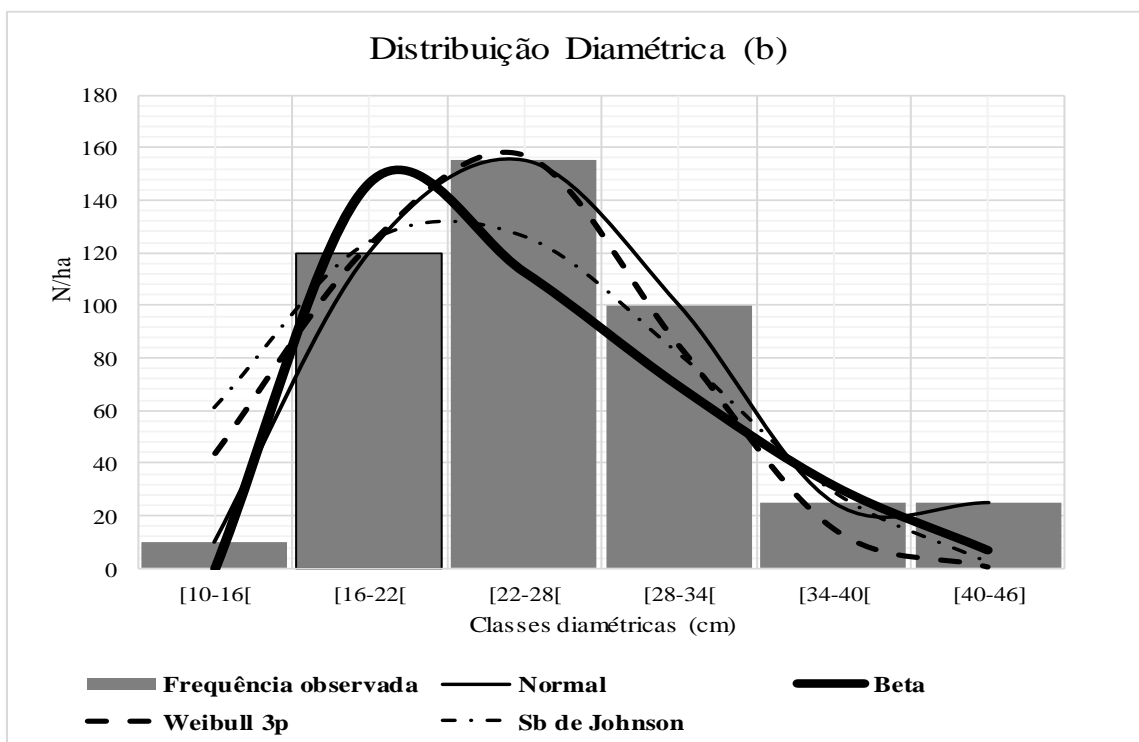
Os resultados obtidos neste estudo em relação à fraca aderência da função Weibull 3p para a representação da distribuição diamétrica estão contra aos resultados positivos encontrados para essa função por SCHNEIDER *et al.*, (2008). Trabalhando com povoamentos de *Pinus taeda*, os mesmos autores, conseguiram estimativas precisas para diferentes situações de manejo, obtendo alta precisão pela função de densidade de probabilidade de Weibull 3p. ABREU *et al.*, (2002), trabalhando em um povoamento jovem de *Eucalyptus grandis*, com idade variando em torno de 8 anos, concluíram que a função Weibull 3p se mostrou ser mais precisa que a distribuição Sb de Johnson. Tal resultado não corrobora com os resultados obtidos neste trabalho. Tal facto reforça a ideia de que se torna extremamente necessário avaliar, para cada tipo de povoamento florestal, diferentes funções de densidade de probabilidade, a fim de evitar possíveis erros que possam vir a ocorrer em levantamentos do povoamento.

#### **4.2.1 Análise gráfica das Funções**

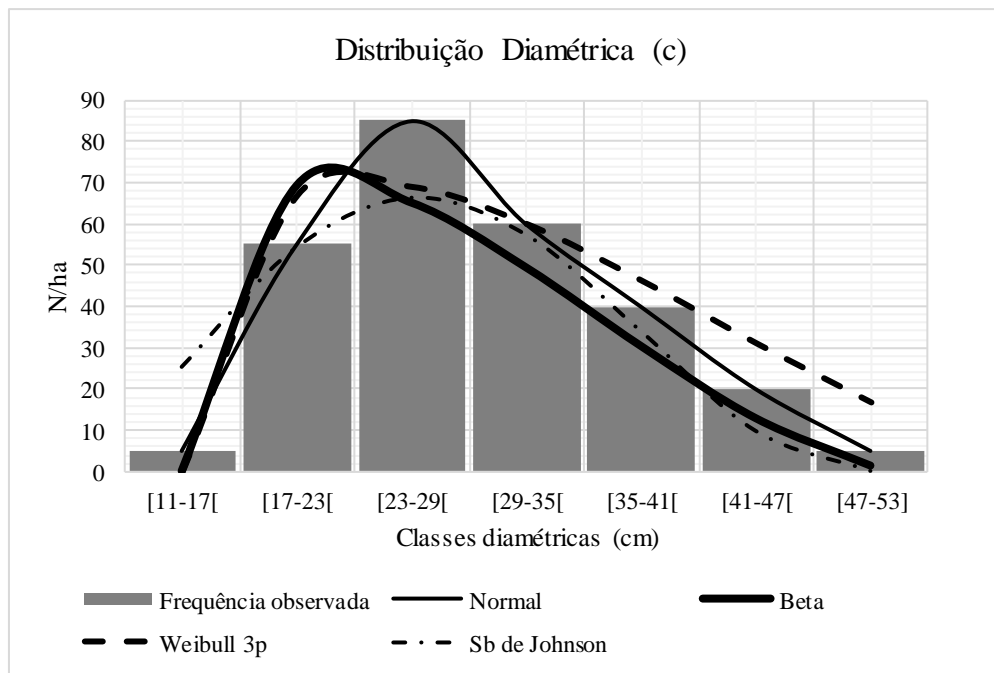
Para complementar a decisão de escolha da melhor função, para o Fragmento e para *Androstachys johnsonii* (Mecrusse), foram traçadas as curvas de frequências estimadas sobre o histograma das frequências observadas de algumas parcelas que mostraram o bom e fraco desempenho das funções em estudo (Figura 9, 10, 11, 12, 13 e 14). Essa análise gráfica permitiu ter uma maior clareza no julgamento da tendenciosidade dos modelos de distribuição diamétrica avaliados de acordo com os resultados do teste de Kolmogorov-Smirnov.



**Figura 9:** Curvas da distribuição Normal, das funções Beta, Weibull 3p e Sb de Johnson em relação ao histograma de frequência observada no Fragmento caracterizando melhor ajuste da função Sb de Johnson.



**Figura 10:** Curvas da distribuição Normal, das funções Beta, Weibull 3p e Sb de Johnson em relação ao histograma de frequência observada no Fragmento caracterizando melhor ajuste a função Weibull 3p.



**Figura 11:** Curvas da distribuição Normal, das funções Beta, Weibull 3p e Sb de Johnson em relação ao histograma de frequência observada no Fragmento caracterizando melhor ajuste a função Beta.

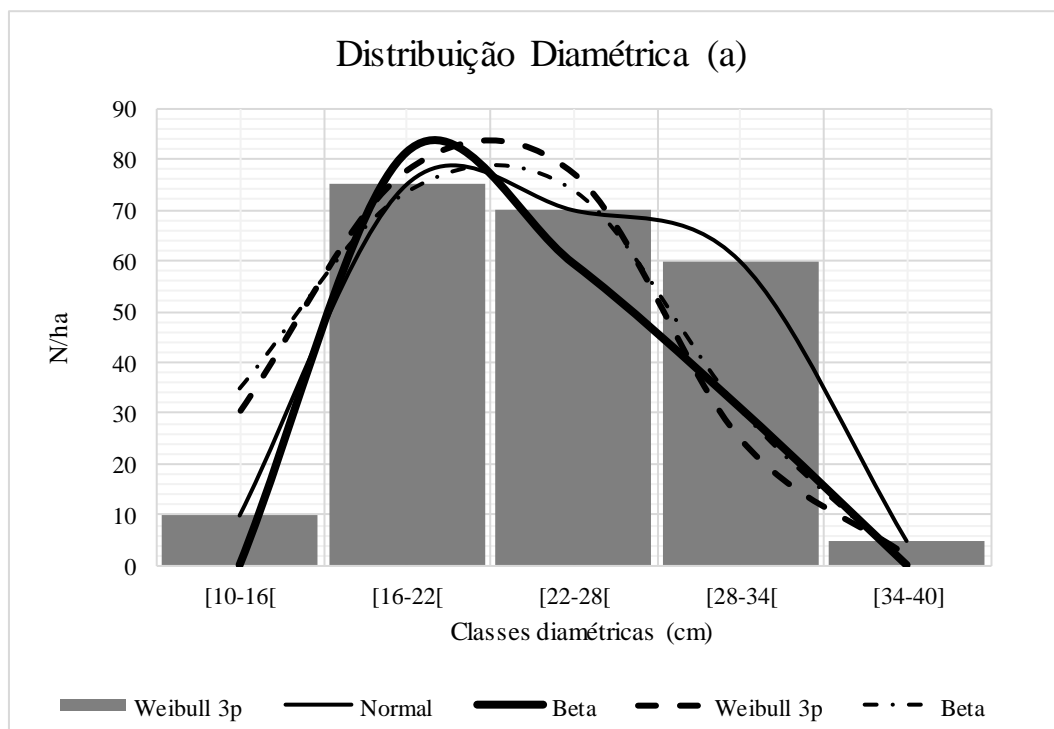
Analisando os gráficos das distribuições probabilísticas para o Fragmento com intervalo de classes diamétricas de 6 cm para todas parcelas, é possível confirmar que as distribuições Weibull 3p e Sb de Johnson apresentam-se basicamente bem semelhantes. Tal facto é confirmado pelo excelente desempenho que ambas distribuições obtiveram no teste de aderência de Kolmogorov –Sminorv.

A distribuição Sb de Johnson (Figura 9) apresenta-se aceitável conforme sua representatividade no gráfico de distribuição, porém essa distribuição apresenta forte tendência ao superestimar árvores no centro de classe de 10 cm e subestimar no centro de classe de 23 cm a 47 cm, mostrando a fraca aderência das funções Beta e Weibull 3p onde as duas subestimam valores da segunda classe diamétrica.

A figura 10, confirma o encontrado no teste de aderência mostrando que em alguns casos a função Weibull 3p pode caracterizar-se como um dos melhores ajustes, porém a mesma tem uma tendenciosidade em superestimar valores da classe inicial e subestimar nas últimas classes diamétricas. A função Beta mostra o seu grande potencial em estimar com exatidão os valores das primeiras classes, mas a mesma tem uma forte tendenciosidade em superestimar valores da classe subsequente e subestimar nas classes intermediárias.

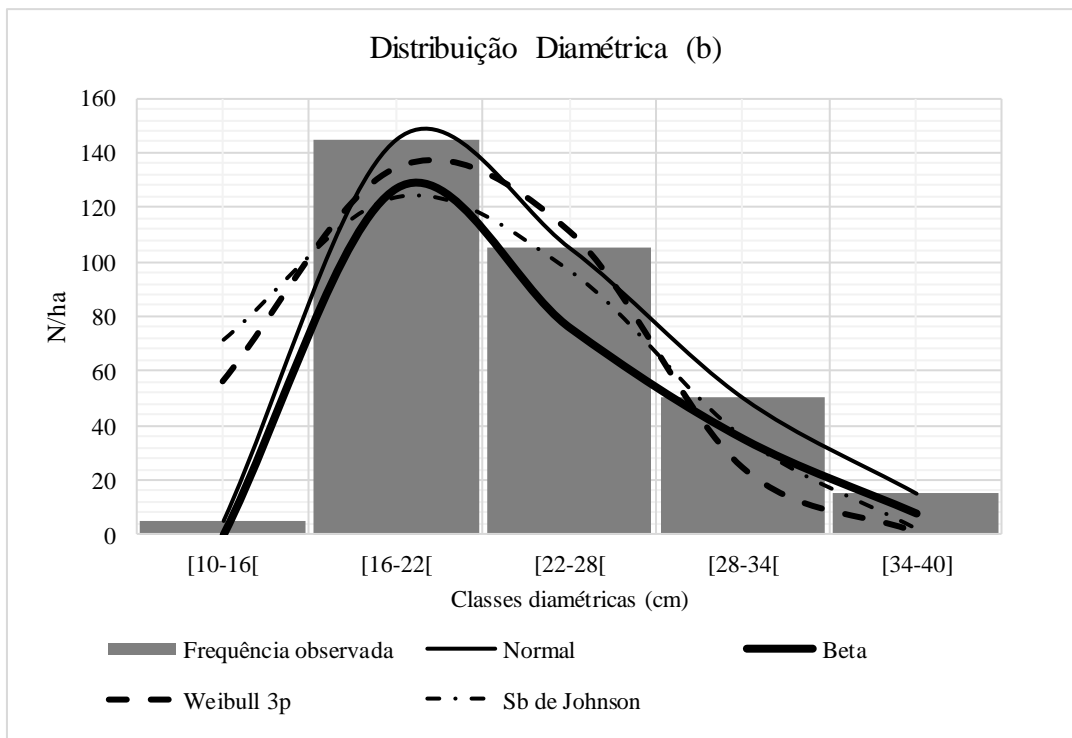
A função Beta classifica como a de pior ajuste no teste de aderência, ela vem demonstrar sua aplicabilidade (figura 11) em algumas análises gráficas.

Ao considerar individualmente a distribuição diamétrica, verificou-se na Figura 11 apresenta a moda não na primeira classe, mas próxima a essa, nas classes subsequentes caracterizando a distribuição como unimodal com assimetria positiva, e as Figuras 9 e 10 apresentam maior numero de indivíduos concentrados nas classes intermediarias, caracterizando a distribuição como unimodal com assimetria positiva. Uma possível justificativa para a ocorrência desta inconsistência é que o intervalo utilizado para agrupar os dados das parcelas, aparentemente, não representou as realidades da distribuição, principalmente nas primeiras classes nas quais o número de árvores é maior. Sabe-se que quanto menor for o intervalo de classe utilizado, maior é a visualização real da distribuição. Segundo WESTPHAL *et al.*, (2006) intervalos de classes maiores podem atenuar as pequenas irregularidades na distribuição.

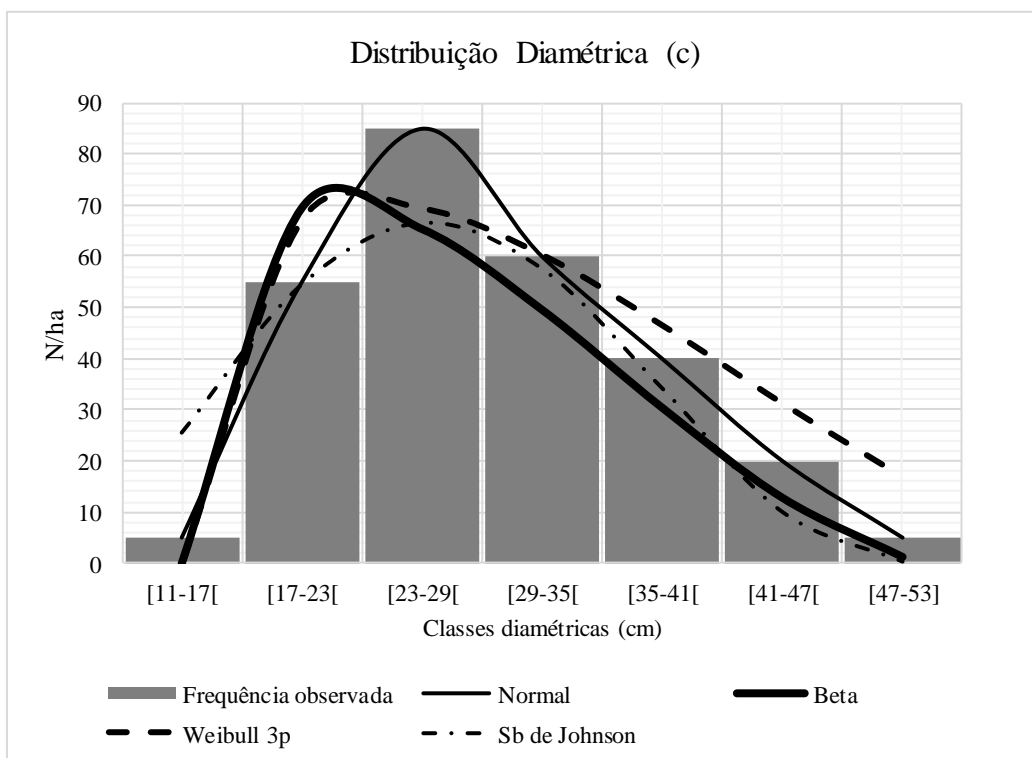


**Figura 12:** Curvas da distribuição Normal, das funções Beta, Weibull 3p e Sb de Johnson em relação ao histograma de frequência observada no *Androstachys johnsonii* caracterizando melhor ajuste a função Weibull 3p e Sb de Johnson.





**Figura 13:** Curvas da distribuição Normal, das funções Beta, Weibull 3p e Sb de Johnson em relação ao histograma de frequência observada no *Androstachys johnsonii* caracterizando melhor ajuste a função Beta.



**Figura 14:** Curvas da distribuição Normal, das funções Beta, Weibull 3p e Sb de Johnson em relação ao histograma de frequência observada no *Androstachys johnsonii* caracterizando melhor ajuste a função Sb de Johnson

Analisando o *Androstachys johnsonii* (Mecrusse) de forma insolada, conclui-se que ela apresenta maiores indivíduos nas classes intermediárias, caracterizando uma distribuição unimodal por apresentar um maior ponto de maior frequência com assimetria positiva.

Com base no teste de aderência, observa-se que as funções usando análise gráfica, apresentam uma forte tendência ao subestimar e em superestimar valores das classes iniciais e finais.

Na Figura 12 foram apresentados os melhores ajustes das distribuições (Weibull 3p e Sb de Johnson), havendo maior aproximação das curvas das frequências estimadas à configuração dos dados observados, notando que estas funções apresentaram ajustes semelhantes, visto que, suas curvas estimadas praticamente se sobrepuseram, porém as mesmas superestimaram os valores da classe inicial e subestimando as classes finais

A função Beta para todos casos apresenta forte tendenciosidade em erros nas estimativas de árvores nas classes diamétricas intermediárias (subestima Figura 12, 13 e 14), o que confirma a sua fraca aderência nas duas análises (teste de aderência e análise gráfica), porém esta mostrou-se eficiente (Figura 14) ao conseguir estimar bem os valores das classes diamétricas.

A eficiência da função de densidade de probabilidade Sb de Johnson também foi verificada no estudo feito por MACHADO *et al.*, (2006) estudando a dinâmica da distribuição diamétrica em povoamentos nativos de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) em Curitiba, concluiu em seu estudo que dentre as funções de densidade de probabilidade testadas (Gamma, Beta, Normal, Weibull 3p e 2 p e Sb de Johnson) a distribuição Sb de Johnson foi a de melhor desempenho, sendo, portanto utilizada para a estimativa de número de árvores por classe diamétrica e por hectare.

## 5.CONCLUSÃO

Com base nos objectivos propostos e nas condições em que foi realizado o presente estudo, foi possível concluir que:

- ❖ Com o teste de aderência, as funções em estudo apresentam não aderência aos dados, porem em algumas situações a função Sb de Johnson apresentou se sendo não significativa (aplica se aos dados em estudo) aos dados.
- ❖ As distribuições Sb de Johnson e Weibull 3p foram as mais eficientes para estimar a frequência por classe diamétrica no intervalo de classe usado no presente estudo (6 cm);
- ❖ A distribuição Beta apresentou pior desempenho dentre as funções testadas para a estimativa da frequência por classe diamétrica;
- ❖ A distribuição diamétrica da floresta como um todo (Fragmento) e *Androstachys johnsonii* (Mecrusse) apresentou-se como unimodal com uma assimetria positiva;
- ❖ Identificou-se forte intervenção antrópica (corte de estacas e madeira) que causou sérios distúrbios nas classes iniciais e redução dos indivíduos nas ultimas classes.

## 6.RECOMENDAÇÃO

Com base no presente estudo de ajuste de funções densidade de probabilidade para distribuição diamétrica do *Androstachys johnsonii* (Mecrusse) e o seu fragmento recomenda-se:

- ❖ O uso de mais funções, pois uma função que se destaca como sendo a mais eficiente em uma determinada região, pode não se comportar da mesma maneira em outra, gerando assim sérios riscos nas futuras análises da produção do povoamento.
- ❖ Utilização da distribuição probabilística  $S_b$  de Johnson para modelar a estrutura horizontal e juntamente com modelos que expresse diferentes atributos do povoamento (sítio, área basal, afilamento, mortalidade, dentre outros);
- ❖ Realização de mais estudos sobre o comportamento da distribuição diamétrica por espécie de acordo com o seu índice de valor de importância, de modo a entender o desenvolvimento dessa espécie;
- ❖ Utilização de mais de um método para estimativa dos parâmetros das funções, pois cada método pode comportar se de maneira diferente que os outros;
- ❖ Realização de mais estudos com intervalos de classe menores com o intervalo usado neste estudo, pois quanto menor for o intervalo maior é a precisão informação as respectivas classes.

## 7.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTO, M. M. M. (2006). *A contribuição do sector florestal e faunístico para a economia do país*. Maputo.

AMARAL, P. (1996), *Introdução à Quimiometria: Erros na análise estatística*. Universidade de Lisboa – Faculdade de Ciências e Tecnologia. Lisboa, Portugal.

AUSTREGÉSILO, S. L., *et al.* (2004), “*Comparação de métodos de prognose da estrutura diamétrica de uma floresta estacional semi-decidual secundária*”. Revista *Árvore*, v.28, n.2.

BAILEY, R.L. e DELL, T.R. (1973), “*Quantifying diameter distribution with the Weibull function*”. Forest Science, v. 3, n. 2.

BANDEIRA, S., BOLNICK, D. & BARBOSA, F. (2007). ‘*Flores Nativas do Sul de Moçambique*’. Universidade Eduardo Mondlane, Maputo.

BARTOSZECK, A. C. P. S.; MACHADO, S. do A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; OLIVEIRA, E. B. (2004), “*Dinâmica da relação hipsométrica em função da idade, do sítio e da densidade inicial de povoamentos de bracatinga da região metropolitana de Curitiba, PR*”. Revista *Árvore*, v. 28, n. 4.

BARRA, O.S.V.,*et al* (2004), “*Proposta metodológica para o ajuste óptimo da distribuição Weibull 3p*”. Floresta, v. 8, n. 5.

BATISTA, J. L. F. (1989). “*A função Weibull como modelo para a distribuição de diâmetros de espécies arbóreas tropicais*.” 116 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz, da Universidade de São Paulo, Piracicaba.

BILA, A. (2005). *Estratégia para a Fiscalização Participativa de Florestas e Fauna Bravia em Moçambique*. Maputo.

BUSTER. J. A. (1995). “*52 Madeiras de Moçambique*” Depto. Eng. Florestal. UEM. Maputo.

BUNYAVEJCHEWIN, S.; BAKER, P. J.; LAFRANKIE, J. V.; ASHTON, P. S. (2001), “*Stand structure of a seasonal dry evergreen forest at Huai Kha Hhaeng Wildlife Sanctuary, western Thailand. Natural History*”. Bulletin of the Siam Society, n.50.

CANALEZ, G. G.; CORTE, A. P. D.; SANQUETTA, C. R. (2006), “*Dinâmica da estrutura da comunidade de Lauráceas no período 1995-2004 em uma floresta de araucária no sul do estado do Paraná, Brasil*”. *Ciência Florestal*, v. 16, n. 4.

CARGNELUTTI FILHO, A.; MATZENAUER, R.; TRINDADE, J. K. (2004), “*Ajustes de Funções de Distribuição de Probabilidade à Radiação Solar Global no Estado do Rio Grande do Sul*”. Brasília, v. 39, n. 12.

CARELLI NETTO, C. (2008), *Dinâmica da distribuição diamétrica de povoamentos de Pinus taeda L. em diferentes idades e espaçamentos*. Dissertação Mestrado em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria.

EMBRAPA. (2002), *Uma função hiperbólica de distribuição probabilística de alta flexibilidade*. EMBRAPA Cerrados, Planaltina.

FINGER, C. A. G. (1992). “*Fundamentos de biometria florestal*”. Santa Maria: UFSM/CEPEF/FATEC.

FREUND, J. E.; SIMON, G. A. (2000), *Estatística aplicada*. Bookman. ed. 9. Porto Alegre.

GONÇALVES, F. A. 1977, *Estatística Descritiva*. Atlas. São Paulo.

GUIMARÃES, D. P. (20020), *Uma função hiperbólica de distribuição probabilística de alta flexibilidade*. Planaltina. Embrapa Cerrados.

HAHN, G. J.; SHAPIRO, S. S. (1967), *Statistical models in engineering*. New York: John Wiley & Sons.

Instituto Nacional de Estatística – INE. (2012). *Estatísticas do Distrito de Manjacaze – Dingane, 2012*. Disponível em: [www.ine.gov.mz](http://www.ine.gov.mz). Acesso em: 07. 2017.

JORGE, L.A.B., VEIGA, R.A.A., PONTINHA, A. de A.S. (1990). *A função Weibull no estudo de distribuição diamétrica em povoamentos de Pinus elliottii na estação experimental de Itapeva*. IPEF, Piracicaba.

KNOEBEL, B. R.; BURKHART, H. E.; BECK, D. E. (1986), “*A growth and yield model for thinned stands of yellow-poplar*”. Supplement to Forest Science, v. 32, n. 2.

MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. (2009), *Dendrometria*. 2.ed. Guarapuava: UNICENTRO.

MACHADO, S. A.; BARTOSZEK, A. C. P. S.; OLIVEIRA, E. B. (1997), “*Estudo da estrutura diamétrica para Araucaria angustifolia em florestas naturais nos estados da região sul do Brasil*”. Revista Floresta, n. 26.

MACHADO, S. A. BARTOSZEK, A. C. P. S.; OLIVEIRA, E. B. (2006), “*Dinâmica da distribuição diamétrica de bracatingais na região metropolitana de Curitiba*. Revista Árvore, v. 30, n. 5, p. 759-768, 2006.

MAGALHÃES. T. M, (2015), “*Biomass modelling of Androstachys johnsonii Prain – a comparison of three methods to enforce additivity*”. International Journal of Forestry Research.

MANTILLA, J e TIMANE R, (2005), “*Orientação para manejo de Mecrusse*”. Symfo Design Lda, Maputo.

MARZOLI, A. (2007), “*Relatório do Inventário Florestal Nacional. Direcção Nacional de Terras e Florestas.*” Ministério da Agricultura, Maputo.

MIGUEL, E.P., MACHADO, S.A., FILHO, A.F., ARCE, J.E. (2010), “*Using the Weibull function for prognosis of yield by diameter class in Eucalyptus urophyllastands*. Cerne, Lavras, v.16, n.1.

Ministério da Administração Estatal. (2005), *Perfil do distrito de Mandlakaze*. Moçambique.

MINISTÉRIO DE PLANO E FINANÇAS - MPF. (2004). *Pobreza e bem-estar em Moçambique: Segunda avaliação nacional*. Maputo-Moçambique.

MOLOTJA G. M, (2011), “*Ligavha-Mbelengwa MH, Bhat RB. Antifungal activity of root, bark, leaf and soilextracts of Androstachys johnsonii Prain*”. African Journal of Biotechnology 10.

MYUNG, I. J. (2003), “*Tutorial on maximum likelihood estimation*”. Journal of Mathematical Psychology, v. 47.

NEAVE, H. R. (1981), “*Elementary Statistic Tables*”. Allen and Unwin, London, p. 49.

OLIVEIRA, et al. (1998), “*Sistema para simulação do crescimento e da produção de Pinus taeda L. e avaliação económica de regime de manejo*”. Revista árvores, v.22, n.1.

ORELLANA, E. (2009), *Funções densidade de probabilidade no ajuste da distribuição diamétrica de um fragmento de floresta ombrófila mista*. 139 f. Dissertação Mestrado em Ciências Florestais. Universidade Estadual do Centro Oeste, Irati.

Plano Estratégico de Desenvolvimento do Distrito- PEDD. (2008), *Plano Estratégico de Desenvolvimento do Distrito de Mandlakazi*. Moçambique.

PRODAN, M.; PETERS, R.; COX, F.; REAL, P. (1997), *Mensuração Florestal*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San José - Costa Rica.

ROBINSON, A. (2004), *Preserving correlation while modeling diameter distributions – Canadian Journal of Forest Research*, v. 34, p. 221-232.

SCHAAF, L.B. *et al.* (2006), “*Alteração na estrutura diamétrica de uma floresta ombrófila mista no período entre 1979 e 2000*”. *Revista Árvore*, v.30, n.2.

SCHNEIDER, P.R. *et al.* (2008), “*Estimativa dos parâmetros da função de densidade probabilística de Weibull por regressão aninhada em povoamentos desbastados de Pinus taeda l*”. *Ciência Florestal*, v. 18.

SCHMIDT, L. N. (2017), *Dinâmica da distribuição diamétrica de povoamentos de eucalipto na região central de Minas Gerais*. 89 f. Dissertação Mestra em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná. Curitiba.

SCOLFORO, J. R. S. (2006), *Biometria florestal: Modelos de crescimento e produção florestal*. Lavras, UFLA/FAEPE.

SILVA, E.Q., NETTO, S.P., MACHADO, S.A., SANQUETTA, C.R. (2003), “*Função densidade de probabilidade aplicáveis a ciência florestal*”. *Revista Floresta*.

SOARES, C.P.B.; NETO, F.P.; SOUZA, A.L. (2007), *Dendrometria e Inventário Florestal*. Viçosa, MG. Ed. UFV.

STEPKA, T. F.; LISBOA, G. S.; KURCHAIT, S. M. (2011), “*Funções densidade de probabilidade para a estimativa da distribuição diamétrica em povoamento de Eucalyptus sp. na região Centro-sul do Paraná*”. *Ambiência*, v. 7, n. 3.



UMAÑA, C. L. A.; ALENCAR, J. C. (1998). “Distribuições diamétricas da Floresta Tropical Húmida em uma área no município de Itacoatiara-AM.” *Revista Acta Amazónica*, Manaus, n. 28 (2).

WEBER, S. H. (2006), *Desenvolvimento de nova função densidade de probabilidade para avaliação de regeneração natural*. 132 f. Dissertação em Engenharia Florestal - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

WESTPHAL, C.; TREMER, N.; VON OHEIMB, G.; HANSEN, J.; GADOW, K.; HÄRDTLE, W. (2006). “Is the reverse J-shaped diameter distribution universally applicable in European virgin beech forests?” *Forest Ecology and Management*, n. 223, p. 75-83.

## ANEXOS

Nome de chefe da equipe \_\_\_\_\_ data \_\_\_\_\_ local \_\_\_\_\_ Ficha n<sup>o</sup> \_\_\_\_\_

Distrito de \_\_\_\_\_ coordenadas: \_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_ alt \_\_\_\_\_

**Tabela 7:** Ficha de campo

#	Nome local	Nome científico	DAP	Hc	Ht

Obs: DAP: diâmetro altura do peito ( $\geq 10\text{cm}$ ); Hc: altura comercial; Ht: altura total.

**Tabela 8:** Estatística descritiva dos dados em estudo

<b>Parcela</b>	<b>Diâmetro médio</b>	<b>Diâmetro máximo</b>	<b>Diâmetro mínimo</b>	<b>Variância</b>	<b>Desvio Padrão</b>
1	24.09	49	11	64.73	8.05
2	21.31	40	10	68.93	8.3
3	18.62	45	10	60.58	7.73
4	18.27	37	10	39.76	6.25
5	19.93	42.3	11.4	44.87	6.7
6	26.29	62	11	130.87	11.44
7	21.82	53	12.5	49.64	7.04
8	19.25	65.7	10.1	66.65	8.16
9	21.24	61	12.1	55.52	7.4
10	20	45	10	49.4	7.02
11	21.25	50	10	51.49	7.18
12	19.9	52.3	10	58.92	7.68
13	18.74	44	10	50.06	7.08
14	18.08	38.7	10.4	34.66	5.89
15	19.39	40	10	37.33	6.11
16	19.39	40	10	37.33	6.11
17	22.4	73	11	84.67	9.2
18	20.39	38	10	32.7	5.72
19	20.86	76	10	65.7	8.11
20	23.05	53	10	75.6	8.7
21	21.59	48	10	66.36	8.14
22	24.98	49	11	78.12	8.73
23	26.17	52	12	94.71	9.73
24	23.64	57	11	119.78	10.94
25	20.97	43	10	85.97	9.27
26	22.72	48	10	100.43	10.02
27	21.23	58.5	10	57.35	7.57

**Tabela 9:** Frequência observada de árvores nas classes diamétricas com intervalo para o Fragmento

<b>Nº. de classes</b>	<b>Intervalo de classe</b>	<b>Frequência Observada para cada classe</b>
<b>1</b>	]10-16[	53
<b>2</b>	[16-22[	656
<b>3</b>	[22-28[	843
<b>4</b>	[28-34[	454
<b>5</b>	[34-40[	197
<b>6</b>	[40-46[	84
<b>7</b>	[46-52[	45
<b>8</b>	[52-58[	17
<b>9</b>	[58-64[	6
<b>10</b>	[64-70[	4
<b>11</b>	[70-76[	1
<b>12</b>	[76-82]	3
<b>Total</b>		<b>2363</b>