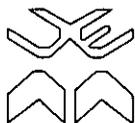


634.0.5 (679.9)

Mag

Eng. T-18

Eng. T-18



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE AGRONOMIA E ENGENHARIA FLORESTAL

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

23/201

PROJECTO FINAL

Influência do Tamanho da Parcela de Amostra no Desvio Padrão num  
Inventário em Florestas Nativas: caso da floresta comunitária de Madjadjane

Mateusine - Maputo

Estudante: Tarquinio Mateus Magalhães

Supervisor: Eng.º Samuel João Soto (MFor)

Maputo, Agosto 2004

## RESUMO

Foi feito um inventário florestal na floresta nativa da comunidade de Madjadjane com o objectivo de estabelecer o tamanho ideal da parcela de amostra para estimação do volume de madeira, estudar a influência dos diferentes tamanhos de parcela de amostra no desvio padrão e noutros parâmetros estatísticos de interesse no inventário florestal.

Para tal, foram estabelecidos cinco tamanhos diferentes de parcela de amostra com áreas de 0,35; 0,25; 0,2; 0,15 e 0,10 ha, com 26 parcelas por cada tamanho, que foram lançadas aleatoriamente na área de estudo de 1033 ha com ajuda de mapas. Em cada parcela foram medidos a altura total e comercial e o DAP para todos indivíduos de DAP maior ou igual a 10 cm.

Constou que a variância, o desvio padrão, o erro padrão e o intervalo de confiança diminuem com o aumento do tamanho da parcela de amostra, tendo estes parâmetros tido valores estáveis para os tamanhos de 0,15; 0,20 e 0,25 ha. O volume relativo aumentou, também, com o aumento dos tamanhos das parcelas, tendo se observado que as parcelas de 0,15; 0,20; 0,25 e 0,35 ha têm o volume relativo sem diferenças estatisticamente significativas entre elas. Os volumes totais relativos para tais parcelas foram: 92,1003; 92,1328; 75,7283 e 92,1239 m<sup>3</sup>/ha e os volumes comerciais relativos foram: 27,5143; 27,1647; 22,7956 e 27,3369 m<sup>3</sup>/ha. Levando assim, à seguintes conclusões:

Para a floresta em estudo, o tamanho ideal da parcela de amostra é de 0,24 ha (120 m x 20 m).

O volume total relativo e o volume comercial relativo da área de estudo foram aproximadamente: 92 m<sup>3</sup>/ha e 27 m<sup>3</sup>/ha, respectivamente. O volumes calculado (m<sup>3</sup>/ha) e estimado (m<sup>3</sup>) não variam significativamente com o aumento da parcela de amostra.

A variância, o desvio padrão, o erro padrão de estimativa do volume e o intervalo de confiança estimados para a população a uma mesma escala (m<sup>3</sup>/ha), diminuem com o aumento do tamanho da parcela de amostra. Os limites de confiança tornam-se mais estreitos com o aumento do tamanho da parcela de amostra.

Existe uma relação funcional negativa entre o tamanho da parcela de amostra e o desvio padrão, de tal modo que este diminui com o aumento do tamanho da parcela de amostra. As variações dos valores do desvio padrão dependem das variações do tamanho da parcela de amostra, não são casuais.

**DEDICATÓRIA**

Ao meu pai (Mateus Magalhães), à minha mãe (Basiliana Patrício) e aos meus irmãos.

Que ALLAH os abençoe!

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, ao meu supervisor, Engenheiro Samuel João Soto (MFor) pelo apoio financeiro, moral, pelo fornecimento de material didáctico e pelo acompanhamento feito com inteira dedicação.

Ao Dr. Bila, também pelo apoio e acompanhamento dado durante todo esse tempo.

Ao meu colega e amigo Bernardo João Rota, pela ajuda que deu na redacção do presente trabalho.

Ao meu colega (Munna) Cláudio Cuaranhua, parceiro inseparável na recolha de dados em Madjadjane e Bobole.

Aos meus amigos Hélder Gimo, Alexandre Alieira, Jorge Sousa (Jojó), Hélio Jordão (Jojó) e Arlindo pelo encorajamento durante os meus estudos e nos momentos difíceis. Ao dr. Zé Carlos pelo apoio moral e financeiro.

E por último, e não menos importante, àqueles que directa ou indirectamente tentaram perturbar os meus estudos, pois que me encorajaram. Há mal que vem por bem.

## LISTA DE TABELAS

	Páginas
Tabela 1: Características dos tipos florestais encontrados na área de estudo.....	14
Tabela 2: Relação entre o tamanho de parcela, a média do volume total ( $m^3/tp$ ), variância ( $m^3/tp$ ), o desvio padrão ( $m^3/tp$ ), erro padrão ( $m^3/tp$ ) e o coeficiente de variação.....	18
Tabela 3: Relação entre o tamanho de parcela, a média do volume comercial ( $m^3/tp$ ) variância ( $m^3/tp$ ), o desvio padrão ( $m^3/tp$ ), erro padrão ( $m^3/tp$ ) e o coeficiente de variação (%). ....	18
Tabela 4: Número de espécies por tamanho de parcela de amostra .....	18
Tabela 5: Relação entre o tamanho de parcela, a média do volume total ( $m^3/ha$ ), variância ( $m^3/ha$ ), o desvio padrão ( $m^3/ha$ ), erro padrão ( $m^3/ha$ ) e o coeficiente de variação (%). ....	19
Tabela 6: Relação entre o tamanho de parcela, a média do volume comercial ( $m^3/ha$ ), variância ( $m^3/ha$ ), o desvio padrão ( $m^3/ha$ ), erro padrão ( $m^3/ha$ ) e o coeficiente de variação (%). ....	19
Tabela 7: Relação entre o tamanho de parcela de amostra e o erro de amostragem em ( $m^3/ha$ )... ..	20
Tabela 8: Relação entre o tamanho de parcela de amostra e o intervalo de confiança .....	20
Tabela 9: Análise de correlação entre o tamanho de parcela e o desvio padrão do volume total em $m^3/ha$ .....	20
Tabela 10: Análise de correlação entre o tamanho de parcela e o desvio padrão do volume comercial em $m^3/ha$ .....	21
Tabela 11: Análise de variância (Anova) à nível de significância de 5% para a média do volume total por tamanho de parcela em $m^3/tp$ .....	21
Tabela 12: Teste DMS à nível de significância de 5% para a média do volume total por tamanho de parcela em $m^3/tp$ .....	22

Tabela 13: Análise de variância (Anova) à nível de significância de 5% para a média do volume comercial por tamanho de parcela em $m^3/tp$ .....	22
Tabela 14: Teste DMS à nível de significância de 5% para a média do volume comercial por tamanho de parcela em $m^3/tp$ .....	23
Tabela 15: Análise de variância (Anova) à nível de significância de 5% para a média do volume total por tamanho de parcela em $m^3/ha$ .....	23
Tabela 16: Análise de variância (Anova) à nível de significância de 5% para a média do volume comercial por tamanho de parcela em $m^3/ha$ .....	24
Tabela 17: Teste DMS à nível de significância de 5% para a média do volume comercial por tamanho de parcela em $m^3/ha$ .....	24
Tabela 18: Análise de variância (Anova) à nível de significância de 5% para o tempo médio (em minutos) necessário para inventariar uma parcela de amostra .....	25
Tabela 19: Teste DMS à nível de significância de 5% para o tempo médio (em minutos) para cada tamanho de parcela .....	25

#### LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Relação entre a área de parcela de amostra e a variância (para o presente estudo ).....	19
Figura 2: Relação entre o tamanho de parcela, o desvio padrão e o tempo médio (gráfico para estimativa do tamanho ideal da parcela de amostra) .....	26
Figura 3: Relação entre o tamanho parcela, o intervalo de confiança e o tempo médio (gráfico para estimativa do tamanho ideal da parcela de amostra) .....	26
Figura 4: Relação entre a área de parcela de amostra e a variância (estudo de Philips) .....	30

## LISTA DE ABREVIATURAS

DAP	Diâmetro a altura do peito, diâmetro à 1.3 m do solo
DMS	Diferença mínima significativa
DNFFB	Direcção Nacional de Florestas e Fauna Bravia
GPS	Global Positioning System
GL	Graus de Liberdade
LF1	Floresta fechada
LF2	Floresta mediamente densa
LF3	Floresta aberta
$m^3/tp$	Metros cúbicos por tamanho de parcela
n	Tamanho da amostra
N	Tamanho da população
P	Probabilidade
V <sub>ha</sub>	Volume da parcela em $m^3/ha$ (volume por hectare)
V <sub>i</sub>	Volume individual
V <sub>p</sub>	Volume por parcela em $m^3/tp$
V <sub>t</sub>	Volume total
VT	Volume total da área de estudo
WG	Pradaria arborizada
tp	Tamanho de parcela

## LISTA DE ANEXOS

### CONTEÚDO

- Anexo 1: Lista de espécies que ocorrem em Madjadjane
- Anexo 2: Coordenadas geográficas das parcelas e seus respectivos tipos florestais
- Anexo 3: Ficha de campo
- Anexo 4: Mapa da área de estudo e as respectivas parcelas
- Anexo 5: Número de espécies por cada tamanho de parcela
- Anexo 6: Volume total por parcela em  $m^3/ha$
- Anexo 7: Volume comercial por parcela em  $m^3/ha$
- Anexo 8: Tempo gasto por cada parcela medida
- Anexo 9: Volume total por parcela em  $m^3/tamanho$  de parcela
- Anexo 10: Volume comercial por parcela em  $m^3/tamanho$  de parcela
- Anexo 11: Resultados estatísticos para os 5 tamanhos de parcela de amostra
- Anexo 12: Fórmulas das variâncias e desvios padrão para as diferentes técnicas de amostragem

## INDICE

Conteúdo	Página
RESUMO	
DEDICATÓRIA	
AGRADECIMENTOS	
LISTA DE TABELAS.....	ii
LISTA DE FIGURAS.....	iii
LISTA DE ABREVIATURAS.....	iv
LISTA DE ANEXOS.....	v
1. INTRODUÇÃO.....	01
1.1 Objectivos geral.....	03
1.2 Objectivos específicos.....	03
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	04
2.1 Técnicas de amostragem.....	04
2.2 Razões de amostragem em inventário florestal.....	08
2.3 Variância e desvio padrão num inventário florestal.....	09
2.4 Erro padrão de estimativa e limites de confiança.....	09
2.5 Tamanhos e forma das parcela de amostragem.....	10
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	12
3.1 Descrição da área de estudo.....	12
3.2 Materiais.....	13
3.3 Métodos.....	13
3.3.1 Método de cálculo dos resultados.....	15
3.3.2 Método de análise dos resultados.....	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
4.1 Resultados.....	18
4.2 Discussão.....	27
5. CONCLUSÕES.....	35
6. RECOMENDAÇÕES.....	36
7. LIMITAÇÕES E IMPORTÂNCIA DO ESTUDO.....	38
8. BIBLIOGRAFIA.....	38
9. ANEXOS	

## 1. INTRODUÇÃO

Um inventário florestal é a recolha, medição e registo de dados sobre a qualidade e o volume de recursos florestais, o estado da sua dinâmica, a regeneração e os produtos que se podem obter por unidade de superfície, de forma a fornecer informação para o manejo sustentável de uma dada região ou floresta, em particular (DNFFB, 1999). Segundo Stellingwerf (1994), o inventário fornece informações como acessibilidade da floresta, volume de madeira disponível, tamanho das árvores, espécies existentes, idade dos indivíduos e dos povoamentos, incremento volumétrico, danos, crescimento em diâmetro e altura, etc.

Geralmente tal informação é recolhida com base em amostras da população total (floresta), visto que devido à sua vastidão, um censo completo pode ser impossível e, como lembram Freese (1984) e Stellingwerf (1994), um censo completo pode não ser economicamente viável e é mais susceptível a erros, no entanto, a informação baseada em amostras pode ser mais confiável.

Em florestas usam-se parcelas de amostra para estimar os parâmetros da população total. Dentro de uma parcela de amostra há variações nos valores dos parâmetros a medir de indivíduo para indivíduo. Num povoamento em que há uma grande heterogeneidade, é necessário um número maior de observações para obter estimativas confiáveis do valor médio do parâmetro em estudo na população total (Freese, 1984). Portanto, de acordo com o número de observações e a magnitude de variação entre os valores medidos, a variância (e o desvio padrão) podem ser elevados ou baixos. O que em casos de elevados valores de desvio padrão (ou variância), isto é, maior dispersão dos valores em relação ao valor médio, pode levar a sub ou sobrestimativa dos parâmetros.

Em florestas nativas em que os povoamentos são multiâneos e geralmente mistos (Ribeiro *et al.*, 2002) há uma maior heterogeneidade nos indivíduos quer devido a diferença de idades ou devido a diferenças entre espécies. Logo, isso levará a elevados valores de variância e desvio padrão, e tal facto pode ser contornado pelo aumento do número de observações o que influenciará no tamanho da parcela de amostra. No entanto, tamanhos muito maiores das parcelas podem levar a omissão involuntária de certas árvores durante a medição. Isto quer dizer que mais tempo seria necessário para conferir as árvores não medidas ou as contadas duplamente. Por isso convém que

se saiba qual é o tamanho óptimo das parcelas, tamanho este que dê valores aceitáveis e credíveis ao mesmo tempo que permite uma racionalização do tempo e por conseguinte dos custos do levantamento.

Stellingwerf (1994) fez um estudo idêntico na Europa para um povoamento puro de *Picea abies* e concluiu que o tamanho óptimo da parcela era de 0,05 ha e que o desvio padrão diminuía com o aumento do tamanho da parcela. As florestas europeias têm poucas espécies e são na sua maioria plantadas.

Seria importante, também, saber se tal comportamento verifica-se em florestas tropicais, estas que apresentam uma elevada heterogeneidade, diversidade e riqueza em espécies. Portanto, é baseando-se nos aspectos acima referidos que se pretende levar a cabo este estudo.

Por outro lado, dado que o inventário florestal é uma actividade que envolve elevados custos, e partindo do princípio que o tamanho da parcela de amostra pode influenciar no desvio padrão, é de grande importância conhecer o tamanho aceitável da parcela de amostra, visto que a má estimativa do potencial florestal pode levar a grandes problemas de vária ordem na cadeia de consumo, como por exemplo: rotura do fornecimento contínuo de madeira em toros como consequência de não existência do volume reportado pelo inventário realizado para o efeito, entre outros. Não só, mas também pode levar a má planificação da exploração e pode comprometer a elaboração do plano de manejo. Daí a relevância do estudo.

## **1.1 Objectivos geral**

O presente estudo tem como objectivo geral estabelecer o tamanho ideal da parcela de amostra para a determinação do volume total de madeira e estudar a influência dos diferentes tamanhos de parcela de amostra no desvio padrão na estimativa do volume num inventário florestal.

## **1.2 Objectivos específicos**

São objectivos específicos deste estudo os seguintes:

1. Calcular o volume total e comercial por hectare para toda área de estudo;
2. Verificar se o volume calculado e estimado variam com o aumento do tamanho da parcela de amostra;
3. Observar a tendência dos parâmetros estatísticos de interesse florestal (variância, desvio padrão, erro padrão de estimativa e intervalo de confiança) com o aumento do tamanho de parcela de amostra;
4. Verificar se as variações dos valores de desvio padrão dependem das variações do tamanho da parcela de amostra ou se dependem de outros factores ou ainda se são casuais.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Técnicas de amostragem

#### Amostragem aleatória simples

A técnica de amostragem que permite que cada combinação de unidades amostrais da população tenha a mesma chance de ser seleccionada chama-se amostragem aleatória (Jayaraman, 2000). A amostragem aleatória simples é o método mais simples do resto dos métodos de amostragem existentes (Freese, 1984).

Esta técnica de amostragem é muito aplicável para levantamentos iniciais e para estudos que envolvem amostragem de uma pequena área (população) onde o tamanho de amostra é relativamente pequeno (Jayaraman, 2000). O mesmo autor diz que a irregular distribuição das unidades amostrais usando este método é a principal desvantagem em florestas onde a acessibilidade é pobre e os custos de viagem e de localização das parcelas é elevado.

#### Método de selecção das unidades amostrais

##### *i) Método de lotaria*

Segundo Jayaraman (2000), este método consiste no seguinte:

As unidades dentro da população são enumeradas de 1 a N (onde N é o número total de unidades amostrais da população). Depois as unidades são baralhadas numa urna e seleccionadas uma a uma até atingir o tamanho de amostra (n) desejado (onde n é o número de unidades amostrais da amostra).

Segundo Freese (1984), este processo pode ser feito com ou sem reposição das unidades amostrais seleccionadas. Se a selecção for com reposição, cada unidade pode aparecer mais de uma vez na amostra, de acordo com o número de vezes que for seleccionada. Se for sem reposição, cada unidade amostral aparece apenas uma vez na amostra. De acordo com Freese (1984), geralmente nos inventários florestais usa-se amostragem aleatória sem repetição.

## ii) *Seleccção baseada em tabelas de números aleatórios*

O método anterior mostra ser inconveniente quando o número de unidades amostrais é elevado (Jayaraman, 2000). De acordo com o mesmo autor, para superar esta dificuldade usa-se a tabela de números aleatórios. Esta tabela fôï concebida de tal maneira que os dígitos de 1 a 9 apareçam independentemente dos outros e aproximadamente de igual número de vezes na tabela.

Jayaraman (2000), detalha o processo de seleccção da seguinte maneira: selecciona-se uma amostra aleatória de tamanho  $n$  consistindo em seleccionar as unidades amostrais uma por uma, de 1 a  $N$  na tabela de números aleatórios e depois, tomam-se as unidades correspondentes a esses números.

### **Amostragem sistemática**

Segundo Philip (1984), uma amostragem é designada sistemática quando a primeira unidade amostral é seleccionada aleatoriamente esta determina a seleccção das restantes unidades amostrais. No entanto, Jayaraman (2000) descreve esta técnica de amostragem da seguinte maneira: considera-se primeiro  $K$  como a razão entre  $N$  e  $n$  ( $N/n$ ), então a primeira unidade escolhida aleatoriamente deve estar entre 1 e  $K$ . Depois de seleccionada a primeira unidade, as restantes são obtidas por acrescentar  $K$  à unidade anterior. Portanto, o  $K$  é considerado como intervalo de amostragem.

Philip (1984) descreve as vantagens e desvantagens da amostragem sistemática.

#### i) *Vantagens*

- A distribuição das unidades amostrais seleccionadas é controlada pelo planificador e é regular. Em inventários florestais todas as partes da população são visualizadas e representadas na amostra e a planificação do *layout* das unidades amostrais é simples.
- O *layout* é facilmente compreensível pela equipa do campo e podem localizar e identificar as unidades amostrais de forma simples.
- A informação qualitativa e a adicional pode ser colectada em intervalos regulares durante o levantamento; por exemplo o solo, vegetação rasteira e informação topográfica podem

ser adicionadas ao mapa florestal. A regularidade na distribuição das unidades amostrais facilita a ilustração de tal informação no campo.

- Já que a distribuição das unidades amostrais é regular e todas as partes da população são amostradas, a precisão dos parâmetros é normalmente alta. Mas Segundo Jayaraman (2000), tal facto acontece se o povoamento em estudo não exhibe um regular padrão de variação e se o intervalo de amostragem não coincide com tal padrão de variação.

#### *ii) Desvantagem*

- A precisão é só válida quando o padrão de variação é conhecido.

#### Método de selecção das unidades amostrais

Jayaraman (2000) descreve a selecção de unidades amostrais usada nesta técnica através do seguinte exemplo:

Considere-se uma população com 48 unidades amostrais, e precisa-se de uma amostra de 4 unidades amostrais. Neste caso o  $K$  é igual à 12 que é a divisão de 48 por 4. Se o número aleatório seleccionado entre 1 e 12 for 11, então as unidades amostrais da amostra serão: 11, 23, 35 e 47 (soma de 11 ao número anterior).

#### **Amostragem estratificada**

Para alguns autores como Philip (1984), Freese (1984) e Stellingwerf (1994), a amostragem estratificada pode ser um subgrupo da amostragem aleatória simples assim como da amostragem sistemática, pois que em cada um desses casos pode se fazer estratos. Mas Jayaraman (2000) considera a amostragem estratificada como um caso independente. Segundo o mesmo autor a ideia básica nesta técnica de amostragem é a divisão de uma população heterogénea em subpopulações homogéneas, usualmente conhecidas como estratos.

Em cada estrato as estimativas do valor médio são obtidas com base numa amostra, e a combinação dessas estimativas gera uma estimativa precisa para toda população (Jayaraman, 2000). A amostragem estratificada providencia uma melhor área basal da população que a

amostragem aleatória simples, pode também simplificar a organização do trabalho do campo (Jayaraman, 2000).

O método mais efectivo de estratificação é conduzir um rápido levantamento de reconhecimento na área a fim de estratificar a floresta de acordo com os tipos florestais, densidade da floresta, qualidade do sítio, etc.

### Alocação e selecção de unidades amostrais dentro da população

Assuma-se que a população esteja dividida em  $r$  estratos de  $N_1, N_2, \dots, N_r$  unidades amostrais, respectivamente. O problema de alocação é o de escolha de tamanhos de amostra para cada respectivo estrato (Jayaraman, 2000). Por exemplo, quantas unidades devem ser tomadas de cada estrato sabendo que o tamanho total de amostra é  $n$ ? (Jayaraman, 2000).

Segundo Jayaraman (2000), nestes casos pode se proceder da seguinte maneira: toma-se uma amostra maior do estrato com uma larga variância para que as variações das estimativas da média se torne reduzida. A aplicação deste princípio requer estimativas prévias da variância dentro de cada estrato, isto pode ser feito através de um levantamento prévio (Jayaraman, 2000). Assim que tal informação estiver disponível, a fracção amostral para cada estrato pode ser obtida a partir da proporção do desvio padrão de cada estrato (Jayaraman, 2000).

Em casos de os custos por unidade de levantamento em cada estrato forem conhecidos e variar de estrato para estrato, um eficiente método de alocação para custos mínimos é alocar amostras grandes no estrato onde a amostragem é barata e a variabilidade é alta, mas para aplicar este procedimento é necessário obter informação sobre a variabilidade e os custos de observação em cada estrato (Jayaraman, 2000). Se a informação referente as variâncias relativas dentro de cada estrato e os custos por operação não estão disponíveis, a alocação nos diferentes estratos pode ser feita em proporção ao número de unidades amostrais em cada estrato ou em proporção com a área. Este método é conhecido como alocação proporcional (Jayaraman, 2000).

Segundo Jayaraman (2000), na selecção de unidades dentro do estrato, em geral, qualquer método que é baseado na probabilidade de selecção de unidades amostrais pode ser adoptado, mas a selecção pode ser independente em cada estrato. Se a amostragem aleatória independente é

adoptada para cada estrato, o procedimento chama-se amostragem estratificada aleatória. Outros métodos de selecção de amostras como a amostragem sistemática podem ser adoptados dentro dos diferentes estratos (Jayaraman, 2000).

Segundo Freese (1984) e de Vries (1986) este método tem a vantagem de providenciar estimativas separadas da média e da variância de cada estrato. A outra vantagem segundo os mesmos autores é que para uma dada intensidade de amostragem, este método geralmente dá estimativas mais precisas dos parâmetros da população do que daria a amostragem aleatória simples para uma amostra do mesmo tamanho.

## **2.2 Razões de amostragem em inventário florestal**

Existem várias razões pelas quais a amostragem é preferida que um censo a cem por cento da população total. Em primeiro lugar o censo completo pode ser impossível e pode também fornecer informação não viável (Freese, 1984 e Stellingwerf, 1994).

A amostragem irá frequentemente fornecer informação essencial a custo baixo que um inventário completo em toda área. Essa informação pode ser mais segura e confiável que a de um inventário completo (Freese, 1984). Há várias razões que fazem com que isso seja verdade:

Com poucas observações e muito tempo disponível, a medição dos indivíduos da amostra será feita com mais cuidado. Segundo Freese (1984), os fundos economizados pela realização de um inventário florestal em amostras em comparação com um inventário total podem ser usados para a aquisição de melhor equipamento e para treinamento da equipe técnica do campo.

Já que dados de uma amostra podem ser colectados e processados em fracção de tempo que seria necessário para dados de um censo completo, a informação obtida de amostras é mais oportuna e atempada (Freese, 1984).

### 2.3 Variância e desvio padrão num inventário florestal

Numa floresta, os diâmetros dos indivíduos irão mostrar variações. Alguns serão maiores, outros menores e outros mais próximos à média. Portanto, é óbvio e claro que mais observações serão necessárias para obter estimativas confiáveis de diâmetros numa floresta em que estes variam de 2 a 30 cm que numa outra em que os diâmetros variam de 10 a 12 cm (Freese, 1984). Logo, muitas observações são necessárias numa floresta tropical, devido à sua heterogeneidade, variabilidade, riqueza e diversidade de espécies, o que Segundo Whitmore (1990) e Lamprecht (1990), leva a uma grande variação entre indivíduos. Tal facto torna-se mais acentuado pelo facto de as florestas tropicais serem compostas por povoamentos nativos e portanto, multiâneos e mistos (Ribeiro *et al.*, 2002).

A variância, então, mede a dispersão dos valores individuais em relação ao valor médio de uma população e uma elevada variância indica uma grande dispersão e uma menor indica uma pequena dispersão (Freese, 1984). A variância é um parâmetro característico da população.

As fórmulas de variância para as diferentes técnicas de amostragem encontram-se no anexo 12.

### 2.4 Erro padrão de estimativa e intervalo de confiança

Assim como as unidades individuais variam dentro de uma população, estimativas baseadas em amostras são sujeitas à variações. Por exemplo, o volume médio de um povoamento florestal estimado de uma amostra de 30 árvores será raramente igual (se não nunca) à média que seria obtida da estimativa usando uma outra amostra de 30 árvores. Uma estimativa pode ser mais próxima ao volume real, outra pode estar ligeiramente acima, outra ainda muito a baixo do real. As estimativas variam porque diferentes unidades individuais são observadas em diferentes amostras (Freese, 1984 e de Vries, 1986).

Obviamente, que é necessário ter uma indicação de quanta variação pode ser esperada entre as estimativas das amostras. Uma estimativa de volume médio de um povoamento que varia entre 11 a 12 m<sup>3</sup>/ha é mais confiável do que o volume que varia de 6 a 18 m<sup>3</sup>/ha, porque no primeiro caso o intervalo é mais estreito (Freese, 1984). O procedimento estatístico para indicar a confiabilidade de uma estimativa de uma amostra chama-se intervalo de confiança. Intervalos de confiança estreitos são mais confiáveis que os intervalos de confiança largos e fornecem

informação mais precisa e exacta. É por exemplo, mais provável ter a ideia certa do volume existente numa floresta quando o intervalo de confiança do volume médio é estreito, facilitando assim a planificação das actividades de exploração. Intervalos de confiança largos podem conduzir a sobreexploração ou subexploração da floresta, dado que neste caso é difícil ter a ideia do volume real presente na floresta (Freese, 1984).

Dado o erro padrão, é possível estabelecer os limites inferior e superior do intervalo de confiança que sugere o quanto próximo estamos do parâmetro a ser medido. Dados os limites de confiança sabe-se que o valor do parâmetro a medir encontra-se dentro do intervalo estabelecido.

As fórmulas do erro padrão para as diferentes técnicas de amostragem encontram-se no anexo 12.

## 2.5 Tamanho e forma da parcela de amostragem

A pergunta "*que tamanho de amostra é necessário*" não pode ser respondida mas, a pergunta "*que tamanho de amostra é necessário a fim de obter certos resultados com uma preestabelecida precisão, nível de confiança e erro*" pode ser respondida (de Vries, 1986). Isto quer dizer que o tamanho da amostra influencia na precisão, no erro de estimativa e no nível de confiança. De acordo com Freese (1978) e Freese (1984), o número de observações necessárias dependerá da precisão desejada, da variabilidade da população amostrada, o que obviamente influenciará no tamanho da amostra. Muitas observações requerem uma maior amostra.

Tendo o mesmo número de parcelas de amostra de diferentes tamanhos aleatorizadas numa mesma área, implicará que teremos uma maior intensidade de amostragem no caso em que temos parcelas maiores. Como lembra Boon (1962), maior intensidade leva a maior exactidão, maior precisão e confiança nos resultados estimados. Portanto, parcelas maiores são necessárias quando maior confiança é requerida para os resultados. Isto é válido quando o número de parcelas de tamanhos diferentes é o mesmo na mesma população.

Do outro lado é sabido que as amostras custam dinheiro e os erros também. Embora, parcelas maiores mostrem ser ideais para a estimativa dos parâmetros da população, são sujeitas a erros de medição como a omissão involuntária de indivíduos durante a medição e dupla contagem de outros, para além de serem mais caras e portanto necessitarem de mais fundos que são escassos, e também necessitam de mais tempo (Freese, 1984). As parcelas menores são mais eficientes nesse

sentido mas podem levar a sobrestimativa. A pergunta que geralmente tem se colocado é: *qual melhor tamanho da parcela?* Não existe melhor tamanho, o necessário é um tamanho que dê resultados confiáveis e economize os custos: tamanho ótimo.

Boon (1962) conclui que em geral amostras pequenas podem resultar em sobrestimativa da exactidão final. Então, o juízo de que parcelas pequenas são mais eficientes que as largas não é justificado. Isto é: a eficiência das parcelas pequenas não se justifica perante a perda de exactidão e confiança dos resultados a que elas podem estar sujeitas. O mesmo autor acrescenta que particularmente em florestas tropicais que têm uma pronunciada heterogeneidade em composição de espécies, esse facto deve ser considerado.

Segundo Philip (1984) as formas de parcela de amostra mais usadas para inventários são as rectangulares, quadradas e circulares. Segundo o mesmo autor, a forma da parcela não influi na confiabilidade dos resultados, mas sim na eficiência do inventário. As parcelas rectangulares são mais eficientes que as quadradas porque as rectangulares apresentam um maior perímetro (Philip, 1984).

Segundo Philip (1984), as parcelas circulares são fáceis de demarcar em florestas abertas com pouca vegetação rasteira ou com poucos arbustos, também recomenda as parcelas circulares para as plantações em que há um compasso definido. Recomenda-se também o uso de parcelas circulares em locais inclinados.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Descrição da área de estudo

O estudo foi levado a cabo no distrito de Matutuíne, localidade de Salamanga na floresta comunitária de Madjadjane, cuja área total é 7150 ha. Localiza-se entre o Rio Futi e o Rio Maputo na zona tampão da Reserva Especial de Maputo (IUCN, 2002). A norte encontra-se Massoane, a sul Zitundo, a oeste Rio Maputo e a este o Rio Futi.

A floresta já foi explorada para produção de madeira serrada de *Azelia quanzensis* (chanfuta), *Spirostachys africana* (sândalo) e *Balanites maugamii* (nulo). Também já sofreu pressão devido a procura de lenha e carvão. Segundo IUCN (2002) a área tem um bom potencial agro-pecuário, o que leva com que se pratique na região a agricultura de subsistência em sistemas de rotação e pousio. Possuindo, portanto, áreas abandonadas depois de alguns anos de uso.

Segundo IUCN (2002) a área possui uma vegetação predominante de matagal alto. Mas possui também pradaria, pradaria arborizada, vegetação arbustiva, floresta aberta, floresta mediamente densa de baixa altitude e áreas agrícolas. Encontra-se também floresta densa em pequenas proporções. São predominantes, principalmente no matagal alto, indivíduos dos géneros *Terminalia* e *Acacia*. Segundo Soto & Chongo (2002) a regeneração natural é fraca nos diferentes tipos florestais, provavelmente devido a ocorrência de incêndios.

Segundo IUCN (2002), a actual rede de estradas é relativamente densa, mas em condições precárias, incluindo a estrada nacional número 203 que liga Bela Vista com a praia de Ponta d'Óuro. A rede interna de picadas e caminhos de acesso é demasiada densa considerando que a área é tampão à reserva. Entretanto muitas destas picadas são transitáveis com viaturas de tracção às quatro rodas. Mesmo na parte mais conservadora da floresta existem picadas relacionadas com actividades de exploração de carvão e de madeira de *Azelia quanzensis* (chanfuta) e outras.

Ainda segundo o mesmo autor, as principais actividades económicas são: agricultura de subsistência, exploração florestal, caça e pesca. Devido à influência da reserva de Maputo, a

exploração de mel e mesmo de lenha e carvão são sempre feitas clandestinamente. As principais culturas são: o milho, a mandioca, o feijão nhemba, a batata-doce, hortícolas e cana doce nas zonas baixas.

### 3.2 Materiais

O estudo foi levado à cabo com auxílio do seguinte material:

- Dois GPSs e uma bússola para a localização da área de estudo e das parcelas de amostra,
- Quatro mapas de distribuição das parcelas na área de estudo para auxiliar a localização das parcelas de amostra,
- Dois hipsómetro para medição de alturas,
- Duas sutas para medição de DAPs,
- Duas fita métricas e quatro cordas para a delimitação das parcelas,
- Giz marcador para sinalização das árvores inventariadas.

### 3.3 Métodos

Foram desenhados cinco diferentes tamanhos de parcela de amostra de forma rectangular. Parcela A com 0,35 ha (175 m x 20 m), parcela B com 0,25 ha (125 m x 20 m), parcela C com 0,2 ha (100 m x 20 m), parcela D com 0,15 ha (75 m x 20 m) e parcela E com 0,1 ha (50 m x 20 m). Estava planificado que se fizessem 27 parcelas por cada tamanho, no entanto algumas parcelas caíram em local onde segundo alguns membros da comunidade, era cemitério de régulos nos tempos passados, o que fez com que se considerassem apenas 26 parcelas por cada tamanho. Assim, as intensidades de amostra para os tamanhos A, B, C, D e E foram: 0,88%, 0,63%, 0,50%, 0,35% e 0,25%, calculados a partir da divisão do tamanho de amostra (n) pelo tamanho da população (N) e multiplicado por cem.

Com o auxílio de mapas de Saket (1995) da floresta em causa fez-se a delimitação da área de estudo e a produção de um mapa da área de estudo (anexo 4). Dentro dos 7140 ha da floresta comunitária de Madjadjane foi delimitada a área de estudo de aproximadamente 1033 ha que foi medida com ajuda dos mapas da área de estudo usando o programa GIS. Usando a amostragem

aleatório simples as parcelas foram aleatorizadas no mapa da área de estudo de tal maneira que com um erro de 300 m as parcelas não caíssem fora da área de estudo. As coordenadas de cada ponto da parcela foram extraídas e lançadas no GPS (anexo 2).

Segundo o mapa de Saket (1995) a área de estudo delimitada possui quatro tipos florestais, nomeadamente floresta fechada (LF1), floresta mediamente densa (LF2), floresta aberta (LF3) e pradaria arborizada (WG) com áreas de 307,765 ha, 441,289 ha, 274,318 ha e 9,410 ha respectivamente, perfazendo assim uma área total de 1032,782 ha. As características dos tipos florestais encontradas na área de estudos encontram-se na tabela 1.

Tabela 1: Características dos tipos florestais encontrados na área de estudo

Tipos florestais	Características
LF1 (floresta fechada)	Vegetação caracterizada por dosses múltiplos, frequentemente com trepadeiras unidas às copas das árvores. A cobertura das copas do estrato superior está acima dos 75%. A camada herbácea encontra-se pouco desenvolvida, às vezes ausente.
LF2 (floresta mediamente densa)	Vegetação composta por dois ou três estratos. A cobertura da copa dos estratos dominantes varia de 50 a 75%. Está geralmente frequente um estrato arbustivo.
LF3 (floresta aberta)	A cobertura do estrato superior está entre os 25 aos 50%. É geralmente composta por um ou dois estratos arbóreos associados a gramíneas.
Pradaria arborizada (WG)	A cobertura de copas é de aproximadamente 10%. Estrato superior pode ser subarbóreo, arbustivo até subarbustivo. Estrato graminoso ou herbácea mais baixo e espaçado.

Fonte: Saket (1994)

Para a colecta de dados foram necessários dois chefes de equipa que também exerceram as funções de medidor de alturas, dois medidores de DAPs, dois guias que também exerceram funções de identificadores de espécies.

A localização das parcelas fez-se com ajuda de GPSs, nos quais as coordenadas geográficas foram lançadas previamente e uma bússola. Em cada parcela foram medidos os DAPs e as alturas

comerciais e totais para todos indivíduos com DAP maior ou igual a 10 cm. As árvores no limite da parcela com 50% ou mais da sua base dentro da parcela foram consideradas. Todas árvores medidas foram marcadas com o giz marcador para evitar a omissão ou dupla contagem das árvores.

As árvores com a bifurcação abaixo do DAP foram consideradas dois caules, e um caule se a bifurcação estivesse acima do DAP. As árvores que foram encontradas com irregularidade no DAP a medição efectuou-se logo acima da irregularidade. Para diâmetros de caules não circulares foram tomados dois DAPs e o DAP real achou-se da média aritmética dos dois medidos.

Mediu-se com ajuda de cronómetros o tempo efectivo necessário para inventariar cada parcela de amostra dos diferentes tamanhos desenhados. Considerou-se o tempo desde a medição da primeira árvore até à última. Em casos de pausas por alguma eventualidade parava-se o cronómetro. Portanto, não foi contabilizado o tempo necessário para localizar, estabelecer e dimensionar a parcela, assim como não foi contabilizado o tempo perdido devido á separação entre parcelas para pontos consecutivos.

### 3.3.1 Método de cálculo dos resultados

O cálculo dos resultados foi feito para cada tamanho de parcela de amostra obedecendo os seguintes passos e fórmulas de acordo com Freese (1984) e Philip (1984) para a amostragem aleatória simples:

$$\text{Volume individual (Comercial ou total): } V_i = \frac{1}{4} \Pi(DAP)^2 * h * f \quad (1)$$

$$\text{Volume por parcela: } V_p = \sum_{i=1}^n V_i \quad (2)$$

$$\text{Volume médio por parcela (m}^3\text{/tp): } \bar{V}_p = \frac{\sum_{p=1}^n V_p}{n} \quad (3)$$

$$\text{Variância entre parcelas: } S^2 = \frac{\sum_{p=1}^n (\bar{V}_p)^2 - \left( \sum_{p=1}^n \bar{V}_p \right)^2}{n-1} \quad (4)$$

$$\text{Desvio padrão: } S = \sqrt{S^2} \quad (5)$$

$$\text{Volume médio por hectare (m}^3\text{/ha): } \overline{V}_{ha} = \frac{\overline{V}_p}{A_p} \quad (6)$$

$$\text{Volume total da área de estudo: } V_T = \overline{V}_{ha} * A_T \text{ ou } V_T = \overline{V}_p * N_p \quad (7)$$

$$\text{Erro padrão do volume médio por parcela: } S_{\overline{y}} = \sqrt{\frac{S^2}{n}} \quad (8)$$

$$\text{Erro de amostragem (m}^3\text{/tp): } E = t * S_{\overline{y}} \text{ ou } E = \frac{t * S}{\sqrt{n}} \quad (9)$$

$$\text{Erro de amostragem (m}^3\text{/ha): } E = t * S_{\overline{y}} * n_{ha} \text{ ou } E = \frac{t * S * n_{ha}}{\sqrt{n}} \quad (10)$$

$$\text{Intervalo de confiança do volume médio/hectare: } \overline{V}_{ha} - t * n_{ha} * S_{\overline{y}} \text{ à } \overline{V}_{ha} + t * n_{ha} * S_{\overline{y}} \quad (11)$$

$$\text{Intervalo de confiança do volume total estimado: } V_T - t * N_p * S_{\overline{y}} \text{ à } V_T + t * N_p * S_{\overline{y}} \quad (12)$$

Onde:

$h$  = altura das arvores, que pode ser total ou comercial

$f$  = factor de forma,

$n$  = número de parcelas amostradas por cada tamanho de parcela de amostra,

$A_p$  = área da parcela (ha),

$A_T$  = área total de estudo,

$n_{ha}$  = número de parcelas por hectare,

$t$  = teste de student à nível de significância de 5% e a (n-1) graus de liberdade,

$N_p$  = número total de parcelas na área de estudo.

Os factores de forma usados foram 0,7 para o volume total e 0,8 para o volume comercial baseado-se em Malleux (1980) e Pinto (1995).

### 3.3.2 Método de análise dos resultados

Depois dos resultados dos cálculos, fez-se a comparação dos desvios padrão, os volumes relativos, os volumes comerciais e totais estimados e dos intervalos de confiança dos volumes para os cinco tamanhos de parcela de amostra. Verificou-se a tendência do desvio padrão com o aumento do tamanho da parcela de amostra.

Fez-se a análise de variância e o teste DMS à níveis de significância de 5% para o volume comercial e volume total, ambos em  $m^3/tp$  e  $m^3/ha$  e para o tempo, para testar se os diferentes tamanhos de parcela de amostra diferem entre si em termos de tempo necessário para inventariá-las e em termos das estimativas e valores dos parâmetros estatísticos por eles produzidos. Fez-se a análise de correlação usando o modelo de regressão simples para testar se existe uma relação funcional entre o tamanho da parcela de amostra e o desvio padrão. Em seguida fez-se o teste de Fisher a nível de significância de 5% para testar se tal relação entre tamanho de parcela de amostra e o desvio padrão é significativa.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Resultados

De acordo com o anexo 11, que dá os resultados estatísticos obtidos para cada tamanho de parcela de amostra e de acordo com as tabelas 2 e 3, a variância em  $m^3/tp$ , o desvio padrão em  $m^3/tp$  e erro padrão em  $m^3/tp$  do volume total e do volume comercial aumentam com o aumento do tamanho da parcela de amostra. Volume comercial refere-se ao volume desde a base até a primeira bifurcação para todos indivíduos medidos.

Tabela 2: Relação entre o tamanho da parcela, a média do volume total ( $m^3/tp$ ), variância ( $m^3/tp$ ), desvio padrão ( $m^3/tp$ ), erro padrão ( $m^3/tp$ ) e o coeficiente de variação (%)

Tamanhos de parcela (ha)	N.º de parcelas	Volume médio ( $m^3/tp$ )	Variância ( $m^3/tp$ )	Desvio padrão ( $m^3/tp$ )	Erro padrão ( $m^3/tp$ )	C.V (%)
A (0,35 ha)	26	32,6890	294,6963	17,1667	3,3667	52,5153
B (0,25 ha)	26	18,9321	179,9483	13,4145	2,6308	70,8558
C (0,20 ha)	26	18,4073	163,0119	12,7676	2,5039	69,3616
D (0,15 ha)	26	13,8149	158,3442	12,5835	2,4678	91,0864

Tabela 3: Relação entre o tamanho da parcela, a média do volume comercial ( $m^3/tp$ ), variância ( $m^3/tp$ ), desvio padrão ( $m^3/tp$ ), erro padrão ( $m^3/tp$ ) e o coeficiente de variação (%)

Tamanhos de parcela (ha)	N.º de parcelas	Volume médio ( $m^3/tp$ )	Variância ( $m^3/tp$ )	Desvio padrão ( $m^3/tp$ )	Erro padrão ( $m^3/tp$ )	C.V (%)
A (0,35 ha)	26	9,6065	16,1440	4,0180	0,7879	41,8253
B (0,25 ha)	26	5,6989	11,5972	3,4055	0,6678	59,7566
C (0,20 ha)	26	5,4329	9,7842	3,1280	0,6134	57,5742
D (0,15 ha)	26	4,1271	9,1981	3,0328	0,5948	73,4851

A tabela 4, mostra o número médio de espécies encontradas em cada tamanho de parcela de amostra. A tabela ilustra que o número de espécies aumenta com o aumento do tamanho da parcela.

Tabela 4: Número de espécies por tamanho de parcela de amostra

Tamanho da parcela (ha)	E (0,10)	D (0,15)	C (0,20)	B (0,25)	A (0,35)
Número médio de espécies por tamanho de parcela	6	8	10	11	14

Ao contrário do que aconteceu nas tabelas 2 e 3, as tabelas 5 e 6, mostram que a variância e o desvio padrão, ambos em  $m^3/ha$ , diminuem com o aumento do tamanho da parcela de amostra. Verifica-se também que os volumes em  $m^3/ha$  mantêm-se estáveis para todos tamanhos de parcela de amostra. O erro padrão em  $m^3/ha$  também diminui com o aumento do tamanho da parcela.

Tabela 5: Relação entre o tamanho da parcela, a média do volume total ( $m^3/ha$ ), variância ( $m^3/ha$ ), desvio padrão ( $m^3/ha$ ), erro padrão ( $m^3/ha$ ) e o coeficiente de variação (%)

Tamanhos de parcela (ha)	N.º de parcelas	Volume médio ( $m^3/ha$ )	Variância ( $m^3/ha$ )	Desvio padrão ( $m^3/ha$ )	Erro padrão ( $m^3/ha$ )	C.V.(%)
A (0,35 ha)	2	92,3971	2405,6839	49,0478	9,6191	52,5153
B (0,25 ha)	2	75,7283	2879,1725	53,6579	10,5232	70,8558
C (0,20 ha)	2	92,0366	4075,2965	63,8380	12,5197	69,3616
D (0,15 ha)	2	92,0993	7037,5205	83,8899	16,4521	91,0864

Tabela 6: Relação entre o tamanho da parcela, a média do volume comercial ( $m^3/ha$ ), variância ( $m^3/ha$ ), desvio padrão ( $m^3/ha$ ), erro padrão ( $m^3/ha$ ) e o coeficiente de variação (%)

Tamanhos de parcela (ha)	N.º de parcelas	Volume médio ( $m^3/ha$ )	Variância ( $m^3/ha$ )	Desvio padrão ( $m^3/ha$ )	Erro padrão ( $m^3/ha$ )	C.V.(%)
A (0,35 ha)	26	27,4472	131,7876	11,4799	2,2514	41,8253
B (0,25 ha)	26	22,7956	185,5548	13,6219	2,6715	59,7566
C (0,20 ha)	26	27,1647	244,6051	15,6399	3,0872	57,5742
D (0,15 ha)	26	27,5142	408,8026	20,2189	3,9652	73,4851

A figura 1 mostra a relação entre o tamanho da parcela de amostra e a variância em  $m^3/ha$ . Verifica-se que a variância decresce com o aumento do tamanho da parcela de amostra.

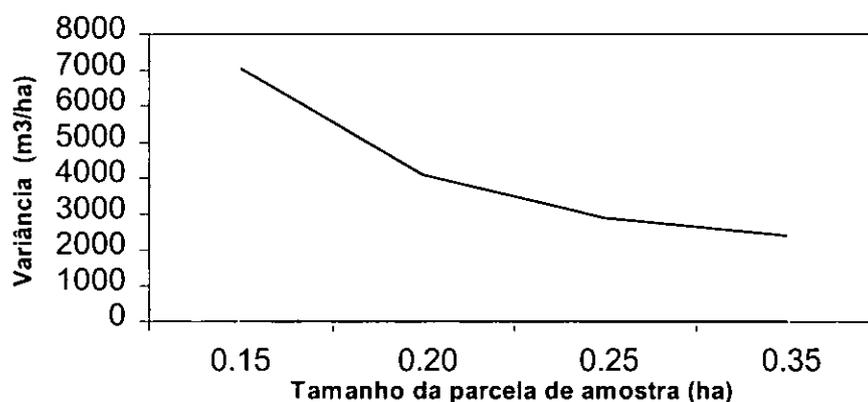


Figura 1: Relação entre o tamanho da parcela e a variância (para o presente estudo)

A tabela 7 refere-se á relação entre o tamanho de parcela de amostra e o erro de amostragem; para o volume total e o volume comercial, mostrando assim que o erro de amostragem diminui com o aumento do tamanho da parcela de amostra.

Tabela 7: Relação entre o tamanho de parcela de amostra e o erro de amostragem em (m<sup>3</sup>/ha)

Tamanho de parcela (ha)	Volume total	Volume comercial
	Erro de amostragem (m <sup>3</sup> /ha)	Erro de amostragem (m <sup>3</sup> /ha)
A (0,35)	19,8153	4,6378
B (0,25)	21,6777	5,5033
C (0,15)	25,7906	6,3596
D (0,10)	33,8913	8,1683

A tabela 8 estabelece a relação entre o tamanho de parcela de amostra e o intervalo de confiança, de tal maneira que o intervalo de confiança torna-se mais estreito com o aumento do tamanho da parcela de amostra.

Tabela 8: Relação entre os tamanhos de parcela de amostra e o intervalo de confiança

Tamanho da parcela (ha)	Intervalo de confiança			
	Volume total (m <sup>3</sup> /ha)		Volume comercial (m <sup>3</sup> /ha)	
	Limite inferior	Limite superior	Limite inferior	Limite superior
A (0,35ha)	72,308	111,9390	22,699	31,9747
B (0,25 ha)	54,050	97,4061	17,292	28,2988
C (0,20 ha)	66,366	117,899	20,846	33,4832
D (0,15 ha)	58,209	125,991	19,345	35,6827

As tabelas 9 e 10 referem-se aos resultados de análise de correlação entre as variáveis tamanho de parcela de amostra e desvio padrão usando o modelo de regressão simples.

Tabela 9: Análise de correlação entre o tamanho de parcela e o desvio padrão do volume total em m<sup>3</sup>/ha

R <sup>2</sup> (Coeficiente de determinação)	r (Coeficiente de correlação)	Equação de regressão	F calculado	F crítico
0,799978	0,894415	$Y=101,1045 - 162,0887*X$	11,1234	10,13

Tabela 10: Análise de correlação entre o tamanho de parcela e o desvio padrão do volume comercial em m<sup>3</sup>/ha

R <sup>2</sup> (Coeficiente de determinação)	r (Coeficiente de correlação)	Equação de regressão	F calculado	F crítico
0,8759	0,9359	$Y = 24,9427 - 40,85503 * X$	14,11713	10,13

As tabelas 11 até 19 referem-se à análise de variância e de teste de DMS, ambos à nível de significância de 5%, para o volume total por parcela em m<sup>3</sup>/tp e m<sup>3</sup>/ha, considerando os cinco tamanhos de parcela de amostra como tratamentos e as 26 parcelas para cada tamanho como repetições. Portanto, cinco tratamentos com 26 repetições cada. Considerou-se que a hipótese nula é a seguinte:  $\mu_A = \mu_B = \mu_C = \mu_D = \mu_E$ , o que quer dizer que não há diferenças significativas entre os volumes médios obtidos dos diferentes tamanhos de parcelas de amostra.

Segundo a análise de variância na tabela 11, à nível de significância de 5% ( $F_{\text{calculado}} = 15,9990$ ;  $P = 0,0000$ ; GL (4;125)), o valor de probabilidade obtido é menor que o nível de significância no qual se fez o teste, o que quer dizer que a probabilidade da hipótese nula ser verdadeira é muito baixa, tendo sido rejeitada, logo, há diferenças significativas entre os diferentes tamanhos de parcela de amostra em termos da média do volume total. O teste de DMS diz que tais diferenças são significativas para os diferentes pares de tamanhos, excepto para os pares B e C; B e D e C e D (tabela 12). Estes mostraram diferenças não significativas.

Tabela 11 : Análise de variância (ANOVA) à nível de significância de 5% para a média do volume total por parcela em m<sup>3</sup>/tp

Fonte de variação	Soma dos quadrados	GL.	Quadrado médio	F calculado	Valor de P
Tratamento	10322,795	4	2580,6988	15,9990	0,000
Erro	20162,907	125	161,3033		
Total	30485,702	129			

Tabela 12: Teste DMS à nível de significância de 5% para a média do volume total por tamanho de parcela em m<sup>3</sup>/tp

Comparação entre tamanhos de parcela	Diferença entre médias	DMS	Conclusão
A-B	13,7569	6,9041	Diferenças significativas*
A-C	14,2817	6,9041	Diferenças significativas*
A-D	18,8741	6,9041	Diferenças significativas*
A-E	27,4516	6,9041	Diferenças significativas*
B-C	0,5248	6,9041	Diferenças não significativas
B-D	5,1172	6,9041	Diferenças não significativas
B-E	13,6947	6,9041	Diferenças significativas*
C-D	4,5924	6,9041	Diferenças não significativas
C-E	13,1699	6,9041	Diferenças significativas*
D-E	8,5775	6,9041	Diferenças significativas*

Conclusões idênticas (para os resultados:  $F_{\text{calculado}} = 23,4203$ ,  $P = 0,0000$ , GL (4;125)) foram tiradas para a análise de variância (tabela 13) e o teste DMS para o volume comercial por cada tamanho de parcela. Portanto, o valor de probabilidade obtido é menor que o nível de significância no qual se fez o teste, o que quer dizer que a probabilidade da hipótese nula ser verdadeira é menor, tendo sido rejeitada, logo, há diferenças significativas entre os diferentes tamanhos de parcela de amostra em termos da média do volume comercial. E o teste de DMS diz que tais diferenças são significativas para os diferentes pares de tamanhos, excepto para os pares B e C; B e D e C e D (tabela 14). Estes mostraram diferenças não significativas.

Tabela 13: Análise de variância (ANOVA) à nível de significância de 5% para a média do volume comercial por tamanho de parcela em m<sup>3</sup>/tp

Fonte de variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado médio	F calculado	Valor de P
Tratamento	896,6113	4	224,1528	23,420	0,0000
Erro	1196,3601	125	9,5709		
Total	2092,9714	129			

Tabela 14: Teste DMS à nível de significância de 5% para a média do volume comercial por tamanho de parcela em m<sup>3</sup>/tp

Comparação entre tamanhos de parcela	Diferença entre médias	DMS	Conclusão
A-B	3,9076	1,6817	Diferenças significativas*
A-C	4,1736	1,6817	Diferenças significativas*
A-D	5,4794	1,6817	Diferenças significativas*
A-E	8,0999	1,6817	Diferenças significativas*
B-C	0,2660	1,6817	Diferenças não significativas
B-D	1,5718	1,6817	Diferenças não significativas
B-E	4,1923	1,6817	Diferenças significativas*
C-D	1,3058	1,6817	Diferenças não significativas
C-E	3,9263	1,6817	Diferenças significativas*
D-E	2,6205	1,6817	Diferenças significativas*

Do teste da tabela 15 à nível de significância de 5% (ANOVA:  $F_{\text{calculado}} = 2,3204$ ,  $P = 0,0605$ , GL (4;125)), feitos para o volume por parcela em m<sup>3</sup>/ha mostra que o valor de probabilidade obtido é maior que o nível de significância no qual se fez o teste, o que quer dizer que a probabilidade da hipótese nula ser verdadeira é maior, tendo sido aceite, logo, não há diferenças significativas entre os volumes totais relativos para cada tamanho de parcela.

Tabela 15: Análise de variância (ANOVA) à nível de significância de 5% para a média do volume total por tamanho de parcela em m<sup>3</sup>/ha

Fonte de variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado médio	$F_{\text{calculado}}$	Valor de P
Tratamento	32391,893	4	8097,9733	2,3204	0,0605
Erro	436231,032	125	3489,8483		
Total	468622,925	129			

Todavia, a tabela 16 (ANOVA:  $F_{\text{calculado}} = 3,4637$ ,  $P = 0,0101$ ; GL (4;125)), mostra que há diferenças significativas entre as médias dos volumes comerciais em m<sup>3</sup>/ha dos diferentes tamanhos de parcela, uma vez que o valor de probabilidade obtido é menor que o nível de significância no qual se fez o teste, o que levou a se rejeitar a hipótese nula, no entanto, segundo o teste DMS na tabela 17, tais diferenças significativas foram achadas apenas para os pares de tamanhos: A e E, C e E e D e E.

Tabela 16: Análise de variância (ANOVA) á nível de significância de 5% para a média do volume comercial por tamanho de parcela em m<sup>3</sup>/ha

Fonte de variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado médio	F calculado	Valor de P
Tratamento	3003,3114	4	750,8279	3,4637	0,010
Erro	27096,1995	125	216,7696		
Total	30099,5109	129			

Tabela 17: Teste DMS à nível de significância de 5% para a média do volume comercial por tamanho de parcela em m<sup>3</sup>/ha

Comparação entre tamanhos de parcela	Diferença entre médias	DMS	Conclusão
A-B	4,6517	8,0036	Diferenças não significativas
A-C	0,2825	8,0036	Diferenças não significativas
A-D	0,0670	8,0036	Diferenças não significativas
A-E	12,3810	8,0036	Diferenças significativas*
B-C	4,3691	8,0036	Diferenças não significativas
B-D	4,7187	8,0036	Diferenças não significativas
B-E	7,7294	8,0036	Diferenças não significativas
C-D	0,3495	8,0036	Diferenças não significativas
C-E	12,0985	8,0036	Diferenças significativas*
D-E	12,4480	8,0036	Diferenças significativas*

O tempo efectivo total gasto para inventariar cada tamanho de parcela aumenta com o aumento das mesmas, de tal maneira que para maiores tamanhos mais tempo foi necessário. O tempo efectivo total gasto para medir as parcelas de tamanhos 0,1; 0,15; 0,2; 0,25 e 0,35 ha foram: 2,8; 4,7; 6,38; 7,5 e 11 horas, respectivamente. E os tempos médios por parcela para cada tamanho acima referido foram: 6,5; 10,86; 14,73; 17,35 e 25,173 minutos, respectivamente.

Os resultados da tabela 18 referem-se a análise de variância à nível de significância de 5% ( $F_{\text{calculado}} = 40,102$ ,  $P = 0,0000$ , GL (4;125)) e teste DMS ao mesmo nível de significância e mostram que o valor de probabilidade obtido é menor que o nível de significância no qual se fez o teste, sugerindo que há diferenças significativas entre os diferentes tamanhos de parcela de amostra no que diz respeito ao tempo médio necessário para efectuar medições em cada uma delas. Segundo o teste DMS na tabela 19, estas diferenças de tempo necessário para inventariar cada tamanho são significativas, excepto para o par de tamanho B e C, com tempos efectivos de 7,5 e 6,38 horas, respectivamente.

Tabela 18: Análise de variância (ANOVA) à nível de significância de 5% para o tempo médio em minutos necessário para inventariar cada tamanho de parcela de amostra

Fonte de variação	Soma dos quadrados	GL	Quadrado médio	F calculado	Valor de P
Tratamento	5166,411538	4	1291,60288	40,102	0,000
Erro	4025,990385	125	32,2079231		
Total	9192,401923	129			

Tabela 19: Teste DMS à nível de significância de 5% para o tempo médio (em minutos) por tamanho de parcela

Comparação entre tamanhos de parcela	Diferença entre médias	DMS	Conclusão
A-B	7,8269	3,0851	Diferenças significativas*
A-C	10,4423	3,0851	Diferenças significativas*
A-D	14,3077	3,0851	Diferenças significativas*
A-E	18,6923	3,0851	Diferenças significativas*
B-C	2,6154	3,0851	Diferenças não significativas
B-D	6,4808	3,0851	Diferenças significativas*
B-E	10,8654	3,0851	Diferenças significativas*
C-D	3,8654	3,0851	Diferenças significativas*
C-E	8,2500	3,0851	Diferenças significativas*
D-E	4,3846	3,0851	Diferenças significativas*

Para estabelecer o tamanho ideal da parcela de amostra, que dê resultados confiáveis ao mesmo tempo que racionaliza os custos, construíram-se o gráfico da relação entre o tamanho da parcela de amostra, desvio padrão e o tempo médio (figura 2) e o gráfico da relação entre o tamanho da parcela de amostra, intervalo de confiança e o tempo médio (figura 3).

Para a figura 2, verifica-se o decréscimo da curva do desvio padrão com o crescimento da curva do tamanho de parcela de amostra.

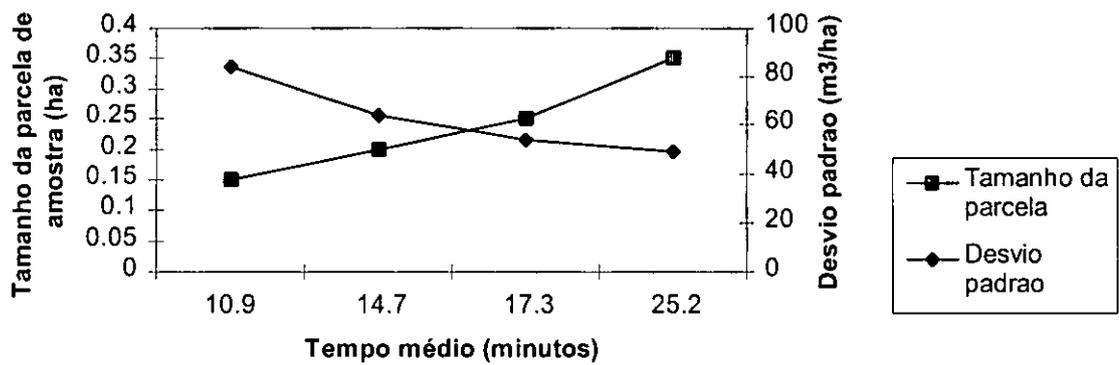


Figura 2: Relação entre o tamanho da parcela, o tempo médio e o desvio padrão

Para a figura 3, observa-se também que a curva do intervalo de confiança decresce com o crescimento da curva do tamanho de parcela de amostra.

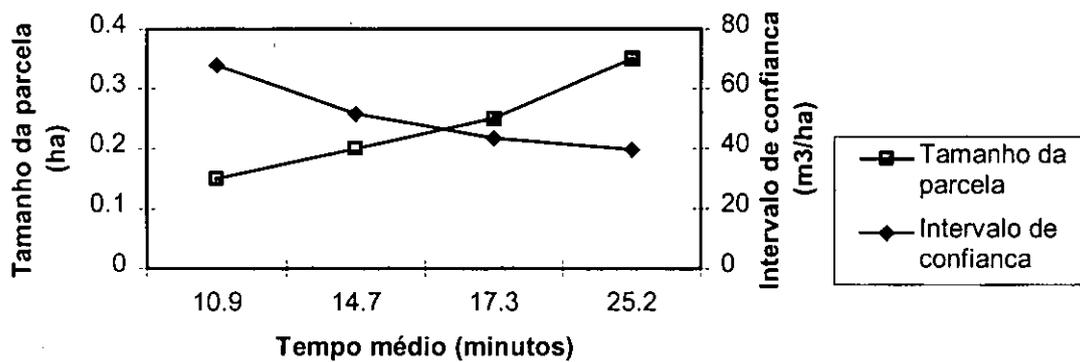


Figura 3: Relação entre o tamanho da parcela, o intervalo de confiança e o tempo médio

## 4.2 Discussão

O tamanho de parcela E (0,1 ha) mostra nos seus resultados muitas deturpações, não obedece a ordem das restantes parcelas nas estimativas por esta geradas. Esta deturpação pode ter sido devida à sua reduzida área para o povoamento em causa. O que levou com que não fosse representativa conforme o previsto por Boon (1962). Este tamanho de parcela caiu muitas vezes em lacunas e em aglomerados de *Terminalia sericea* o que levou com que tivesse diferenças elevadas que outros tamanhos e isso pode ser provado nos testes de DMS que mostraram diferenças sempre significativas quando este tamanho era comparado com os restantes tamanhos. Portanto, os resultados deste tamanho foram ignorados na maior parte das análises decisivas às conclusões.

Dos resultados da tabela 2 e 3, constou que a variância e o desvio padrão (para o volume total e comercial) entre as parcelas aumentam com o aumento do tamanho da parcela de amostra, quando o volume é expresso em  $m^3/tp$ . Para áreas maiores, maior volume foi encontrado e maior foi o desvio padrão. Muitos factores influenciaram tais resultados.

Quanto maior é a variação entre os indivíduos, maior é a variância e consequentemente o desvio padrão (Freese, 1984). O povoamento onde se fez o estudo pertence a uma floresta heterogénea e multiânea, para além de apresentar uma certa diversidade de espécies (IUCN, 2002), e tal é confirmado pelos coeficientes de variação que são elevados, visto que numa floresta ou povoamento heterogéneo, valores elevados de coeficiente de variação são encontrados, chegando a serem próximos ou maiores que 100% (Stellingwerf, 1994), e em povoamentos homogéneos os coeficientes de variação são baixos.

É obvio que uma parcela maior terá por conseguinte um grande número de indivíduos e maior número de espécies, e, portanto, albergará maior variação entre os indivíduos o que fará com que a sua variância e desvio padrão sejam maiores que das parcelas pequenas. Isto é: quanto maior for a área da parcela mais diversidade e variabilidade da floresta ter-se-á dentro dela, e maior será a representatividade. Portanto, o factor espécies diferentes, diferentes idades, características diferentes das espécies influencia muito no desvio padrão.

Cada espécie tem suas variações, para além das variações devido a idade. Assim, maior heterogeneidade, maior número de espécies, maior diversidade e mais variações se observam com o aumento da área.

Com o aumento do tamanho das parcelas, atingir-se-á certo ponto em que o número de espécies não aumenta com o aumento da área. Atingir-se-á, portanto, a área mínima de amostragem. Sendo a área mínima de amostragem a menor área que com o seu aumento não se observa incremento de novas espécies, portanto é a área que envolve as variações que ocorrem em toda floresta (Lamprecht, 1990). Atingida tal área, a variação dentro da parcela devido ao incremento de novas espécies não se observará, portanto, a heterogeneidade e a variabilidade terá atingido o seu pico. Não há mais incremento de novas espécies.

Num povoamento equiâneo puro (plantação, por exemplo), a área mínima de amostragem é muito menor em relação a de uma floresta nativa, visto que no primeiro caso as variações entre indivíduos é menor (Ribeiro et. al, 2002). Neste caso com o aumento da área da parcela o aumento da variância torna-se insignificante, pois que com o aumento da mesma a adição da variação entre indivíduos é insignificante. Aumentam-se observações sem variações significativas entre elas. Numa floresta nativa, com o aumento da área, caso se observe grande variação entre indivíduos a variância aumenta. Mas, atingida a área mínima de amostragem, em que com o aumento da área da parcela há poucas variações, espera-se que o desvio padrão se estabilize, pois que só se aumenta o número de observações, mas a variação entre elas é insignificante.

Como mostra a tabela 4, com o aumento da área houve sempre um aumento do número de espécies encontradas. Isto indica que a área mínima de amostragem ainda não foi atingida. Os tamanhos de parcela de amostra estavam todos abaixo da área mínima de amostragem, por isso que o desvio padrão em m<sup>3</sup>/ha aumentou com o aumento do tamanho da parcela de amostra.

Dos resultados das tabelas 5 e 6 verifica-se que a variância, o desvio padrão e o erro padrão diminuem com o aumento do tamanho da parcela de amostra. No caso anterior a variância e o desvio padrão referiam-se aos volumes de parcelas de tamanhos de 0,35; 0,25; 0,20; e 0,15 ha. Obviamente que estando a variância e desvio padrão referindo-se à áreas à escalas diferentes, para escalas maiores, maiores serão a variância e o desvio padrão, por razões anteriormente

referidas. Logo, o desvio padrão do volume por parcela em  $m^3/tp$  aumenta com o aumento da escala da área. Maior área, maior desvio padrão em  $m^3/tp$ .

Das tabelas 5 e 6, estimada a variância do volume por parcela para uma mesma escala (hectare), isto é variância em  $m^3/ha$ , a variância e o desvio padrão diminuem com o aumento da área usada para o levantamento das observações. A variância e o desvio padrão estimados diminuem com o aumento do tamanho da parcela de amostra. Portanto, à uma mesma escala de medição (hectare, por exemplo), parcelas grandes mostram ser menos variáveis que parcelas pequenas. Freese (1984) diz que tal deve-se ao facto de parcelas grandes contornarem o efeito de aglomerados e lacunas, estes que têm maior pronunciamento em florestas tropicais. Isto é: uma parcela menor pode cair numa lacuna ou num aglomerado de indivíduos da mesma espécie, em quanto que as maiores têm maior probabilidade de integrar toda variação que ocorre na floresta, tornando-se assim mais representativas. Estas tomam muitas observações por hectare que as parcelas menores, o que segundo Freese (1984) tal é necessário para reduzir o desvio padrão, dado a heterogeneidade do povoamento. E isso é o que aqui se observou. A variância do volume em  $m^3/ha$  para parcelas de 0,20 ha foram um tanto largas que as variâncias em  $m^3/ha$  dos volumes para parcelas de 0,25 e 0,35 ha, mas ligeiramente pequena que a variância do volume em  $m^3/ha$  para a parcela 0,15 ha.

Os resultados encontrados neste estudo no que diz respeito à relação entre o tamanho da parcela de amostra e variância do volume por hectare estão em concordância com os resultados encontrados por Stellingwerf (1994) na Europa para um povoamento puro de *Picea abies*, e também estão em concordância com o estudo de Philip (1984) e com o relatado por Freese (1984). As diferenças encontradas com o estudo de Stellingwerf foram os coeficientes de variação, os do presente estudo mostraram-se elevados, o que foi devido à heterogeneidade do povoamento.

Philip (1984) evidenciou que a variância estimada para uma dada população é função do tamanho da parcela, conforme a figura 4 (relação exponencial negativa):

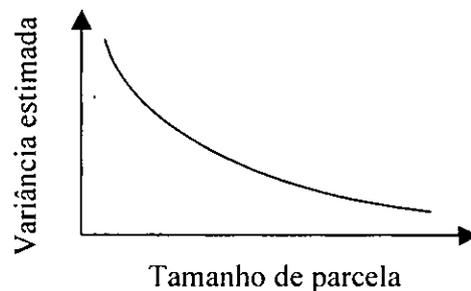


Figura 4: Relação entre a área da parcela de amostra e a variância estimada (Philip, 1984)

A figura 4 entra em concordância com o gráfico da figura 1 do presente estudo.

Contudo, segundo Philip (1984), análises modelos em tipos florestais complexos têm mostrado variações anormais associadas ao tamanho da parcela e acrescenta que este modelo não pode ser aplicada em todos os casos.

Do gráfico da figura 1 observa-se que a inclinação da curva diminui e que tende a estabilizar, levando assim a inferência de que com aumento da área da parcela de amostra haverá variações pouco significativas na variância. Portanto, com uso de parcelas maiores que as do ponto onde a variância se estabiliza haverá apenas custos adicionais sem no entanto se observar algum incremento na confiabilidade dos resultados, na precisão e na exactidão.

As variâncias e os desvios padrão observados nos tamanhos que forneceram estimativas aproximadas entre si, para além de mostrarem um crescimento com o aumento do tamanho da parcela foram idênticos para estes tamanhos, e as diferenças observadas entre elas foram insignificantes. Os desvios padrão para o volume total (em  $m^3/tp$ , à escalas diferentes) observados nos tamanhos D, C e B, estes tamanhos que diferem entre si em 0,05 ha, foram de 12,583; 12,767 e 13,414. Esta aproximação pode ser devida ao pequeno número de espécies aditivas encontradas entre parcelas consecutivas, o que fez com que a variação entre indivíduos devido ao incremento de espécies fosse muito reduzido. Do tamanho D ao C um incremento de uma única espécie resultou num incremento também menor no desvio padrão (0,184). No entanto, do tamanho C ao B em que houve um incremento de duas espécies verifica-se um incremento também maior no desvio padrão (3,752).

Apesar de não terem sido observadas diferenças estatisticamente significativas no volume comercial e total entre os tamanhos A, B, C e D, a parcela B teve volumes mais baixos que os restantes tamanhos, isso deveu-se ao facto de para este tamanho ter sido encontrada uma parcela com apenas dois indivíduos com DAP maior de 10 cm, o que influenciou nas estimativas.

A tabela 8 mostra que para tamanhos maiores de parcela de amostra obtém-se intervalos de confiança mais estreitos. Portanto, parcelas maiores permitem ter a ideia real do volume presente na floresta que as parcelas menores. As maiores permitirão ter uma estimativa mais exacta do volume da floresta. Tal pode ser confirmado pela tabela 7, através erros de amostragem que diminuem com o aumento do tamanho da parcela de amostra, pois que segundo de Vries (1986) quando menor é o erro de amostragem mais estreito é o intervalo de confiança. Segundo o mesmo autor menor erro de amostragem indica mais precisão da informação, portanto, a precisão aumenta com o aumento do tamanho de parcela de amostra, e isso verificou-se neste estudo.

Da tabela 9, observa-se que o coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,799978$ ) encontra-se entre zero e um ( $0 < R^2 < 1$ ), significa que existe uma correlação entre o tamanho de parcela de amostra e o desvio padrão, mas não é perfeita. Uma parte da variação do desvio padrão (79,9%) é explicada pela variação dos tamanhos de parcela de amostra e outra é explicada por outros factores não previstos na equação de regressão.

Dado o coeficiente de correlação de Pearson ( $r = 0,894415$ ) e a equação de regressão gerada ( $Y = 101,1045 - 162,0887 * X$ ) afirma-se que existe uma correlação negativa forte entre o tamanho de parcela de amostra e o desvio padrão, o que era de esperar, pois que quando maior é o tamanho da parcela de amostra menor é o desvio padrão.

Segundo o coeficiente de determinação  $R^2 = 0,799978$ , conclui-se que 79,99% das variações dos desvios padrão para o volume total médio dependem das variações dos tamanhos das parcelas de amostra e 20,01% das variações dependem de outros factores, tais como: erros de medição (erro humano), erros casuais e erros sistemáticos.

Feito o teste F (teste de Fisher) com a probabilidade de 95% ou seja à nível de significância de 5% verificou-se que, segundo a tabela 8, o F calculado é maior que o F crítico, podendo-se então

afirmar que a influência do tamanho de parcela de amostra no desvio padrão é significativa, isto é: a relação entre o tamanho de parcela de amostra e as variações do desvio padrão para o volume total é funcional e não casual. As variações do desvio padrão dependem das do tamanho de parcela de amostra.

Conclusões idênticas encontram-se a tabela 10, da correlação entre o tamanho de parcela de amostra e o desvio padrão para o volume comercial. O coeficiente de correlação de Pearson ( $r = 0,9359$ ) e a equação de regressão gerada ( $Y = 24,9427 - 40,85503 * X$ ) mostram que existe uma correlação negativa forte entre o tamanho de parcela de amostra e o desvio padrão para o volume comercial.

Segundo o coeficiente de determinação  $R^2=0,8759$ , conclui-se que 87,59% das variações dos desvios padrão para o volume comercial dependem das variações dos tamanhos das parcelas de amostra e 12,41% das variações dependem de outros factores, como os erros de medição (erro humano), erros casuais e erros sistemáticos.

Feito o teste F (teste de Fisher) com a probabilidade de 95% ou seja à nível de significância de 5% verificou-se que, segundo a tabela 10, o F calculado é maior que o F crítico, podendo-se então afirmar que a influência do tamanho de parcela de amostra no desvio padrão é significativa, isto é: a relação entre o tamanho de parcela de amostra e as variações do desvio padrão para o volume comercial, também é funcional e não casual. As variações do desvio padrão dependem das do tamanho de parcela de amostra.

Segundo testes realizados (ANOVA e DMS), à nível de significância de 5%, das cinco parcelas de amostra estabelecidas, quatro (A, B, C e D) não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre si em termos de volumes relativos (comercial e total) em  $m^3/ha$  e o volume relativo para toda área de estudo. Isto é: geraram estimativas idênticas tanto para o volume por hectare assim como para toda área de estudo. No entanto, dentre estas quatro, três (A, C e D) mostraram diferenças significativas em termos de tempo necessário para inventariá-las. Portanto, isto faz com que elas difiram entre si em termos de custos, uma vez que quanto mais tempo for necessário mais custos são envolvidos para manter as equipas no campo acarretando mais custos de alimentação e transporte, entre outros.

Observa-se, então, que de um lado com o aumento do tamanho de parcela mais caro o inventário se torna. Do outro lado, com o aumento do tamanho de parcela de amostra mais credíveis e exactos se tornam os seus resultados. No entanto, pretende-se um tamanho que dê resultados credíveis ao mesmo tempo que racionaliza os custos. Para obter esse tamanho, o tamanho óptimo, construíram-se dois gráficos (figura 2 e 3).

Segundo a figura 2, os tamanhos de parcela de 0,15 e 0,20 ha racionalizam o tempo, no entanto, têm desvios padrão muito elevados o que pode comprometer as estimativas. Os tamanhos de parcela de 0,25 e 0,35 ha têm desvios padrão baixos, no entanto, consomem muito tempo, o que fará com que os custos sejam também elevados. Portanto, o ponto de intersecção entre a curva do tamanho de parcela e a de desvio padrão é o ponto óptimo, que reflecte o tamanho ideal da parcela de amostra, e segundo a figura 2, o tamanho é de 0,24 ha (120 m x 20 m).

Para a figura 3, os tamanhos de parcela de 0,15 e 0,2 ha racionalizam o tempo, no entanto, têm intervalos de confiança muito elevados o que dificulta ter a ideia real do volume real existente na área. Os tamanhos de parcela de 0,25 e 0,35 ha têm intervalos de confiança estreitos, no entanto, consomem muito tempo, o que fará com que os custos sejam também elevados. Portanto, como no caso anterior o ponto de intersecção entre as duas curvas é o ponto óptimo, que reflecte o tamanho ideal da parcela de amostra, e segundo o gráfico o tamanho é de 0,24 ha (120 m x 20 m).

Para os dois gráficos observa-se que o tamanho óptimo (ideal) para a realização de inventário florestal e para estimativa do volume de madeira na área de estudo é de 0,24 ha (120 m x 20 m) e segundo os mesmos gráficos este tamanho de parcela de amostra consome em média quinze minutos e trinta segundos e tem um desvio padrão de 52 m<sup>3</sup>/ha.

O tamanho ideal para este estudo foi o de 0,24 ha (120 m x 20 m), no entanto, em casos de existir recursos suficientes podem se usar os tamanhos de parcela de 0,25, 0,30 ou 0,35, de acordo com a precisão, o erro e o nível de confiança exigidos. Também podem se usar tamanhos superiores ao estabelecido como óptimo se tratar se de concessões, onde é exigida uma elevada precisão.

Porém, a falta de um inventário realizado com a mesma técnica de amostragem, o mesmo tipo de unidades amostrais dificulta a comparação dos resultados e dos parâmetros estatísticos obtidos. O inventário realizado na floresta comunitária de Madjadjane, pela IUCN em 2002 usou clusters

como unidades amostrais, este, no entanto usou parcelas dispersas. As intensidades de amostragem foram muito diferentes, o inventário levado à cabo pela IUCN tinha uma intensidade de amostragem de 0,3%. Isso dificulta a comparação dos resultados.

## 5. CONCLUSÕES

De acordo com o estudo realizado, a metodologia usada, os resultados obtidos de acordo com as condições do local e mantendo o restante constante, conclui-se que:

1. Para a floresta em estudo, o tamanho ideal da parcela de amostra é de 0,24 ha (120 m x 20 m).
2. O volume total em  $m^3/ha$  e o comercial em  $m^3/ha$  da área de estudo foram aproximadamente: 92  $m^3/ha$  e 27  $m^3/ha$ , respectivamente.
3. O volumes relativos ( $m^3/ha$ ) e estimado ( $m^3$ ) não variam significativamente com o aumento da parcela de amostra.
4. A variância, o desvio padrão, o erro padrão de estimativa do volume e o intervalo de confiança estimados para a população a uma mesma escala ( $m^3/ha$ ), diminuem com o aumento do tamanho da parcela de amostra. Os intervalos de confiança tornam-se mais estreitos com o aumento do tamanho da parcela de amostra.
5. Existe uma relação funcional negativa entre o tamanho da parcela de amostra e o desvio padrão, de tal modo que este diminui com o aumento do tamanho da parcela de amostra. As variações dos valores do desvio padrão dependem das variações do tamanho da parcela de amostra, não são casuais.

## 6. RECOMENDAÇÕES

Para complementar o estudo feito recomenda-se que se façam estudos semelhantes usando clusters com os mesmos objectivos que os deste estudo e que se comparem clusters e parcelas dispersas. Que se comparem os diferentes técnicas de amostragem (amostragem aleatória simples, sistemática e estratificada) em termos de confiabilidade precisão e exactidão dos resultados gerados.

Recomenda-se também que se façam estudos sobre a área mínima de amostragem para as florestas nativas moçambicanas e fazer estudos semelhantes à estes usando parcela inferiores e superiores a área mínima de amostragem para confrontar a hipótese levantada neste estudo de que o desvio padrão em  $m^3/tp$  pode estabilizar com o aumento do tamanho da parcela de amostra, se este estiver acima da área mínima de amostragem. Não só, mas também uma vez que a área mínima de amostragem define o tamanho de parcela mais representativo para inventários florestais (Lamprecht, 1990), o seu estabelecimento nas florestas nativas providenciaria estudos mais exactos, confiáveis e precisos de acordo com os objectivos do mesmo.

## 7. LIMITAÇÕES E IMPORTÂNCIA DO TRABALHO

A insuficiência de fundos foi uma das grandes limitações encontradas no campo. Fundos suficientes permitiriam o estabelecimento de tamanhos de parcela maiores o que forneceria informação mais abrangente e permitiria o estabelecimento de uma maior área de estudo. A falta de meio de transporte, devido a tal insuficiência de fundos, levou com que o inventário fosse mais demorado

As crenças da comunidade local foram uma outra limitação. Esta acredita que não se pode fazer estudos em locais onde foram sepultados os seus régulos e antepassados e caso se faça, os indivíduos que o fizerem não voltaram da floresta. Isto fez com que as parcelas que caíram nesses locais não fossem inventariadas. Os elefantes da Reserva de Maputo fizeram com que se adiasse o levantamento em algumas parcelas, prolongando assim o tempo necessário para o inventário.

Os resultados deste trabalho podem ser usados em inventários florestais que se levem à cabo em locais com tipos florestais idênticos ao do local onde se realizou este estudo. Este trabalho pode ainda incentivar levantamos prévios na floresta, antes da realização de inventário a fim de definir o tamanho de parcela de amostra que dê resultados credíveis.

## 8. BIBLIOGRAFIA

- Boon, D. A. 1962. Plot Size and Variability. International Training Centre for Aerial Survey (ITC). Delft, Holanda. 29p.
- Chaposa. 2001. Vegetation Change Assessment in Selected Districts of Maputo and Gaza. Maputo, Moçambique. 35p.
- de Vries, P. G. 1986. Sampling Theory for Forest Inventory. Springer-Verlag. Berlin, Alemanha. 399p.
- DNFFB. 1999. Lei de Florestas e Fauna Bravia. Ministério de Agricultura e Desenvolvimento Rural (MADER), Direcção Nacional de Florestas e Fauna Brava (DNFFB). Maputo, Moçambique. 37p.
- Freese, F. 1978. Metodos Estadisticos Elementares para Tecnicos Forestales. Universidade de Wisconsin. Wisconsin, Estados Unidos de América. 102p.
- Freese, F. 1984. Statistics for Land Managers. Paeony Press. Edinburgh, Escócia. 177p.
- Gomes, A. S. 1966. Dendrologia de Moçambique. Instituto de Investigação Agronómica de Moçambique (IIAM), Centro de Documentação Agrária (CDA). Maputo, Moçambique. 822p.
- IUCN, 2002. Relatório de Inventario Florestal de Madjadjane. Projecto de mobilização comunitária de Matutuine. Maputo, Moçambique. 41p.
- Jayaraman, K. 2000 A Statistical Manual for Forestry Research. Food and Agriculture Organization (FAO). Bangkok, Tailândia. 240p.
- Lamprecht, H. 1990. Silvicultura nos Trópicos. Gesellschaft Technische Zusammenarbeit (GTZ). Eschborn, Alemanha. 343p.

Malleux, J. 1980. Evaluación de los Recursos Forestales de la República Popular de Moçambique. Food and Agriculture Organization (FAO). Roma, Itália. 90p.

Philip, S. M. 1984. Measuring Trees and Forests. University of Dar Es Salaam. Dar Es Salaam, Tanzania. 338p.

Pinto, J. M. 1995. Comportamento de 5 Espécies Nativas em Plantações no Arboretum de Mandonge. Tese de Bacharelato, Universidade Eduardo Mondlane (UEM), Departamento de Engenharia Florestal (DEF). Maputo, Moçambique. 48p.

Ribeiro, N., Siteo, A. A & Guedes, B. S. 2002. Manual de Silvicultura Tropical. Universidade Eduardo Mondlane (UEM), Departamento de Engenharia Florestal (DEF). Maputo, Moçambique 123p.

Saket, M. 1994. Relatório Sobre Actualização do Inventário Florestal Exploratório Nacional. Ministério de Agricultura e Desenvolvimento Rural (MADER), Direcção Nacional de Florestas e Fauna Bravia (DNFFB). Maputo, Moçambique. 52p.

Saket, M. 1995. Mapa Florestal. Ministério de Agricultura e Desenvolvimento Rural (MADER), Direcção Nacional de Florestas e Fauna Bravia (DNFFB) & Food and Agriculture Organization (FAO). Maputo, Moçambique.

Soto, S. J & Chongo, A. D. 2002. Plano Estratégico de Maneio e Conservação de Recursos Naturais de Madjadjane. União Mundial para Natureza (IUCN). Maputo, Moçambique 20p.

Stellingwerf, D. A. 1994. Forest Inventory and Remote Sensing. International Training Centre for Aerial Survey (ITC). Enschede, Holanda. 132p.

Whitmore, T. C. 1990. An Introduction to Tropical Rain Forests. Educational Low-Priced Books Scheme (ELBS). Oxford, Inglaterra. 226p.

## ANEXOS

### Anexo 1

Tabela 1: Lista de espécies que ocorrem em Madjadjane

Nome vernáculo	Nome científico	Nome vernáculo	Nome Científico
Capwapwa	<i>Cuyssonia Sp</i>	N'djonpha/Inthofa	<i>Annona senegalensis</i>
Chanato	<i>Colophospermum mopane</i>	Ndzenga	<i>Dichrostachys cinerea</i>
Chanfuta	<i>Azelia quanzensis</i>	Ndziva	<i>Dialium schlechteri</i>
Chivonzuane	<i>Combretum mole</i>	Ndzole	<i>Mimusops caffra</i>
Cimboma	<i>Hirtela zangeubarica</i>	Nhleha	<i>Sapium integarrinum</i>
Gowane	<i>Albizia adianthifolia</i>	Nkaia	<i>Acacia nigrens</i>
Imphalha kufa	<i>Brachylaena sp</i>	Nkonola	<i>Terminalia sericea</i>
Inala	<i>Albizia petersiana</i>	Nkuhlu	<i>Trichilia emitica</i>
Insissassissane	<i>Abrus precatorius</i>	Nsala	<i>Strychos spinosa</i>
Julane	<i>Solano sp</i>	N'thoma	<i>Diospyros inhacaensis</i>
Likola humba	<i>Crotalaria minterosi</i>	Ntsole	<i>Mimusops sp</i>
Likumbakumbane	<i>Tragia sp</i>	Nulu	<i>Balanites maugamii</i>
Micaia/munga	<i>Acacia albida</i>	Nyeve	<i>Manikara mochisia</i>
Micaia/munga	<i>Acacia burkei</i>	Pimbe	<i>Garcinia livingstonei</i>
Micaia/munga	<i>Acacia erioloba</i>	Shongui	<i>Antidesma venosum</i>
Micheu	<i>Hyphaene sp</i>	Tamarindo	<i>Tamarindus indica</i>
Monzane	<i>Plectranthus sp</i>	Tchaia	<i>Sterculia indica</i>
Mpahlane	<i>Brachylaena discolor</i>	Titi	<i>Erytrina livingstonei</i>
M'pfliwa	<i>Vangueria infausta</i>	Tondjua	<i>Fernandoa magnifica</i>
M'pisso	<i>Albizia versicolor</i>	Tsani	<i>Dolichandrone alba</i>
M'pohondo	<i>Randia rudis</i>	Tsatsalatani	<i>Hymenocardia omoidis</i>
Mtumbwi	<i>Kirkia acuminata</i>	Tunduluka	<i>Ximenia sp</i>
Muhlu	<i>Syzygium cordatum</i>	Wandla	<i>Ptelopsis myrtifolia</i>
Mulala	<i>Euclea natalensis</i>	Xicuacuane	<i>Catunaregam spinosa</i>
Munga	<i>Acacia karro</i>	Xihlanfane	<i>Ficus natalensis</i>
Munuangati	<i>Bridelia cathartica</i>	Xihubucanhe	<i>Lannea schweinfurthi</i>
Mutarara	<i>Iacaniodiscus fraxionifolia</i>	Xikwizi	<i>Combretum papaoide</i>
Nala/Chiluka-hlelo	<i>Albizia forbesii</i>	Xilate	<i>Spirostachys africana</i>
Ncahlu	<i>Taber, elegans</i>	Xissangacomo	<i>Commiphora schlechteri</i>
Ncanhu	<i>Sclerocarya birrea</i>		
Neuacua	<i>Strychos madagascariensis</i>		
Ndeve ya have	<i>Cissapelos hirta</i>		

Fonte: Soto & Chongo (2002) e Gomes (1966)

Anexo 2

Tabela 2: Coordenadas geográficas das parcelas e seus respectivos tipos florestais

Parcela	Longitude	Latitude	Tipos Florestais	Área dos tipos florestais (ha)	Perímetro (m)
1	466766	7065922	Lf1	307,765	13770,600
2	466537	7065394	Lf1		
3	466661	7064830	Lf1		
4	466819	7064213	Lf1		
5	467304	7064028	Lf1		
6	467929	7063324	Lf1		
7	467515	7062725	Lf1		
8	467286	7063130	Lf1		
9	466101	7066387	Lf2	441,289	22448,581
10	466154	7065315	Lf2		
11	467037	7065342	Lf2		
12	467464	7066030	Lf2		
13	467622	7065315	Lf2		
14	467688	7064720	Lf2		
15	468138	7065302	Lf2		
16	467795	7063807	Lf2		
17	467569	7062180	Lf2		
18	467543	7061638	Lf2		
19	467913	7061505	Lf2	274,318	14337,539
20	466590	7066877	Lf3		
21	466630	7066281	Lf3		
22	467781	7066400	Lf3		
23	468125	7066122	Lf3		
24	468403	7062802	Lf3		
25	468323	7062207	Lf3		
26	468654	7061505	Lf3		
27	466961	7064747	Pradaria arborizada	9,410	2093,529
<b>Total</b>				<b>1032,782</b>	<b>52670,249</b>

Anexo 3

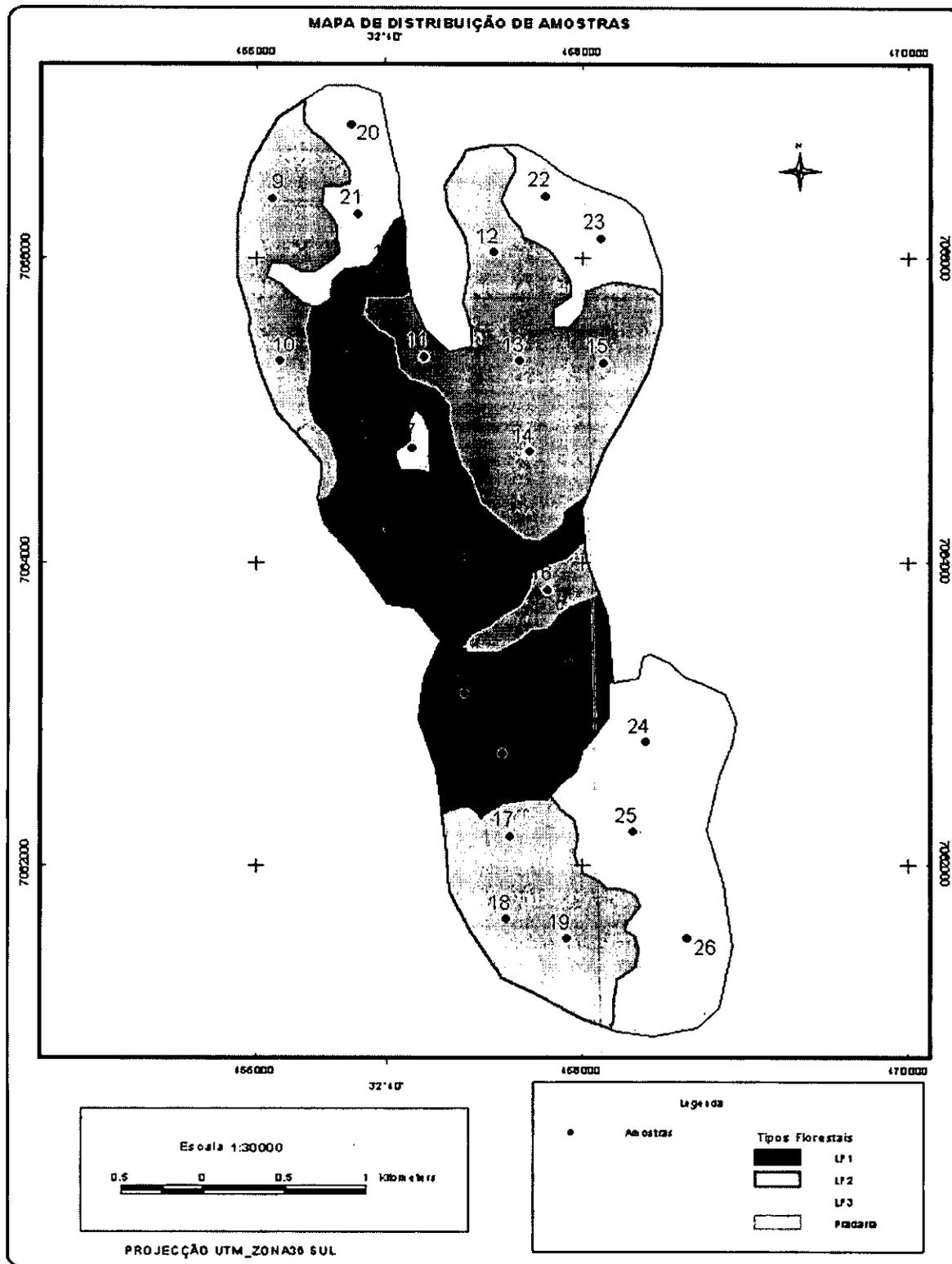
Tabela 3: Ficha de campo

Tamanho da parcela \_\_\_\_\_ N.º da parcela \_\_\_\_\_ Tempo gasto \_\_\_\_\_

N.º arv	Nome científico	Nome vernáculo	Dap (cm)	ht (m)	hc (m)	Observações
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						

Anexo 4

Figura 1: Mapa da área de estudo e as respectivas parcelas



Anexo 5

Tabela 4: Número de espécies por cada tamanho de parcela

Nº da Parcela	Número de espécies por cada tamanho de parcela				
	Tamanho A (0,35 ha)	Tamanho B (0,25 ha)	Tamanho C (0,20 ha)	Tamanho D (0,15 ha)	Tamanho E (0,10 ha)
1	17	13	10	8	5
2	14	10	12	7	6
3	13	13	10	9	7
4	12	15	12	8	8
5	15	12	13	8	7
6	8	12	11	7	7
7	13	10	9	10	5
8	14	9	8	11	6
9	18	8	10	6	5
10	12	12	10	1	4
11	9	11	10	7	6
12	11	15	12	10	5
13	14	12	12	5	6
14	13	8	9	10	8
15	9	13	9	13	5
16	15	12	11	11	11
17	8	8	7	10	8
18	12	10	7	9	8
19	13	9	5	5	4
20	12	12	9	9	6
21	19	7	7	4	3
22	16	14	17	9	5
23	12	12	11	5	3
24	13	9	7	8	2
25	14	8	8	6	4
26	18	8	5	3	2
Média	13,803	10,84615385	9,653846154	7,653846154	5,615384615
Média aproximada	14	11	10	8	6

Anexo 6

Tabela 5: Volume total por parcela em m<sup>3</sup>/ha

N.º da parcela	Tamanho A (0,35 ha)	Tamanho B (0,25 ha)	Tamanho C (0,20 ha)	Tamanho D (0,15 ha)	Tamanho E (0,10 ha)
1	52,8271	51,8956	51,5260	54,5620	47,8950
2	64,9054	46,6204	62,7765	56,0773	32,4360
3	83,0194	57,9692	101,1155	58,8913	56,5860
4	72,4231	59,6516	67,8355	78,5393	31,3200
5	110,6160	66,7008	136,1010	76,6360	51,7980
6	100,8846	167,1872	71,5600	216,9840	92,4920
7	74,2751	107,1708	52,4360	100,0613	117,8350
8	106,6149	151,8348	101,8845	210,9220	63,2040
9	96,7714	69,0444	143,4365	85,8847	43,7830
10	66,5726	12,3024	115,4690	1,3507	28,6690
11	46,4931	57,3168	18,3850	83,6620	17,7990
12	56,9857	41,6940	51,0395	64,9140	38,1900
13	95,8283	94,1916	112,6395	73,4140	125,3580
14	83,6234	72,7368	47,1070	55,3120	98,8740
15	66,3340	59,0528	66,7865	89,0633	14,0360
16	76,5291	97,7688	163,7640	114,2167	73,0960
17	87,5257	70,8916	83,9660	92,2720	38,8210
18	92,9214	92,6984	42,5320	108,7740	68,5850
19	98,0506	93,2532	94,5425	126,0567	44,0470
20	92,7983	65,2880	51,5905	49,7420	88,6060
21	92,7314	18,4816	33,6745	17,4740	19,9930
22	63,9126	21,6432	93,2055	24,6220	17,1740
23	77,1320	23,6684	53,5590	22,2293	25,8260
24	300,3503	266,5052	281,9395	422,8973	31,9170
25	176,1397	72,8080	258,8635	65,8413	83,2570
26	92,0583	30,5604	35,2155	44,1813	10,1280

Anexo 7

Tabela 6: Volume comercial por parcela em m<sup>3</sup>/ha

N.º da parcela	Tamanho A (0,35 ha)	Tamanho B (0,25 ha)	Tamanho C (0,20 ha)	Tamanho D (0,15 ha)	Tamanho E (0,10 ha)
1	25,9411	21,1988	24,7560	27,5207	11,7160
2	24,6029	16,8400	29,0170	18,7127	14,0300
3	35,5700	23,1088	45,3945	22,4707	24,0670
4	25,4469	19,2992	26,6040	23,9040	12,3920
5	42,8929	25,1624	49,8105	33,6687	12,4030
6	27,8854	32,2712	14,8535	45,2613	12,7860
7	25,2249	34,9504	18,2115	34,5753	35,5120
8	27,0000	63,8376	38,7340	93,4547	19,4120
9	58,8729	29,6420	77,7605	33,6887	23,5710
10	27,8900	4,0264	43,3440	0,3627	9,5210
11	8,3529	9,4136	3,7125	13,1853	3,7550
12	28,0000	12,5716	10,6250	18,5273	6,7090
13	23,1774	26,4292	23,4790	22,7753	31,9100
14	17,4254	20,4812	14,3800	21,4660	19,0040
15	19,3357	12,0284	20,4840	17,8047	3,3640
16	29,6831	23,3308	34,5750	23,1600	23,5870
17	30,9440	26,2332	27,7735	35,1713	12,8260
18	19,1566	28,8048	10,6280	30,5273	26,2210
19	42,2523	38,7428	36,4050	50,0520	21,7780
20	27,3077	34,6088	24,2305	31,4107	39,4060
21	13,8249	7,1720	17,2725	9,2280	4,0880
22	10,0751	3,6772	14,1545	4,6360	2,2400
23	27,3380	8,5628	19,5040	8,9373	8,0000
24	51,4957	42,8000	37,2725	70,4600	1,3100
25	20,8789	17,3140	29,2785	9,6793	8,7650
26	23,0532	10,1776	14,0220	14,7300	3,3480

Anexo 8

Tabela 7: Tempo em minutos gasto por cada parcela medida

Nº da parcela	Tamanho A (0,35 ha)	Tamanho B (0,25 ha)	Tamanho C (0,20 ha)	Tamanho D (0,15 ha)	Tamanho E (0,10 ha)
1	26,5	16,5	20	6,5	10
2	24	24	15	9	15
3	31,5	13,5	28	3,5	10
4	35	16	26	9	7
5	21	16	15	6	10
6	37,5	20	25	13	7
7	36,5	22	20	17	5
8	32,5	18	20	13	5
9	11,5	20	5	7	13
10	21,5	10	14	8	2
11	23	23,5	15	8,5	15
12	26,5	13	20	7	6
13	17,5	11	10	8	3
14	15,5	10	10	6	4
15	23,5	18,5	11	13	5,5
16	27,5	17	15	13	4
17	18,5	13	9	10	3
18	35	30	11	25	5
19	33,5	24,5	20,5	14	10,5
20	34	18	21	14	4
21	11	8	7	5	3
22	19	16	8	12	4
23	17	14	8	10	4
24	25	19,5	11	15	4,5
25	27	19	11	15	4
26	23,5	20	7,5	15	5

Anexo 9

Tabela 8: Volume total por parcela em m<sup>3</sup>/tp

N.º da parcela	Tamanho A (0,35 ha)	Tamanho B (0,25 ha)	Tamanho C (0,20 ha)	Tamanho D (0,15 ha)	Tamanho E (0,10 ha)
1	18,4895	12,9739	10,3052	8,1843	4,7895
2	22,7169	11,6551	12,5553	8,4116	3,2436
3	29,0568	14,4923	20,2231	8,8337	5,6586
4	25,3481	14,9129	13,5671	11,7809	3,1320
5	38,7156	16,6752	27,2202	11,4954	5,1798
6	35,3096	41,7968	14,3120	32,5476	9,2492
7	25,9963	26,7927	10,4872	15,0092	11,7835
8	37,3152	37,9587	20,3769	31,6383	6,3204
9	33,8700	17,2611	28,6873	12,8827	4,3783
10	23,3004	3,0756	23,0938	0,2026	2,8669
11	16,2726	14,3292	3,6770	12,5493	1,7799
12	19,9450	10,4235	10,2079	9,7371	3,8190
13	33,5399	23,5479	22,5279	11,0121	12,5358
14	29,2682	18,1842	9,4214	8,2968	9,8874
15	23,2169	14,7632	13,3573	13,3595	1,4036
16	26,7852	24,4422	32,7528	17,1325	7,3096
17	30,6340	17,7229	16,7932	13,8408	3,8821
18	32,5225	23,1746	8,5064	16,3161	6,8585
19	34,3177	23,3133	18,9085	18,9085	4,4047
20	32,4794	16,3220	10,3181	7,4613	8,8606
21	32,4560	4,6204	6,7349	2,6211	1,9993
22	22,3694	5,4108	18,6411	3,6933	1,7174
23	26,9962	5,9171	10,7118	3,3344	2,5826
24	105,1226	66,6263	56,3879	63,4346	3,1917
25	61,6489	18,2020	51,7727	9,8762	8,3257
26	32,2204	7,6401	7,0431	6,6272	1,0128

Anexo 10

Tabela 9: Volume comercial por parcela em m<sup>3</sup>/tp

N.º da parcela	Tamanho A (0,35 ha)	Tamanho B (0,25 ha)	Tamanho C (0,20 ha)	Tamanho D (0,15 ha)	Tamanho E (0,10 ha)
1	9,0794	5,2997	4,9512	4,1281	1,1716
2	8,6110	4,2100	5,8034	2,8069	1,4030
3	12,4495	5,7772	9,0789	3,3706	2,4067
4	8,9064	4,8248	5,3208	3,5856	1,2392
5	15,0125	6,2906	9,9621	5,0503	1,2403
6	9,7599	8,0678	2,9707	6,7892	1,2786
7	8,8287	8,7376	3,6423	5,1863	3,5512
8	9,4500	15,9594	7,7468	14,0182	1,9412
9	20,6055	7,4105	15,5521	5,0533	2,3571
10	9,7615	1,0066	8,6688	0,0544	0,9521
11	2,9235	2,3534	0,7425	1,9778	0,3755
12	9,8000	3,1429	2,1250	2,7791	0,6709
13	8,1121	6,6073	4,6958	3,4163	3,1910
14	6,0989	5,1203	2,8760	3,2199	1,9004
15	6,7675	3,0071	4,0968	2,6707	0,3364
16	10,3891	5,8327	6,9150	3,4740	2,3587
17	10,8304	6,5583	5,5547	5,2757	1,2826
18	6,7048	7,2012	2,1256	4,5791	2,6221
19	14,7883	9,6857	7,2810	7,5078	2,1778
20	9,5577	8,6522	4,8461	4,7116	3,9406
21	4,8387	1,7930	3,4545	1,3842	0,4088
22	3,5263	0,9193	2,8309	0,6954	0,2240
23	9,5683	2,1407	3,9008	1,3406	0,8000
24	18,0235	10,7000	7,4545	10,5690	0,1310
25	7,3076	4,3285	5,8557	1,4519	0,8765
26	8,0686	2,5444	2,8044	2,2095	0,3348

Anexo 11: Resultados estatísticos para os 5 tamanhos de parcela de amostra

Tabela 10: Resultados estatísticos dos dados de volume para a parcela A ( 0,35 ha)

PARÂMETROS ESTATÍSTICOS		P/VT	P/VC
	Volume médio por parcela (VP) em m <sup>3</sup>	32,243	9,567
	Volume médio por parcela (Vha) em m <sup>3</sup> /ha	92,397	27,336
	Volume total da área de estudo(Vt) em m <sup>3</sup>	9514	2823
	Variância entre parcelas em m <sup>3</sup> /ha	2405,6839	131,787
	Desvio padrão (m <sup>3</sup> /ha)	49,047	11,479
	Erro padrão (m <sup>3</sup> /ha)	9,6191	2,2513
VP (m <sup>3</sup> /tp)	Limite inferior	25,308	7,944
	Limite superior	39,178	11,191
Vha (m <sup>3</sup> /ha)	Limite inferior	72,308	22,699
	Limite superior	111,9390	31,974
Vt (m <sup>3</sup> )	Limite inferior	74679,10	23443,19
	Limite superior	115608	33022,94

Tabela 11: Resultados estatísticos dos dados de volume para a parcela B (0,25 ha)

PARÂMETROS ESTATÍSTICOS		P/VT	P/VC
	Volume médio por parcela (VP) em m <sup>3</sup>	18,932	5,698
	Volume médio por parcela (Vha) em m <sup>3</sup> /ha	75,728	22,795
	Volume total da área de estudo(Vt) em m <sup>3</sup>	78210,	23542,
	Variância entre parcelas em m <sup>3</sup> /ha	2879,1725	185,5548
	Desvio padrão (m <sup>3</sup> /ha)	53,657	13,621
	Erro padrão (m <sup>3</sup> /ha)	10,523	2,671
VP (m <sup>3</sup> /tp)	Limite inferior	13,512	4,323
	Limite superior	24,351	7,074
Vha (m <sup>3</sup> /ha)	Limite inferior	54,050	17,292
	Limite superior	97,406	28,298
Vt (m <sup>3</sup> )	Limite inferior	55822,	17859,
	Limite superior	100599	29226,

Tabela 12: Resultados estatísticos dos dados de volume para a parcela C (0,20 ha)

PARÂMETROS ESTATÍSTICOS		P/VT	P/VC
	Volume médio por parcela (VP) em m <sup>3</sup>	18,426	5,433
	Volume médio por parcela (Vha) em m <sup>3</sup> /ha	92,132	27,164
	Volume total da área de estudo (Vt) em m <sup>3</sup>	95153,	28055,
	Variância entre parcelas em m <sup>3</sup> /ha	4075,296	244,6051
	Desvio padrão (m <sup>3</sup> /ha)	63,838	15,639
	Erro padrão (m <sup>3</sup> /ha)	12,519	3,087
VP (m <sup>3</sup> /tp)	Limite inferior	13,273	4,169
	Limite superior	23,579	6,696
Vha (m <sup>3</sup> /ha)	Limite inferior	66,366	20,846
	Limite superior	117,89	33,483
Vt (m <sup>3</sup> )	Limite inferior	68542,	21529,
	Limite superior	12176	34580,

Tabela 13: Resultados estatísticos dos dados de volume para a parcela D (0,15 ha)

PARÂMETROS ESTATÍSTICOS		P/VT	P/VC
	Volume médio por parcela (VP) em m <sup>3</sup>	13,8150	4,127
	Volume médio por parcela (Vha) em m <sup>3</sup> /ha	92,100	27,514
	Volume total da área de estudo (Vt) em m <sup>3</sup>	95119,	28416,
	Variância entre parcelas em m <sup>3</sup> /ha	7037,5205	408,8026
	Desvio padrão (m <sup>3</sup> /ha)	83,889	20,218
	Erro padrão (m <sup>3</sup> /ha)	16,452	3,965
VP (m <sup>3</sup> /tp)	Limite inferior	8,7314	2,901
	Limite superior	18,898	5,352
Vha (m <sup>3</sup> /ha)	Limite inferior	58,209	19,345
	Limite superior	125,99	35,682
Vt (m <sup>3</sup> )	Limite inferior	60171,	19980,
	Limite superior	130122	36852,

Tabela 14: Resultados estatísticos dos dados de volume para a parcela E (0,10 ha)

PARÂMETROS ESTATÍSTICOS		P/VT	P/VC
	Volume médio por parcela (VP) em m <sup>3</sup>	5,2375	1,5836
	Volume médio por parcela (Vha) em m <sup>3</sup> /ha	52,375	15,8356
	Volume total da área de estudo(Vt) em m <sup>3</sup>	54092,	16354,7
	Variância entre parcelas em m <sup>3</sup> /ha	1051,6979	113,0978
	Desvio padrão m <sup>3</sup> /ha	32,427	10,6347
	Erro padrão m <sup>3</sup> /ha	6,3596	2,0856
VP (m <sup>3</sup> /tp)	Limite inferior	3,9275	1,144
	Limite superior	6,5476	2,0232
Vha (m <sup>3</sup> /ha)	Limite inferior	39,274	11,4396
	Limite superior	65,475	20,2316
Vt (m <sup>3</sup> )	Limite inferior	40562,	11814,6
	Limite superior	67622,	20894,9

Onde:

P/VT = para o volume total

P/VC = para o volume comercial

## Anexo 12: Fórmulas das variâncias e desvios padrão para as diferentes técnicas de amostragem

As fórmulas (1), (2) e (3) referem-se à amostragem aleatória simples, sistemática e estratificada respectivamente, segundo de Vries (1986), Jayaraman (2000) e Freese (1984):

$$S^2 = \frac{\sum_{p=1}^n (\bar{V}_p)^2 - \left( \sum_{p=1}^n \bar{V}_p \right)^2}{n-1} \quad (1)$$

$$S^2 = \frac{1}{2n(n-1)} \sum_{p=1}^{n-1} [d(y_i)]^2 \quad (2)$$

$$S^2 = \frac{\sum_{h=1}^L \sum_{i=1}^{N_h} (y_{hi} - \bar{Y})^2}{N-1} \quad (3)$$

Para os erros padrão temos as fórmulas para a amostragem aleatória simples (4), sistemática (5) e estratificada (6), segundo de Vries (1986), Jayaraman (2000) e Freese (1984):

$$S_y = \sqrt{\frac{S^2}{n} \left( 1 - \frac{n}{N} \right)} \quad (4)$$

$$S_y = \sqrt{\frac{S^2}{n} \left( 1 - \frac{n}{N} \right)} \quad (5)$$

$$S_y = \sqrt{\frac{1}{N^2} \sum_{h=1}^L \left[ \frac{N_h^2 S_h^2}{n_h} \left( 1 - \frac{n_h}{N_h} \right) \right]} \quad (6)$$

Onde:  $\bar{V}_p$  é o volume médio por parcela,

$d(y_i) = y_{(i+1)} - y_{(i)}$ ,

$y_{(i)}$  é o volume observado por parcela,

L é o número de estratos,

$N_h$  é o número de unidades amostrais do estrato h ( $h = 1, 2, \dots, L$ ),

$y_{hi}$  é o volume da unidade amostral i no estrato h,

$\bar{Y}$  é a média da população,

$S_h^2$  = variância dentro do estrato h (as variâncias dentro de cada estrato são calculadas do mesmo modo que a variância na amostragem aleatória simples),

$n_h$  é tamanho da amostra no estrato h,

$N_h$  é tamanho do estrato h,

O factor  $\left(1 - \frac{n}{N}\right)$  é o factor de correcção da população finita e se  $\left(\frac{n}{N}\right)$  for menor que 0,05 o factor de correcção da população finita ignora-se (Freese, 1984 e de Vries, 1986).

$\left(1 - \frac{n_h}{N_h}\right)$  é o factor de correcção da população finita na amostragem estratificada.