

634.0.5:582

Cua

Eng. T-17



Enh. P17

UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE AGRONOMIA E ENGENHARIA FLORESTAL

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

Projecto Final de Licenciatura

23311

**INFLUÊNCIA DO TAMANHO DA PARCELA NO DESVIO
PADRÃO NUM INVENTÁRIO FLORESTAL DUMA
PLANTAÇÃO DE *Eucalyptus grandis***

Autor: Cláudio João Cuaranhua

Supervisor: Eng.º Samuel João Soto (MFor)

Maputo, Setembro - 2004

Cláudio João Cuaranhua¹

Eng.º Samuel João Soto (MFor)²

**Trabalho de Projecto final submetido para obtenção do grau de
Licenciatura em Engenharia Florestal pela Faculdade de Agronomia e
Engenharia Florestal da Universidade Eduardo Mondlane**

¹ Autor e então Estudante do Departamento de Eng.º Florestal (DEF), FAEF - UEM

² Supervisor e Docente da Secção de Economia e Maneio Florestal do DEF - FAEF - UEM

DEDICATÓRIA

Dedico aos meus pais

João Cuaranhua e Glória João Cavinho,

que sempre acreditaram em mim.

"Ninguém é mestre de si mesmo"

(Provérbio africano)

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus e a minha família;

Agradeço ao Eng.º Soto pela sábia e importante orientação que vigorosamente efectuou no meio de diversas e grandes vicissitudes.

Ao meu colega e “munna” Tarquínio Magalhães que muito colaborou e apoiou-me nas duras e difíceis actividades (“medição de DAP’s”) do inventário e ao Doutor Adolfo Bila, sempre disponível para a mitigação dos problemas de efectivação do projecto. Este agradecimento é extensivo Sr. Paul, proprietário da plantação da Casa Lisa pela disponibilidade a qual manifestou ao oferecer todo o apoio e informação que permitiram a realização das actividades.

Os meus agradecimentos estendem-se a todos que directa e indirectamente se envolveram e apoiaram-me tornando este projecto realidade em particular ao Eng. Nhamucho, ao dr. Macandza, ao Sr. Chiconela, e em geral aos meus colegas, docentes e aos funcionários do Depto. de Engenharia Florestal pela ajuda, encorajamento e colaboração a quando da efectivação deste projecto.

Agradeço ao tio Cavinho e padrinho Sabonete e aos meus amigos* Fulane, Marenja, Xavier, Filipe Ilídio, Maria Julieta, Nascimento e Edson Marina que sempre apoiaram-me e encorajaram-me e positivamente criticaram garantindo o sucesso deste projecto.

Agradeço a toda e qualquer colaboração critica com vista à melhoria deste trabalho.

A TODOS MUITO OBRIGADO!

* Aqueles não citados não são menos importantes.

ÍNDICE

PÁGINA

Resumo.....	vi
Lista de Tabelas, Figuras e Anexos	vii
Lista de Abreviaturas	viii
1. INTRODUÇÃO E FUNDAMENTAÇÃO.....	1
1.1. INTRODUÇÃO	1
1.2. FUNDAMENTAÇÃO DO ESTUDO	2
2. OBJECTIVOS DO ESTUDO.....	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1. GENERALIDADES.....	4
3.2. AMOSTRAGEM	4
3.3. DESENHO DA AMOSTRAGEM	5
3.4. TAMANHO DA PARCELA	7
4. MATERIAIS E MÉTODOS	9
4.1. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	9
4.2. MATERIAIS E EQUIPAMENTOS	9
4.3. MÉTODOS	9
4.3.1. Trabalho de campo	9
4.3.2. Processamento dos dados	10
4.3.3. Análise estatística.....	11
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	12
5.1. RESULTADOS	12
5.2. DISCUSSÃO	18
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	23
6.1. CONCLUSÕES	23
6.2. RECOMENDAÇÕES	24
7. BIBLIOGRAFIA	25
ANEXOS	28

RESUMO

Com vista a identificação de um tamanho da parcela ideal para a realização de inventários florestais em plantações foi feita uma avaliação da influência do tamanho da parcela no desvio padrão de um inventário florestal numa plantação de eucaliptos. O estudo foi realizado pela necessidade da definição de um tamanho de parcela que seja representativo para fornecer volumes realísticos, precisos e que simultaneamente o seu estabelecimento conduza a redução dos custos, tomando como base, teorias cientificamente válidas, os objectivos do inventário e as condições locais.

A área de estudo foi a plantação da Casa Lisa, que localiza-se no posto administrativo Maluana, distrito de Manhiça. O inventário consistiu no estabelecimento de quatro diferentes tamanhos de parcela. Para cada tamanho de parcela foi estabelecida uma amostra de 25 parcelas distribuídas por toda área com recurso ao sistema de amostragem aleatória simples. Nestas parcelas foram colectados dados de DAP e altura das árvores, que foram usadas para determinar os volumes da parcela.

O estudo consistiu no cálculo do desvio padrão (DP) dos volumes obtidos dos diferentes tamanhos de parcela e com eles determinou-se a precisão dos inventários pelo desvio padrão e erro de amostragem obtidos. A parcela maior, com 0,2 ha, ofereceu o desvio padrão mais baixo, o que significa que este tamanho oferece maior precisão. Dos tamanhos de parcela, observar-se que o aumento do tamanho da parcela causa no desvio padrão um decréscimo exponencial até um valor quase constante de DP onde o decréscimo tende a anular-se. O tamanho de parcela a este desvio padrão pode considerar-se ideal, visto que o aumento da área da parcela não oferece um aumento na precisão.

Em análise ao coeficiente de variação (CV) verifica-se que o povoamento é homogéneo, com CV de 11% na parcela mais precisa e que o tamanho das árvores segue a distribuição normal. Desta distribuição, observa-se que na plantação encontram-se cerca de 700 arv/ha, ao em vez das 1111 arv/ha esperadas. O DAP médio do povoamento está entre 9 – 11 cm.

Os diferentes tamanhos de parcela produzem volumes com diferenças e que somente as parcelas de 0,05 ha e 0,2 ha produzem volumes sem diferenças. Existe uma forte dependência do desvio padrão sobre o tamanho da parcela. Esta dependência é verificada pela análise de regressão linear e exponencial, que mostram que respectivamente 86% e 96% da redução do DP é causada pelo aumento do tamanho da parcela. O coeficiente de determinação do modelo exponencial mostra que este descreve melhor a relação entre as variáveis de estudo. O modelo linear sugere que o tamanho de parcela ideal é de 0,23 ha.

Conclui-se, que o tamanho da parcela influencia o DP do inventário e que as parcelas maiores oferecem maior precisão que as menores. As parcelas menores podem ser usadas, pelo facto de produzirem volumes sem diferenças dos volumes obtidos das parcelas maiores. Para isso, a intensidade de amostragem deve ser elevada com o fim de obter-se maior representatividade e consequentemente maior precisão.

LISTA DE TABELAS, FIGURAS E ANEXOS

Página

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Resultados dos parâmetros dendrométricos nos diferentes tamanhos de parcela 12

Tabela 2 - Efeito do tamanho da parcela sobre os parâmetros estatísticos calculados. 13

Tabela 3 – Análise de variância para volume médio (m³/ha). 14

Tabela 4 - Comparações múltiplas entre médias (DMS) para o volume médio do povoamento. 14

Tabela 5 – Resumo do teste comparativo entre os volumes obtidos dos diferentes tamanhos. 14

Tabela 6 – Efeito do tamanho da parcela no volume total da plantação. 15

Tabela 7 – Tempo necessário para a medição das variáveis da parcela em minutos. 15

Tabela 8 – Equações de regressão testadas para avaliar a relação entre o tamanho da parcela e desvio padrão. 17

Tabela 9 - Resultados estatísticos do inventário do eucaliptal de Casa Lisa ao nível da parcela e ao hectare vii

Tabela 10 - Efeito do tamanho da parcela sobre o volume comercial (m³/ha) viii

Tabela 11 - Efeito do tamanho da parcela sobre o volume comercial da plantação (m³). viii

Lista de Figuras

Figura 1– Comportamento do volume (m³/ha) em resposta à variação do tamanho da parcela. 13

Figura 2 – Comportamento do desvio padrão do volume em resposta a variação do tamanho da parcela 16

Figura 3: Efeito do tamanho da parcela sobre DP (m³/ha) e o tempo médio (min) de medição das parcelas. 16

Figura 4 – Correlação entre o desvio padrão e o tamanho da parcela. 17

Figura 5 – Distribuição diamétrica do povoamento a partir da parcela de 0,2 ha. 17

Lista de Anexos

Anexo 1 – Ficha de campo usada para a colecta das variáveis dendrométricas. vi

Anexo 2 – Resultados do Inventário. vii

Figura 6 – Comportamento do DP (m³/pca) em resposta ao aumento do tamanho da parcela. viii

Anexo 3 - Efeito do tamanho da parcela no volume comercial viii

Anexo 4 –Mapas de localização da área de estudo (Eucaliptal da Casa Lisa). ix

LISTA DE ABREVIATURAS

ANOVA	Analysis of variance (Análise de variância)
arv	Árvore
cm	Centímetros
CV	Coefficiente de variação
DAP	Diâmetro à altura do peito (1,30 m do solo)
DMS	Diferença mínima significativa
DP	Desvio padrão
EA	Erro de amostragem
EN1	Estrada Nacional nº 1
GPS	Geographic Position System (Sistema de Posicionamento Geográfico)
ha	Hectares
IA	Intensidade de amostragem
IC	Intervalo de confiança
Km	Quilometro
m	Metros
m ²	Metros quadrados
m ³	Metros cúbicos
pcl	Parcela
vol	Volume

1. INTRODUÇÃO E FUNDAMENTAÇÃO

1.1. Introdução

O inventário florestal é um procedimento para obtenção de informação da quantidade e da qualidade do recurso florestal e de outras características da área como a estimativa da área, as estimativas de crescimento, a capacidade de fornecimento de madeira e quando necessária informação sobre os recursos recreativos, a fauna bravia e outros valores não madeireiros (Husch, *et al* 1983).

Um dos problemas do inventário florestal é o custo necessário para obter o detalhe, a precisão e a exactidão requeridos nos resultados. Estes factores são agravados pelo pouco tempo disponível, pela topografia e pela acessibilidade do local. Por isso, é necessário estabelecer um plano do inventário compreensivo e que todas as actividades sejam claras, quanto aos dados a obter, ao suporte financeiro e logístico e aos procedimentos técnicos a adoptar (Husch, *et al* 1983).

A informação dum inventário florestal é obtida pela medição de parâmetros dendrométricos para avaliação das árvores e de outras características da área que pode ser feita no campo ou por *remote sensing*. O inventário completo é usualmente impossível uma vez ser impraticável medir todas as árvores, sendo frequente o uso do processo de amostragem que pode fornecer toda a informação necessária em menos tempo e a baixo custo. A amostragem consiste em fazer observações numa parte da população para obter estimativas representativas desta. O principal problema da amostragem é obter uma amostra que seja representativa da população para que se possam fazer estimativas realísticas acerca dos parâmetros da população. Segundo Husch, *et al* (1983) e Jayaraman (2000), como resultado da aplicação de métodos de amostragem o erro de amostragem está sempre presente.

O erro de amostragem resulta do facto de a amostra ser parte da população. O cálculo do erro de amostragem é um requisito básico para a planificação do inventário florestal visto que este tende a minimizar a intensidade de amostragem e por consequência os seus custos (Prevôst *et al*, 1972).

A precisão de um inventário florestal (com base na amostragem) é indicada pelo erro de amostragem e a exactidão do inventário refere a proximidade das medições ao verdadeiro

valor do parâmetro. A exactidão alcança-se pelo desenho e execução do inventário e uma precisão aceitável pela eliminação ou redução dos erros de amostragem. Quando o erro amostragem é elevado deve-se tentar reduzi-lo pelo uso de amostras grandes (Husch, *et al* 1983). Segundo Philip (1983) as unidades de amostragem grandes são geralmente mais eficazes na representação da variação do que as pequenas, contudo, são as mais difíceis de demarcar e medir. Em contrapartida, um elevado número de pequenas unidades de amostragem fornece estimativas mais precisas do que um reduzido número unidades de amostragem grandes. Philip (1983) e Stellingwerf (1993), mostram que a variância e o coeficiente de variação diminuem com o incremento do tamanho da parcela e que o valor do decréscimo diminui até um limite óptimo. O objectivo é encontrar um tamanho de parcela no qual o valor do decréscimo é menor e os riscos de sobre estimativa são ainda menores.

A avaliação do sucesso do inventário florestal por amostragem é feita pela análise da variação ou dispersão dos dados que reflecte o nível pelo qual os valores unitários variam em relação à média. A dispersão é expressa pelo desvio padrão e o seu quadrado indica a variância. Quando expresso em percentagem é chamada coeficiente de variação (Jayaraman, 2000). A importância do desvio padrão está na determinação do erro padrão da média. O erro padrão é diferença entre a estimativa obtida da amostra e a população e é importante porque permite fazer estimativas do erro de amostragem e do intervalo de confiança do inventário.

No estabelecimento da unidade de amostragem (parcela) é importante considerar a localização, a demarcação, o tamanho e a forma, sendo as duas últimas as que mais influenciam a eficiência do inventário, visto envolverem aspectos como: a efectividade desta representar a variação da população, a fácil definição de fronteiras, a conveniência e o custo.

1.2. Fundamentação do Estudo

Um problema que surge no inventário florestal é a escolha das dimensões das parcelas a usar, tanto em pesquisas como em inventários ou no manejo de floresta. A escolha do tamanho de parcela ideal reduz o efeito da variabilidade ambiental sobre os resultados melhorando a precisão do inventário.

Como resultado de muitos estudos em povoamentos na Europa foi estabelecido o método de amostragem por parcelas circulares de área fixa (de 0,05 ha) que se mostrou mais adequado as condições desta região. A vantagem deste método está na possibilidade de correcção com a

topografia (pendente) do terreno (Pereira, 1998). Contudo, a escolha do uso deste tamanho de parcela em Moçambique é pouco claro ou até mesmo hipotético, e que muitas vezes não reflecte os objectivos estabelecidos, as condições da região e até mesmo a heterogeneidade do povoamento a inventariar. Estes aspectos sugerem que a parcela a usar em inventários florestais deve ser suficientemente grande para incluir a heterogeneidade do povoamento e pequena para manter os custos baixos.

O estudo foi realizado no eucaliptal da Casa Lisa com propósito de contribuir com teorias e ferramentas cientificamente válidas, que permitam a escolha de um tamanho de parcela ideal de acordo com os objectivos do inventário, as condições específicas da área e a representação eficaz da heterogeneidade de plantações em Moçambique.

2. OBJECTIVOS DO ESTUDO

O estudo foi realizado com o objectivo geral de identificar o tamanho da parcela recomendável para a realização de inventários florestais em plantações. E para alcançar este objectivo os seguintes estudos foram realizados:

- i. Realização de inventários com estabelecimento de quatro tamanhos de parcela;
- ii. Estimativa dos principais parâmetros dendrométricos e estatísticos para a população a partir dos tamanhos de parcela estabelecidos;
- iii. Medição dos tempos de inventariação das parcelas dos diferentes tamanhos;
- iv. Comparação dos parâmetros dos diferentes inventários sob ponto de vista da precisão;
- v. Avaliação da dispersão do volume da população em relação a média obtida a partir dos diferentes tamanhos de parcela.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Generalidades

O inventário florestal constitui uma base de obtenção de dados e informações necessárias para a planificação do manejo e regulação da produção numa floresta. Em plantações o inventário fornece informação sobre o efeito dos tratamentos, dos danos, dos estoques, da alocação dos diferentes usos de terra, da distribuição de recursos naturais e do plano de manejo, o que permite comparar o comportamento da floresta com predições de tabelas ou modelos de crescimento. Desde que se iniciou com a gestão formal das florestas naturais e artificiais, os procedimentos do inventário tem estado a evoluir, tal é o caso do estudo da correlação entre duas variáveis ou o efeito de uma variável independente sobre outra dependente. Por exemplo, a relação entre o diâmetro a altura do peito (DAP), a altura da árvore e o factor de forma, que levou ao desenvolvimento de tabelas de volume para espécies particulares. A recorrência ao inventário é útil onde a predição do crescimento é com base em dados inadequados e também onde grandes indústrias madeireiras estão dependentes da floresta (Philip, 1983).

O inventário florestal, embora dependendo dos objectivos, compreende basicamente as seguintes etapas: a organização preliminar, organização da informação, trabalho de campo e análise e interpretação dos resultados. Destas etapas, o trabalho de campo que envolve a recolha de dados é a mais trabalhosa e custosa e depende em grande parte do tipo de amostragem, da intensidade de amostragem e do tamanho da unidade de amostragem.

3.2. Amostragem

Em geral, a medição de toda a floresta é impraticável pelos elevados custos acarretados e longo período de tempo envolvido. Usa-se assim, a amostragem, na qual uma amostra representativa da área é seleccionada. A amostragem é o processo mais eficiente e utilizado em inventários florestais, principalmente quando pretende-se inventariar grandes áreas florestais. A amostra pode ser definida como uma parte da população, constituída de indivíduos que apresentam características comuns as da população, quanto à variável a ser estimada. Uma amostra é constituída por unidades de amostragem sobre as quais se faz a estimativa das variáveis de interesse da população. As unidades de amostragem podem ser parcelas, pontos de amostragem, árvores, entre outros.

Vários estudos mostram que o tamanho da unidade de amostragem afecta a estimativa da variância e do desvio padrão para uma dada população, numa relação funcional exponencialmente negativa.

A variância e o desvio padrão medem a variação ou dispersão dos valores individuais em volta da média. A variância tem a desvantagem de não ser expressa em unidades de medida. O desvio padrão fornece um número que indica a intensidade na qual determinados valores dispersam-se da média. Corresponde à raiz quadrada da variância e é expresso nas mesmas unidades da variável em análise. É por isso, a medida mais usada na comparação entre grupos (Philip, 1983 e Jayaraman, 2000).

Pela recorrência da amostragem o inventário está sujeito a erros que inclui os erros de amostragem e erros de medição. O erro de amostragem resulta do facto de a amostra ser uma porção da população e que pode não produzir estimativas idênticas às da população. Este erro depende do tamanho das unidades de amostragem e do sistema de amostragem usados. Os erros de medição podem ser problemas de validade (erros sistemáticos) e fidelidade (erros aleatórios) das medidas, causados pelo inquiridor. Tenta-se então obter a maior precisão pelo desenho e execução de um inventário que reduza ou elimine os erros de amostragem. Quando o erro é grande deve-se tomar atenção a sua redução, antes que o tamanho da unidade de amostragem seja aumentado (Husch *et al*, 1983).

3.3. Desenho da amostragem

A amostragem é geralmente classificada nos seguintes tipos:

- a) Aleatória, quando as unidades de amostragem são escolhidas ao acaso;
- b) Sistemática, quando a selecção da primeira unidade de amostragem é aleatória e as demais unidades são automática e sistematicamente distribuídas na população;
- c) Misto, quando dois ou mais estágios são envolvidos, ou os processos aleatório e sistemático são usados simultaneamente.

Estes três tipos de amostragem levaram elaboração de diversos desenhos ou sistemas de amostragem. Estes desenhos são determinados pelo tipo, número, modo de selecção e distribuição das unidades de amostragem sobre a área, bem como pelos procedimentos a serem tomados na medição e análise dos resultados. De um modo geral dos desenhos usados em inventários florestais destacam-se as amostragens: aleatória simples, aleatória estratificada, multi-estágio, selectiva, sistemática, entre outras. A diferença básica entre os

desenhos de amostragem está no facto de algumas assumirem que a probabilidade de selecção da unidade de amostragem deve ser maior que zero e igual para todas as unidades de amostragem, enquanto que, outras pressupõem que as amostras sejam escolhidas sistematicamente ou por opção (Husch, *et al*, 1983). Para efectivação deste estudo foi usada a amostragem aleatória simples, pelas características e vantagens desta sobre os outros sistemas no caso do tipo de florestas em estudo.

A amostragem aleatória simples é considerada a forma mais simples de amostragem e a base de muitos dos outros sistemas de amostragem. Trata-se de um sistema mais aplicado para o primeiro levantamento numa investigação ou para estudos que envolvem a amostragem numa área pequena (Husch, *et al*, 1983). O procedimento desta amostragem pressupõe que cada combinação possível das unidades de amostragem tenha a mesma possibilidade de ser escolhida.

Das desvantagens da amostragem aleatória, Husch, *et al* (1983) salienta:

- i. A distribuição irregular das unidades de amostragem na floresta que associada a baixa acessibilidade pode resultar em custos de movimentação e localização das parcelas mais elevados.
- ii. A necessidade de se criar um sistema de aleatorização das unidades de amostragem;
- iii. As dificuldades de localização de unidades de amostragem dispersas no terreno;
- iv. O consumo de tempo não produtivo no percurso entre unidades de amostragem;
- v. A possibilidade de distribuição gregária das unidades o que pode resultar numa irreal estimativa da média, desvio padrão e outros parâmetros.

Se o pesquisador tiver informação sobre a população amostrada, outros métodos que se mostrem mais eficientes e convenientes para organização e implementação do levantamento podem ser adoptados (Jayaraman, 2000). O inventário florestal usando a amostragem aleatória simples requer fotografias aéreas ou mapas para estabelecer o mapa das unidades de amostragem. As unidades de amostragem podem ser escolhidas usando qualquer procedimento de selecção aleatória, com ou sem reposição, no qual a primeira ocorre se, houver possibilidade de uma unidade de amostragem ser seleccionada mais de uma vez (Husch, *et al*, 1983).

3.4. Tamanho da parcela

A parcela também considerada unidade de amostragem é espaço físico de pequena área sobre o qual são observadas e medidas as variáveis ou características quantitativas e qualitativas da população. Dentre as diversas características das parcelas salientam-se o tamanho a forma e a distribuição no terreno (<http://www.ambientebrasil.com.br>).

A escolha do tamanho da parcela depende do tamanho dos indivíduos que compõem a população, da fase de desenvolvimento da floresta e do objetivo do levantamento. Isto significa que, a escolha do tamanho da parcela deve considerar a dispersão ou heterogeneidade dos indivíduos da população. Entretanto, Husch, *et al* (1983) afirma que estimativas sem tendência de volumes ou de outros parâmetros podem ser obtidos a partir de parcelas de qualquer tamanho e forma, embora a precisão e o custo do levantamento possa variar significativamente.

Quanto a forma, as parcelas podem ser quadradas, triangulares, rectangulares, circulares e irregulares. Geralmente as formas de parcelas rectangulares são mais eficientes, pois as parcelas alongadas possuem grande probabilidade de incluir maior quantidade de agrupamentos, ou seja, ser mais representativas (<http://www.ambientebrasil.com.br>).

Uma das maneiras mais indicadas para a distribuição das parcelas no campo, é a distribuição das parcelas ao longo de uma linha, em intervalos aproximadamente iguais ao comprimento da parcela, o que possibilita que uma maior variabilidade seja amostrada e permitindo a obtenção de valores médios representativos (<http://www.ambientebrasil.com.br>).

Alguns procedimentos para identificação do tamanho óptimo da parcela foram propostos por Masavage e Grosenbaugh (1956), Freese (1962), Tardif (1965) entre outros. Zeide (1980) apresentou um procedimento para as amostragens aleatória simples e estratificada em única fase, no qual estabeleceu que o tamanho óptimo de parcela é o que minimiza o tempo total necessário para a localização e medição das parcelas para atingir uma dada precisão. Tendo desenvolvido a equação (Husch, *et al*, 1983):

$$\text{Tamanho óptimo de parcela (TOP): } TOP = P_1 \left(\frac{t}{m} \right)^2 \quad (1)$$

Onde: P_1 – tamanho da parcela usado na fase preliminar para avaliar o tempo e a variação;

t – tempo médio de caminhada entre parcelas vizinhas e

m – tempo médio para medição da parcela de tamanho P_1 .

A expressão (1) indica a distância máxima entre parcelas e o tempo máximo necessário para medi-la, que quando otimizado deve ser igual ao tempo que será gasto para caminhar e medir.

Outro estudo sobre tamanho e a forma de parcelas experimentais de *Eucalyptus grandis* foi efectuado por Soares (1980), pelo método de informação relativa, em que concluiu que parcelas rectangulares de 500 m² (10 m x 50 m) eram as melhores (<http://www.dcf.ufla.br/Cerne/revistav2n1-1996/FLOREST1.DOC>.)

Na América do norte o tamanho de parcela mais comum é de 0,2 a 0,25 acre (cerca de 0,08 a 0,1 ha respectivamente) e na Europa 0,01 a 0,05 ha. Em florestas tropicais devido a sua grande heterogeneidade as parcelas grandes mostraram-se mais úteis. O princípio da escolha do tamanho da parcela deve considerar que esta seja suficientemente grande para incluir um número representativo de árvores e suficientemente pequena de modo que o tempo necessário para sua medição não seja excessivo. No entanto, para florestas densas de pequenas árvores as parcelas devem ser relativamente pequenas e o contrário para florestas de árvores grandes e espaçadas (Husch, *et al* 1983). Devido a importância das árvores grandes na biomassa do povoamento, suposições por hectare acerca do número de árvores e do volume podem incorporar erros (Brown, 1997)

O coeficiente de variação (CV) reflecte a heterogeneidade da população. Os valores de CV mostram quão a parcela ou a população proporciona volumes homogéneos ou heterogéneos quando são respectivamente baixos ou altos. Em geral, as parcelas maiores são mais eficientes que as menores. Porém, numa floresta homogénea, a precisão a uma dada intensidade de amostragem tende a ser maior para parcelas pequenas do que para as grandes devido ao número maior de unidades de amostragem independentes. O tamanho de parcela mais eficiente é também influenciado pela variabilidade da floresta, isto significa que, quando parcelas pequenas são usadas em florestas heterogéneas, coeficientes de variação elevados serão obtidos e nestes casos são desejáveis parcelas de maior tamanho (Stellingwerf, 1993 e Husch, *et al*, 1983).

Em inventários florestais, ao em vez de parcelas, podem ser usadas faixas (contínuas), no qual são subdivididas em pequenas unidades de registo. Uma vantagem do uso de faixas contínuas é que a observação é feita a toda faixa, não havendo tempo improdutivo entre as unidades de amostragem, a desvantagem está no número reduzido de unidades de amostragem que resulta num grau de liberdade pequeno (Husch, *et al* 1983).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Descrição da área de estudo

O estudo foi realizado na plantação de Casa Lisa, localizada no Posto administrativo de Maluana, distrito da Manhica, na Província de Maputo, a cerca de 50 Km da cidade de Maputo (Anexo 4). Segundo Larrobla *et al*, (1985), esta região encontra-se na unidade ecológica (UE) 52 que abrange a faixa sub-litoral no centro do distrito de Manhica atravessando o distrito de Marracuene até parte de Matola e Maputo (cidade). Encontra-se a uma altitude de 35 m e é caracterizada por ter solos arenosos, clima sub-húmido seco com estação seca entre Abril a Setembro/Outubro e estação húmida de 90-180 dias/ano. A precipitação média anual está entre 800 e 1000 mm e a temperatura média anual é de cerca de 23 °C.

A plantação tem 8,5 ha com forma regular e mede 398 m de comprimento e 238 m de largura. A acessibilidade é boa visto que está a 100 m da Estrada Nacional nº 1. Trata-se numa plantação estabelecida em 1996 com base num clone *Eucalyptus grandis*, com espaçamento das árvores de 3 m x 3 m. No eucaliptal identificam-se 3 grandes compartimentos com 35, 60 e 25 linhas por 10 filas cada. Segundo Larrobla *et al* (1985) o *E. grandis* requer Pp média 1020 – 1200 mm e ocorre muitas vezes associado ao *E. saligna*, mostrando aptidão potencial apenas nas unidades ecológicas 3, 11, 14 e 40, caracterizadas por altitudes elevadas e temperaturas médias anuais relativamente baixas.

4.2. Materiais e equipamentos

Os materiais usados foram: 2 GPS-Garmin, 2 bússolas, 2 sutas de alumínio, fichas de registo, 2 fitas métricas (50 m), 2 cordas, esferográficas, lápis e borracha.

4.3. Métodos

4.3.1. Trabalho de campo

O inventário foi realizado entre 26 de Janeiro e 9 de Fevereiro de 2004. O trabalho de campo consistiu na recolha de dados dendrométricos (DAP e altura) necessários para a determinação do volume da plantação. Foi previamente efectuada uma visita de reconhecimento com uso do GPS, para obtenção de coordenadas que permitiram definir dos limites e dimensões da plantação e gerar o respectivo mapa. Em seguida foram criados quatro tipos de unidades de

amostragem rectangulares, de 0,05 ha, 0,1 ha, 0,15 ha e 0,2 ha com largura constante de 20 m e comprimento de 25, 50, 75 e 100 m respectivamente. Para cada tamanho de parcela criou-se um mapa, onde as parcelas de cada tamanho de parcela foram enumeradas no sentido norte-sul, o que resultou em 170, 85, 57 e 42 parcelas para 0,05 ha, 0,1 ha, 0,15 ha e 0,2 ha respectivamente. Para a selecção e distribuição das 25 parcelas que constituíram a amostra, usou-se a amostragem aleatória simples. O uso de 25 parcelas deveu-se ao facto de para pré-inventários ou pesquisas, 25 ser um número de unidades de amostragem aceitável a partir do qual se podem obter resultados indicativos de parâmetros da população (Freese, 1990). Simultaneamente o número de parcelas a usar, foi estabelecido com vista a permitir a realização dos 4 inventários com as limitações de capital e o tempo existentes.

Após o estabelecimento da parcela seguiu-se a colecta das variáveis de interesse onde foram colhidos dados de DAP's e alturas total e comercial de todas as árvores de cada parcela, e anotados o número de árvores mortas, rebrotadas e o tempo gasto na medição das parcelas. Este processo foi executado por três equipas de três pessoas cada, compostas cada uma por um chefe de equipa e registador, um medidor de DAP e um estimador de alturas.

4.3.2. Processamento dos dados

Os dados foram processados e analisados considerando cada tamanho de parcela estudado e o tipo de amostragem usado, tendo as seguintes equações sido usadas com vista a determinação dos seguintes parâmetros:

$$\text{Volume individual} \quad V_i = \frac{\pi}{4} \text{dap}^2 H.f \quad (2)$$

onde H – altura da árvore e f – factor de forma = 0,8 e 0,9 para volume individual total e comercial da árvore respectivamente);

$$\text{Volume da parcela} \quad V_p = \sum_{i=1}^n V_i \quad (3)$$

$$\text{Volume da área (V)} \quad V_t = V_h \times A_t \quad (4)$$

Para análise estatística dos resultados obtidos e observando o sistema aleatório simples, foram usadas as seguintes equações:

$$\text{Variância} \quad S^2 = \frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^m (y - \bar{y})^2 \quad (5)$$

Onde y é o volume total e \bar{y} é o volume médio da parcela i

$$\text{Desvio padrão} \quad S = \sqrt{S^2} \quad (6)$$

$$\text{Erro padrão} \quad S_x = \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (7)$$

$$\text{Coeficiente de variação} \quad CV = \frac{S}{x} \quad (8)$$

$$\text{Erro de amostragem absoluto} \quad Ea = \pm tS_x \quad (9)$$

$$\text{Erro de amostragem relativo} \quad Er = \pm \frac{tS_x}{x} \times 100\% \quad (10)$$

$$\text{Intervalo de confiança da média:} \quad \mu = \bar{x} \pm tS_x \quad (11)$$

onde μ - média populacional e t é o valor da tabela de t-Student's ao nível de 95% de probabilidade.

4.3.3. Análise estatística

Os volumes obtidos dos diferentes tamanhos de parcela foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e teste DMS. Fez-se a comparação dos volumes médios obtidos dos diferentes tamanhos de parcela com base no teste de ANOVA a 95% de probabilidade. O teste de DMS foi feito para identificar os pares de tamanho de parcela sobre os quais se observam as diferenças. Para tal uma hipótese nula (H_0) foi proposta H_0 : os volumes médios obtidos dos diferentes tamanhos de parcela não são diferentes entre si ($\mu_{0,05\text{ha}} = \mu_{0,1\text{ha}} = \mu_{0,15\text{ha}} = \mu_{0,2\text{ha}}$).

$$DMS = t_{v,\alpha} \sqrt{\frac{2s^2}{r}} \quad (12)$$

Onde: $t_{v,\alpha}$ - valor de t-Student's a α nível de significância e v graus de liberdade;

s^2 é quadrado médio do erro (QME) e

r é o número de parcelas para cada um dos tamanhos de parcelas comparadas

O valor coeficiente de variação (CV) dos volumes dos diferentes tamanhos de parcela serviu de indicador da heterogeneidade da plantação.

A análise de regressão e correlação foi efectuada para avaliar o nível de relação e o grau de associação entre o tamanho da parcela e o desvio padrão obtido.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Resultados

Os dados colectados do(s) inventário(s) forneceram os resultados que se seguem. O seu processamento e análise tomou em consideração o volume obtido das diferentes parcelas para avaliação do DP, CV e outros parâmetros dendrométricos e estatísticos.

Tabela 1 – Resultados dos parâmetros dendrométricos nos diferentes tamanhos de parcela.

Parâmetro	Tamanho da parcela			
	0,05 ha	0,1 ha	0,15 ha	0,2 ha
Árvores/pcl	± 40	± 57	± 101	± 169
Árvores esperadas/pcl	56	119	175	231
Arv/ha	800	570	673	845
Mortalidade (%)	26,5	49,1	42,3	28,6
Sobrevivência (%)	73,5	50,9	58,7	71,4
Rebrotação (%)	66,6	60,9	55,7	56,75
DAP médio (cm)	9,81	9,97	9,95	9,91
Altura média (m)	9,78	9,79	9,78	9,79
Altura comercial média (m)	8,02	7,95	8,02	7,77
Volume médio (m ³ /ha)	59,677	27,846	44,685	52,586
Volume comercial médio (m ³ /ha)	54,307	25,442	41,346	46,517
Volume da área (m ³)	507,020	236,579	379,650	443,144

A Tabela 1 mostra que os volumes da plantação obtidos dos diferentes tamanhos de parcela foram os seguintes: 237 m³, 380 m³, 443 m³ e 507 m³ para os tamanhos de parcela de 0,1 ha, 0,15 ha, 0,2 ha e 0,05ha respectivamente. O DAP médio do povoamento foi de cerca de 10 m. As alturas médias total e comercial das árvores do povoamento foram de 10 m e 8 m respectivamente. A mortalidade foi de aproximadamente 30% quando usadas as parcelas de 0,05 ha e 0,2 ha. A parcela de 0,1 ha foram encontradas em média poucas árvores o que reportou a mais elevada mortalidade (50%). A rebrotação mostra-se próxima a 60% nas parcelas de 0,1 ha, 0,15 ha e 0,2 ha e chega a alcançar 67% quando usadas as parcelas de 0,05 ha.

A Figura 1 mostra uma tendência irregular do volume com o aumento do tamanho da parcela. Contudo, de um modo geral a tendência do volume é de aumento com o aumento do tamanho da parcela. O uso de parcelas de 0,05 ha fornece o volume mais elevado do estudo, seguida duma redução acentuada nas parcelas de 0,1 ha e retoma-se a tendência crescente nas parcelas (restantes) de 0,15 ha e 0,2 ha. De salientar que a parcela 0,1 ha forneceu o volume médio mais baixo em relação as restantes parcelas.

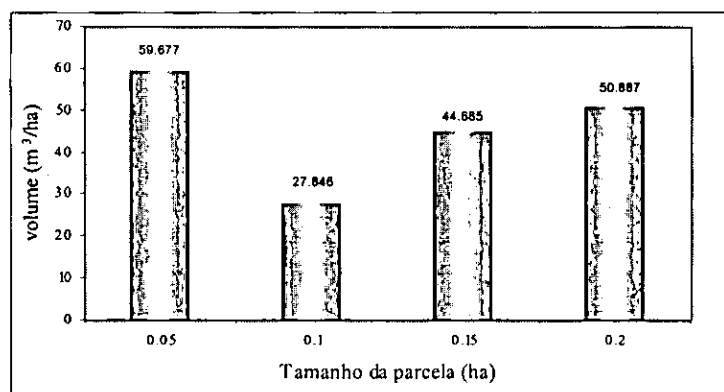


Figura 1— Comportamento do volume (m^3/ha) em resposta à variação do tamanho da parcela.

Os volumes obtidos dos diferentes tamanhos de parcela produzem desvios padrão que diminuem com o aumento do tamanho da parcela. Esta diminuição tende a estabilizar-se com o uso de parcelas de tamanho maior (0,2 ha). Tal faz prever que um aumento acima de 0,2 ha poderá resultar num ganho pouco significativo na precisão do inventário, ou seja, não resultara em grande diminuição do desvio padrão. O gráfico que relaciona o efeito do incremento gradual do tamanho da parcela sobre o desvio padrão mostra-se idêntico a um modelo exponencial negativo (Figura 2).

Tabela 2 - Efeito do tamanho da parcela sobre os parâmetros estatísticos calculados.

Parâmetro	Tamanho da parcela				
	0,05 ha	0,1 ha	0,15 ha	0,2 ha	
Número de parcelas de amostragem (n)	25	25	25	25	
Área amostrada (ha)	1,25	2,5	3,75	5	
Intensidade de amostragem (%)	14,7	29,4	44,1	58,9	
Volume da parcela (m^3/pcl)	2,984	2,785	6,703	10,177	
	médio (m^3/ha)	59,677	27,846	44,685	52,586
Variância (m^3/ha) ²	696,415	164,430	70,033	38,992	
Desvio padrão (m^3/ha)	26,390	12,823	8,369	5,918	
Erro padrão (m^3/ha)	5,278	2,565	1,674	1,184	
Coefficiente de variação (%)	44,221	46,050	18,728	11,255	
Erro de amostragem	absoluto (m^3/ha)	10,894	5,293	3,455	2,443
	relativo (%)	18,254	19,010	7,731	4,646
Intervalo de confiança (m^3/ha)	Limite inferior	48,783	22,552	41,231	49,715
	Limite superior	70,570	33,139	48,140	54,602

Da tabela 2 observa-se que o número constante de (25) parcelas, usado para os diferentes tamanhos de parcela resultou numa intensidade de amostragem (IA) variada, que aumenta com o aumento do tamanho da parcela. Observa-se também, que em resposta ao aumento do tamanho da parcela, o CV, o erro de amostragem (relativo), desvio padrão e o IC, manifestam

um comportamento decrescente com tendência a estabilizar-se com o uso da parcela maior (0,2 ha).

Da ANOVA a 95% de probabilidade (Tabela 3), observa-se que os volumes obtidos a partir dos diferentes tamanhos de parcela são significativamente diferentes ($P < 0,05$; $F_{cal (5\%,99)} = 18,629$), ou seja, o uso de diferentes tamanhos de parcela oferece volumes médios diferentes.

Tabela 3 – Análise de variância para volume médio (m^3/ha).

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	P-value	CV(%)
Tamanho de parcelas	3	13550,985	4516,995	18,629	0,000	
Erro	96	23276,899	242,468			
Total	99	36827,885				34,018

Os volumes médios diferentes não são obtidos em todos tamanhos de parcela. As parcelas de 0,05 ha e 0,2 ha produzem volumes médios sem diferenças significativas entre si. Os volumes médios com diferenças significativas são obtidos com o uso das parcelas de 0,1 ha e 0,15 ha (Tabelas 4 e 5).

Tabela 4 - Comparações múltiplas entre médias (DMS) para o volume médio do povoamento.

Tamanho da parcela (ha)		Diferença entre médias (I-J) (m^3/ha)	Erro padrão	Valor de P	Obs.
(I)	(J)				
0,05	0,1	31,831 *	5,868	0,000	Sig.
	0,15	14,992 *	5,537	0,004	Sig.
	0,2	8,790	5,424	0,056	Não sig.
0,1	0,15	16,840 *	3,062	0,000	Sig.
	0,2	23,041 *	2,853	0,000	Sig.
0,15	0,2	6,202 *	2,088	0,002	Sig.

* - diferença significativa entre os volumes médios a 5% de probabilidade

Tabela 5 – Resumo do teste comparativo entre os volumes obtidos dos diferentes tamanhos.

Tamanho da Parcela (ha)	Volume m^3/ha
0,05	59,677 a
0,1	27,846 b
0,15	44,685 c
0,2	52,586 a

Com base nos dados de volume médio, de DP e o erro padrão pode-se inferir sobre o volume da área e os intervalos de confiança respectivos (Tabela 6).

Tabela 6 – Efeito do tamanho da parcela no volume total da plantação.

Tamanho de parcela (ha)	Volume		Erro padrão da média (m ³)	IC (m ³)	
	(m ³ /ha)	(m ³)		Limite Inferior	Limite Superior
0,05	59,677	507,020	5,278	414,466	599,573
0,1	27,846	236,579	2,565	191,606	281,552
0,15	44,685	379,650	1,674	350,300	409,000
0,2	52,586	443,144	1,184	422,387	463,901

Os volumes comerciais médio e para toda a área, mostram o mesmo comportamento dos volumes totais, e os resultados desta análise são apresentados nas tabelas no Anexo 3.

Outra variável colectada foi o tempo necessário para a medição da parcela, ou seja, o tempo desde o estabelecimento à medição da última árvore da parcela. A medição desta variável visou avaliar o tempo necessário para efectivação dos diferentes inventários e deste resultado fazer suposições sobre os custos envolvidos. A Tabela 8 mostra os dados de tempos obtidos no qual se observa o tempo total, médio e parâmetros estatísticos relativos a esta variável. Com o aumento do tamanho da parcela, este parâmetro mostra uma tendência de aumento linear.

Tabela 7 – Tempo necessário para a medição das variáveis da parcela em minutos.

Parcela (ha)	Total total (min)	Tempo média (min)	Variância	Desvio padrão
0,05	201	6,700	5,390	2,322
0,1	307	12,792	7,650	2,766
0,15	427	17,792	26,955	5,192
0,2	663	27,625	56,505	7,517

A figura 2 mostra o gráfico que relaciona o tamanho da parcela e o DP dos volumes delas obtidos. O gráfico mostra que o aumento do tamanho da parcela resulta numa diminuição do desvio padrão. A diminuição não é linear mostrando uma variação na taxa de diminuição com a variação do tamanho da parcela. Esta taxa tende a diminuir com o aumento do tamanho da parcela. A taxa de diminuição do DP é acentuada nas parcelas de tamanho menor, o que significa, que uma pequena variação no tamanho das parcelas menores resulta numa grande variação no DP. Nas parcelas de tamanho maior a taxa de diminuição é pequena com tendência a anular-se em valor de DP constante.

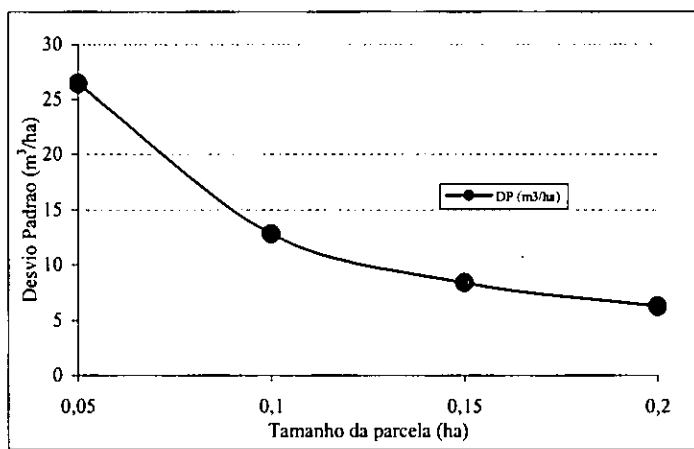


Figura 2 – Comportamento do desvio padrão do volume em resposta a variação do tamanho da parcela.

A Figura 3 mostra o efeito do tamanho da parcela sobre a precisão (DP) e o custo (tempo) do inventário florestal, o que pode permitir avaliar o seu sucesso. Pode-se observar que o aumento do tamanho da parcela oferece um aumento quase linear sobre tempo médio de medição da parcela, no entanto, para DP verifica-se um decréscimo exponencial, o que mostra que estes parâmetros manifestam comportamentos contrários, o que sugere a necessidade de se encontrar um ponto de equilíbrio (tempo máximo com DP mínimo).

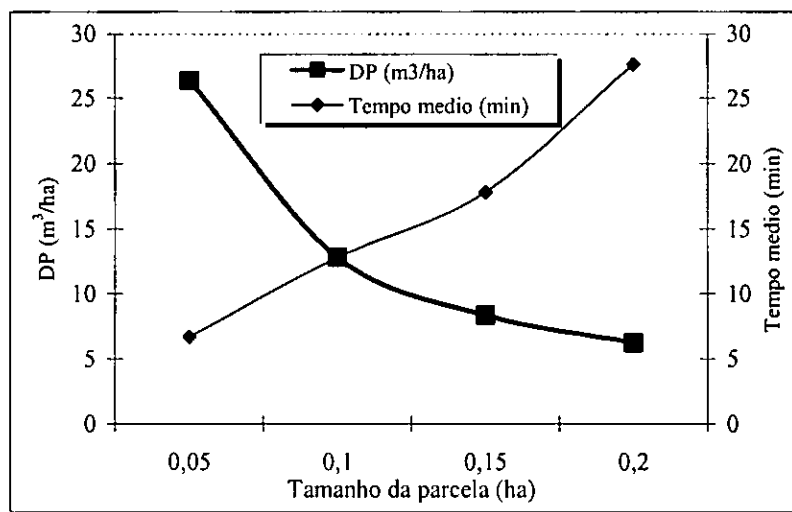


Figura 3: Efeito do tamanho da parcela sobre DP (m³/ha) e o tempo médio (min) de medição das parcelas.

A análise da correlação entre o tamanho da parcela e o desvio padrão mostra que estas variáveis estão forte e negativamente correlacionadas ($r = -0,959$). Os coeficientes de determinação da análise de regressão linear e exponencial (Figura 3) mostram que uma

grande parte da variação do desvio padrão entre 86% e 96% respectivamente, é causada pelo tamanho da parcela. Com base nos desvios padrão obtidos dos diferentes tamanhos de parcela, foram testados os modelos de função linear e exponencial, com vista a identificar o modelo que melhor se ajusta ao gráfico da relação entre o tamanho da parcela no DP.

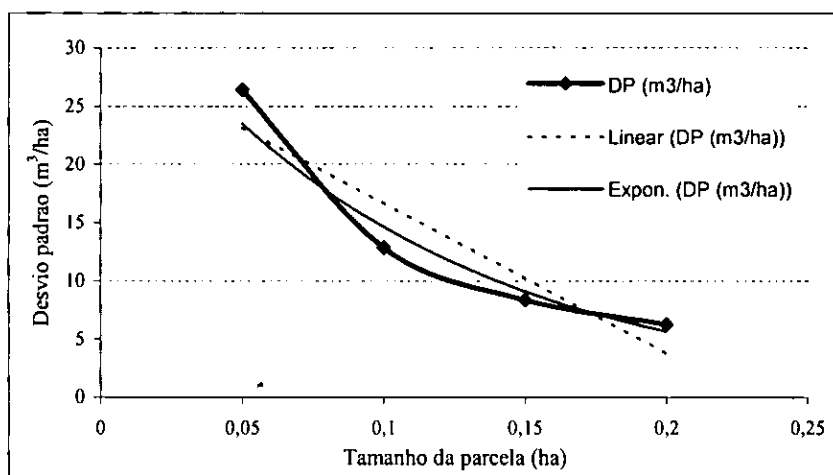


Figura 4 – Correlação entre o desvio padrão e o tamanho da parcela.

A tabela 8 mostra os modelos testados e os valores dos coeficientes de determinação, que dão indicação do grau de dependência entre as variáveis em estudo.

Tabela 8 – Equações de regressão testadas para avaliar a relação entre o tamanho da parcela e desvio padrão.

Curva	B ₀	B ₁	R ²
$y = B_0 + B_1x$	29,679	-129,78	0,8573
$y = B_0e^{B_1x}$	37,817	-9,5013	0,9598

Com os dados de DAP do tamanho da parcela de 0,2 ha (que mostra-se mais preciso), representou-se a distribuição diamétrica das árvores (Figura 5) onde observa-se uma tendência de distribuição normal característica de povoamentos artificiais.

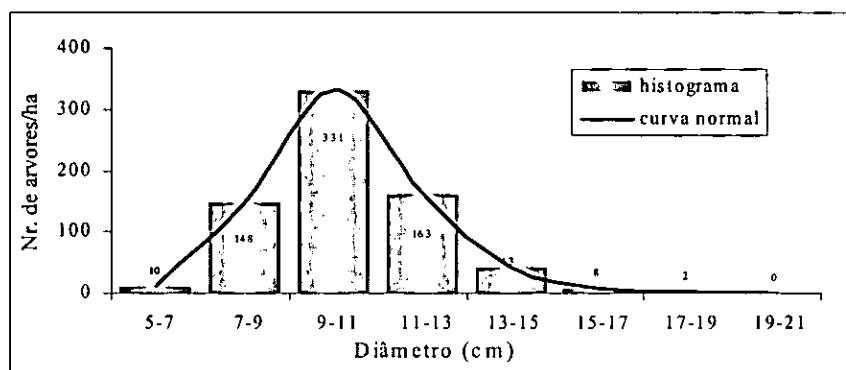


Figura 5 – Distribuição diamétrica do povoamento a partir dados da parcela de 0,2 ha.

5.2. Discussão

Os dados da Tabela 1 mostram que o DAP médio e altura média, estão na ordem de 10 cm e 10 m respectivamente. Estes valores são observados em todos os tamanhos de parcela o que mostra que o povoamento tem a mesma idade e é resultante de um clone. A altura medida variou de 5 a 16m, o DAP máximo foi de 20,5 cm e o volume médio de 50 m³/ha. Porém, os valores médios dos parâmetros avaliados mostram-se relativamente inferiores aos esperados para *Eucalyptus grandis*, no qual nas condições ideais reporta-se um crescimento médio de 2 – 4 m/ano e incremento médio anual (IMA) de 24 – 70 m³/ha/ano. No Zimbabwe e África do Sul foram reportados valores de IMA de 40 e 35 m³/ha/ano respectivamente em povoamentos de 6 anos de idade (http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Eucalyptus_grandis.html). Isto significa, que assumindo um crescimento anual de 2 m/ano e IMA de 24 m³/ha/ano a plantação de Casa Lisa com 8 anos deveria ter uma altura média de 16 m e um volume médio de 100 m³/ha.

O comportamento irregular dos volumes médios resulta da combinação de vários factores, dentre os quais, o tamanho da área, os erros resultantes do uso de determinado tamanho de parcela e o crescimento irregular das árvores devido as diferenças micro-climáticas. De um modo geral os volumes tendem a aumentar com o aumento da área da parcela.

A parcela de 0,05 ha apresenta o volume médio mais elevado, isto deve-se a sobrestimação obtida com o uso deste tamanho de parcela. Este facto deve-se a baixa representatividade da variabilidade alcançada com o uso destas parcelas, visto que parcelas pequenas incorporam poucas árvores nas quais as que têm DAP elevado influenciam fortemente a média da parcela e da área. Este comportamento explica a grande influência que as árvores grandes têm no volume das parcelas menores e da área obtido a partir destas (Brown, 1997). A sobrestimação observada neste tamanho é também devida a baixa intensidade de amostragem alcançada, o que significa que a área amostrada não é representativa para reportar toda a variabilidade do povoamento. Este tamanho de parcela é portanto, pouco expressivo da variabilidade do povoamento, o que resulta em CV e erro de amostragem elevados, devido aos volumes heterogêneos obtidos nestas parcelas. A parcela de 0,1 ha, apresenta o volume mais baixo (Figura 1) que deve-se a incorporação de alguma variabilidade dentro e entre as parcelas, que subestima o verdadeiro volume deste tamanho de parcela. Esta variabilidade é observável pelo baixo número de árvores obtido em média por parcela, que deve-se a elevada mortalidade aqui reportada e a incorporação de áreas sem árvores.

A análise aos resultados da tabela 3, mostra que a variância, o desvio padrão, o erro padrão da média e o erro de amostragem tendem a diminuir com o aumento do tamanho da parcela. A diminuição do desvio padrão é idêntica a uma função exponencial negativa, tal como proposto por Philip (1983) e Stellingwerf (1993). Isto significa que, o incremento do tamanho da parcela resulta numa diminuição do DP a uma taxa negativa, acentuada nas parcelas maiores com tendência anular-se nas parcelas maiores. Este aspecto resulta numa diminuição dos intervalos de confiança dos volumes obtidos com o uso destas parcelas. Isto indica que o aumento do tamanho da parcela leva a um aumento na precisão que se observa pela obtenção de baixos valores de desvio padrão e erro de amostragem. As diferenças de CV em consequência do aumento do tamanho de parcela resulta do facto de parcelas grandes possuírem maior tendência de captar grande variabilidade de uma só vez, contrariamente ao observado com uso de parcelas pequenas. Os baixos valores de CV produzidos com o uso de parcelas maiores (0,15 ha e 0,2 ha) resultam da homogeneidade dos volumes obtidos como consequência da elevada representatividade de cada parcela usada.

O valor reduzido de CV mostra que o povoamento é homogêneo, ou seja, que os volumes médios por hectare são pouco diferentes da média. O mais alto CV é obtido no tamanho 0,1 ha, o que denota uma elevada heterogeneidade entre os volumes obtidos destas parcelas, que também é observado nas parcelas de 0,05 ha. O CV elevado deve-se ao facto de parcelas pequenas restringirem-se a pequenas áreas no qual a tendência de captar agrupamentos de árvores com DAP alto ou baixo é elevada. Boon (1962), refere que a quantidade de agrupamentos afecta a relação entre o tamanho da parcela e variabilidade do povoamento e que espécies com maior tendência de formar agrupamentos a precisão com o uso de parcelas pequenas pode ser comprometida. Este comportamento mostra que o CV é dependente da correlação entre o tamanho da parcela e volume dela obtido, o que significa, que as parcelas maiores tendem a produzir CV menor em relação as parcelas menores (Ntela, 2002). Segundo Stellingwerf (1993) a taxa de decréscimo do CV para um aumento do tamanho da parcela é específico a população e depende do grau de heterogeneidade obtido desse tamanho de parcela.

A homogeneidade do povoamento verificada pelo CV pequeno, é demonstrada pela distribuição diamétrica normal obtida com o uso dos dados do inventário com parcelas de 0,2 ha, que se mostraram mais precisas (Figura 5). A distribuição diamétrica mostra que a maioria das árvores possui o mesmo diâmetro, por consequência da mesma idade, e que as diferenças entre os indivíduos são devidas as condições edafo-climáticas do local. Do gráfico observa-se

que na plantação encontram-se cerca de 705 árvores por hectare das quais a maioria (47%) pertence a classe diamétrica de 9 – 11 cm e 44% encontra-se nas classes diamétricas adjacentes de 7 - 9 cm e 11 – 13 cm (21% e 23% respectivamente).

O uso de parcelas maiores resulta no alcance duma elevada precisão em resultado dos baixos valores de DP e erro de amostragem obtidos. A redução do DP com o aumento do tamanho da parcela deve-se a redução de variação entre os volumes das parcelas, que tendem a ser próximos à média. A redução é acentuada quando variam-se os tamanhos de parcela menores (0,05 ha e 0,1 ha) do que as maiores (0,15 ha e 0,2 ha). Isto porque as parcelas menores obtêm menor captação da variação do povoamento, sendo este aspecto contornado com o aumento da intensidade de amostragem ou do tamanho da parcela, em que um pequeno aumento em tamanho de parcela resulta numa maior taxa de aumento da precisão. De notar que um grande aumento do tamanho da parcela acima de 0,2 ha pode não ser desejável, visto que o aumento em precisão é pequeno nas parcelas maiores. Philip (1983) e Stellingwerf (1993) afirmam que o aumento do tamanho da parcela provoca uma redução da variância e CV até um limite ótimo. Isto se observa quando um aumento do tamanho da parcela é feito acima de 0,2 ha, visto que, após este tamanho não se obtém um grande ganho em precisão.

Na figura 3 observa-se que o tempo aumenta linearmente com o aumento do tamanho da parcela. Uma análise deste parâmetro com o DP mostra o aumento do tamanho da parcela acima de 0,2 ha, resulta num aumento linear do tempo, sem contudo, oferecer uma redução aceitável no DP. Ao considerar a relação custo/benefício, ou seja, o custo mínimo para atingir a precisão máxima, verifica-se que esta relação é máxima na parcela de 0,2 ha. Isto porque, a este tamanho de parcela regista-se o custo mínimo para uma precisão aceitável, dado que, um aumento do tamanho da parcela depois deste ponto resulta num aumento dos custos sem, no entanto, obter-se um ganho na precisão. Neste contexto, as parcelas de 0,2 ha são consideradas as ideais para obtenção de dados com precisão elevada.

Segundo Husch, *et al* (1983), a uma mesma intensidade de amostragem as parcelas menores são mais precisas que as parcelas maiores. A análise do custo ou tempo médio de inventariação, avaliada a mesma intensidade de amostragem, mostra que a parcela menor (0,05 ha) envolve o mesmo tempo que a parcela maior. Tomando a parcela de 0,05 ha, e dado o facto de o aumento do tamanho da IA (número de parcelas) produzir valores tanto de tempo/custos como de volumes médios sem diferenças dos obtidos com uso de parcelas de 0,2 ha (a mais precisa), permite afirmar que as parcelas de 0,05 ha podem também ser usadas em inventários florestais de plantações de eucaliptos.

O desvio padrão e o erro de amostragem são alguns indicadores da precisão do inventário. Segundo Ntela (2002), o erro de amostragem admissível para inventários florestais é de 10%. Neste âmbito, a precisão dos inventários da Casa Lisa, mostrou-se elevada quando usadas as parcelas maiores (0,2 ha), como consequência dos baixos valores de DP ($6 \text{ m}^3/\text{ha}$) e de erros amostragem (5%) alcançados, em comparação com as parcelas menores (0,05 ha), que originaram uma baixa precisão com valores de DP e erro de amostragem ($26 \text{ m}^3/\text{ha}$ e 18 % respectivamente). Isto deve-se a baixa heterogeneidade obtida pelo facto de parcelas menores apresentarem poucas árvores e que, associada a baixa intensidade de amostragem, tornou estas parcelas pouco representativas da variabilidade do povoamento inventariado. Os erros de amostragem de 5 – 18% a uma IA de 14 – 59 % aqui obtidos, podem ser considerados aceitáveis, uma vez que estão próximos a valores outrora encontrados em inventários a eucaliptais usando parcelas circulares de 0,05 ha que foram de 12 – 55 % a uma IA de 6 – 11% (FAEF/DEF, 1999). Contudo são inferiores aos de Pereira (1998) que variaram entre 41 e 91% a essa mesma IA.

A elevada precisão (baixos valores de DP) obtida nas parcelas maiores proporciona um intervalo de confiança (IC) mais confinado ou estreito, isto é, volumes mais próximos à média verdadeira do povoamento, aspecto este importante para fazer estimativas realísticas e previsões para o futuro.

Da análise de variância, observa-se que os volumes médios obtidos são estatisticamente diferentes ($P < 0,05$; $F_{\text{cal}}(5\%; 99) = 18,629$) o que significa, que os tamanhos de parcela testados fornecem volumes diferentes (tal como mostra a Figura 1) excepto quando as parcelas de 0,05 ha e 0,2 ha são usadas. Os volumes médios obtidos das parcelas de 0,05 ha e 0,2 ha não diferem entre si devido à distribuição e a quantidade de árvores na parcela, isto porque as parcelas de 0,05 ha possuem poucas árvores em que as grandes influenciam a média da parcela, enquanto que as parcelas maiores envolvem maior área de amostra, incorporando maior número de árvores resultando em volumes médios elevados. O elevado número de árvores permite melhor reporte a variabilidade do povoamento. Estes tamanhos de parcela divergem no facto da parcela de tamanho maior produzir uma elevada precisão.

As parcelas de 0,05 ha, podem assim, ser usadas para efectivação de inventários em plantações, desde que a precisão seja aumentada. Isto é possível pelo aumento da intensidade de amostragem, dado que, para povoamentos homogéneos e a uma mesma intensidade de amostragem, as parcelas pequenas fornecem precisão maior do que as parcelas grandes devido ao elevado número de parcelas independentes (Husch, *et al*, 1983). Neste contexto, a

diferença de precisão observada entre as parcelas de maior (0,2 ha) e a menor (0,05 ha) deve-se a baixa intensidade de amostragem (15%) alcançada com o uso do tamanho de parcela menor. Este resultado insta a necessidade de realização de um estudo comparativo da precisão de parcelas de diferentes tamanhos considerando o alcance numa mesma intensidade de amostragem.

Comparando a mortalidade (Tabela 1) obtida dos diferentes tamanhos de parcela, verifica-se mais uma vez, que as parcelas de 0,05 ha oferecem valores próximos aos de 0,2 ha. O baixo número de árvores nas parcelas de 0,1 ha deve-se a elevada mortalidade por esta reportada. A mortalidade reflecte-se no baixo número de árvores por hectare encontrado, de cerca de 700 a 800 árvores contra as 1111 esperadas de acordo com o espaçamento entre estas.

A análise de correlação mostra que o tamanho da parcela (x) e o desvio padrão (y) estão linearmente associados. Esta correlação é muito forte e negativa, dado que o coeficiente de correlação ($r = -0,959$) está próximo a -1 . Isto significa, que o desvio padrão (DP) e o tamanho da parcela estão associados, ou seja, estas variáveis são dependentes. Da avaliação do ajuste da regressão observa-se que grande parte do efeito do tamanho da parcela sobre o DP é explicada por uma associação linear. A regressão linear mostra que mais de 85% da redução observada no DP é resultante do aumento do tamanho da parcela, no entanto, cerca 15% devem-se factores desconhecidos. Este valor mostra que possivelmente este modelo não é adequado para descrição desta relação.

O modelo exponencial proposto por Philip (1983) e Stellingwerf (1993), consegue explicar 96% da redução do DP como sendo devida ao aumento do tamanho da parcela e menos de 5% são de causa desconhecida. Isto mostra que realmente o modelo exponencial negativo descreve melhor a relação entre estas variáveis. Os coeficientes de determinação (R^2) obtidos nestes modelos mostram que realmente o desvio padrão obtido depende do tamanho da parcela usado.

O modelo linear prediz que o tamanho ideal para inventários é de 0,23ha (20 m x 115 m), considerando que se atinge um DP nulo, o que significa a máxima precisão. Este tamanho de parcela reforça a ideia de que o tamanho de parcela 0,2 ha com os valores baixos de desvio padrão, CV e erro produzidos é o ideal para a realização de inventários em plantações de eucaliptos, assumindo condições similares às da área de estudo.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1. Conclusões

Em conformidade com o objectivo proposto, após a realização das actividades e a análise dos resultados concluí-se que:

- i.* O povoamento tem uma altura média total e comercial de 10 m e 8 m respectivamente, um DAP de 10 cm e o volume reportado variou entre 237 e 507 m³ (27 - 60 m³/ha).
- ii.* Dos tamanhos de parcela estabelecidos o volume médio, o desvio padrão, o coeficiente de variação e o erro de amostragem obtidos foram respectivamente: 60 m³/ha, 26 m³/ha, 44% e 18% para 0,05 ha; 28 m³/ha, 13 m³/ha, 46% e 19% para 0,1 ha; 45 m³/ha, 8 m³/ha, 19% e 8% para 0,15 ha e 53 m³/ha, 6 m³/ha, 11% e 5% para 0,2 ha.
- iii.* A variância, desvio padrão, erro padrão, coeficiente de variação, erro de amostragem e intervalo de confiança diminuem com o aumento do tamanho da parcela.
- iv.* O aumento do tamanho da parcela resulta numa redução do desvio padrão, numa relação exponencial.
- v.* A parcela maior, com 0,2 ha é a que apresenta o tamanho ideal para a realização de inventários florestais em plantações de eucaliptos, dado que oferece maior precisão, demonstrada por baixos valores de desvio padrão, coeficiente de variação, erro de amostragem e um intervalo de confiança estreito.
- vi.* A parcela menor, com 0,05 ha oferece a menor precisão, porém, os volumes médios dela obtidos não mostram-se diferentes dos obtidos pela parcela 0,2 ha.
- vii.* O tempo médio de medição das parcelas de diferentes tamanhos aumenta linearmente com o aumento do tamanho da parcela.
- viii.* A parcela de 0,2 ha é a ideal para inventários florestais, sob as condições de estudo, pois é a partir desta que o aumento do tempo (custo) não é compensado por uma redução do desvio padrão, ou seja, pelo aumento da precisão.
- ix.* A análise de regressão mostrou haver uma forte relação entre o tamanho de parcela e o desvio padrão (m³/ha), mostrando que mais de 85% da variação do desvio padrão é devida a variação do tamanho da parcela.

6.2. Recomendações

Como resultado da análise do efeito do DP sobre o tamanho da unidade de amostragem (tamanho da parcela) obtida nesta pesquisa, recomenda-se que:

- i.* A escolha de parcelas para efectivação de inventários em plantações, deve considerar a combinação entre o tamanho da parcela, a forma da parcela, o sistema de amostragem a usar e a topografia da região, visto que estes factores podem influenciar na precisão e nos custos do inventário.
- ii.* Realizem-se mais estudos neste âmbito, tomando em consideração a comparação das parcelas a uma mesma intensidade de amostragem.
- iii.* Em áreas com características similares a esta, ou seja, plantação pequena e com fácil acesso o uso de amostragem sistemática pode ser mais recomendável pela fácil localização e estabelecimento das unidades de amostragem e redução do tempo improdutivo proporcionado

7. BIBLIOGRAFIA

Boon, D.A. 1962. Plot size and variability. Publications of the International Training Center for Aerial Survey – ITC. Series B, Nr 17. Delfect – The Netherlands. 29pp

Brown, S. 1997. Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: A primer. Forest Resources management, FAO Forestry Paper nr.134, Rome. Italy. 56pp

Freese, F. 1990, Statistics for Land Managers, Paeony Press, Edinburgh, Scotland, 177 pp.

“Formas de Amostragem”

[Http://beast.dcce.ibilce.unesp.br/~adriana/ensino/formas%20de%20amostragem.doc](http://beast.dcce.ibilce.unesp.br/~adriana/ensino/formas%20de%20amostragem.doc)

Husch, B., Miller, C.I., Beers, W.T. 1983. Forest Mensuration, 3rd Edition, Wiley, 402 pp.

Jayaraman, K. 2000, A Statistical Manual for Forestry Research, FORSPA-FAO Publication N.º 25, Bangkok, 241pp.

Larrobla, R.; Amaral, F.K.; Cuco, A.; Ferrão, A.; Mushove, P.; Silva, M.A.; Xavier, V. e Zamdamela, H. 1988. Zoneamento Silvicultural da Região ao Sul do rio Save, Boletim Nº 1 de Investigação Florestal: p28-55

Larrobla, R; Amaral, F.K.; Cuco, Ferrão, A, Mushove, P, Silva, M,A.; Xavier, V. e Zamdamela, H.; 1988, Zoneamento Bioecológico para Espécies Florestais Exóticas Região ao sul do rio Save, Boletim Nº 1 de Investigação Florestal: p55-80

Philip, M.S.;1983. Measuring Trees and Forests, The Division Of Forestry, University of Dar Es Salaam, 338 pp.

Ntela, P.B.T. 2002, Potencial da Floresta no Distrito de Milange com maior Incidência na espécie *Dalbergia melanoxylon*, UEM-FAEF/DEF, Maputo

Prevost M. J., Banks P. F., Gwyther J. H.1972, Forest Inventory Procedure For Coniferous Plantations in the Eastern Districts of the Rhodesia, Research Division, Rhodesia forestry commission, 10pp.

Stellingwerf, D.A. 1993, Forestry Inventory and Remote Sensing, ITC, Enschede, The Netherlands, 132 pp.

“Inventário” Julho, 2000

<http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./florestal/index.html&conteudo=./florestal/inventario.html>

“Eucalyptus grandis”, Agosto 2004

http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Eucalyptus_grandis.html

“Forest1”, Agosto 2004

<http://www.dcf.ufla.br/Cerne/revistav2n1-1996/FLOREST1.DOC>

ANEXOS

Anexo 2 – Resultados do Inventário

Tabela 9 - Resultados estatísticos do inventário do eucaliptal de Casa Lisa ao nível da parcela e ao hectare.

Nº. parcela	volume por parcela				Volume por hectare				
	0,05 ha	0,1 ha	0,15 ha	0,2 ha	0,05 ha	0,1 ha	0,15 ha	0,2 ha	
1	2,811	3,735	4,335	11,697	56,223	37,348	28,900	58,487	
2	2,324	1,783	6,997	10,109	46,474	17,827	46,648	50,543	
3	2,347	4,696	7,064	9,725	46,937	46,964	47,091	48,626	
4	1,957	4,467	8,532	12,267	39,143	44,670	56,882	61,333	
5	2,697	3,846	8,213	11,756	53,949	38,457	54,753	58,781	
6	2,017	4,246	7,188	10,538	40,343	42,460	47,917	52,688	
7	2,416	2,220	7,003	11,642	48,321	22,201	46,687	58,211	
8	5,223	2,208	8,279	10,504	104,464	22,083	55,195	52,518	
9	2,948	2,525	6,539	13,099	58,955	25,249	43,595	65,493	
10	2,052	2,377	6,081	11,155	41,047	23,769	40,540	55,773	
11	2,252	2,419	7,899	9,619	45,041	24,189	52,663	48,097	
12	2,069	2,373	7,460	11,568	41,386	23,728	49,732	57,840	
13	2,500	2,121	8,001	10,176	49,995	21,212	53,340	50,879	
14	3,183	4,188	7,239	9,479	63,666	41,881	48,263	47,397	
15	2,999	4,532	5,945	9,994	59,971	45,322	39,636	49,968	
16	5,719	5,181	5,044	9,469	114,379	51,809	33,625	47,346	
17	3,056	1,886	5,358	9,434	61,129	18,865	35,717	47,169	
18	0,212	0,481	8,431	9,901	4,247	4,814	56,207	49,504	
19	1,721	0,125	8,455	9,263	34,411	1,250	56,368	46,315	
20	2,012	2,110	5,739	8,951	40,238	21,096	38,263	44,756	
21	5,261	2,985	5,222	8,721	105,225	29,850	34,817	43,606	
22	3,684	2,542	5,786	8,532	73,678	25,417	38,570	42,658	
23	4,196	2,119	6,004	8,729	83,918	21,195	40,025	43,645	
24	5,398	1,674	5,317	9,551	107,954	16,742	35,447	47,756	
25	3,541	2,774	5,437	8,556	70,825	27,741	36,250	42,780	
Média (m³)	2,984	2,785	6,703	10,177	59,677	27,846	44,685	52,586	
n.	25				25				
Variância (m ³)	1,741	1,644	1,576	1,401	696,415	164,430	70,033	35,028	
Desvio padrão (m³)	1,319	1,282	1,255	1,184	26,390	12,823	8,369	5,918	
Erro padrão (m ³)	0,264	0,256	0,251	0,237	5,278	2,565	1,674	1,184	
Coef. Variação (%)	44,221	46,050	18,728	11,631	44,221	46,050	18,728	11,631	
t-Student (0,95)	2,064				2,064				
Erro de amostragem	(%)	18,254	19,010	7,731	4,801	18,254	19,010	7,731	4,646
	(m³)	0,545	0,529	0,518	0,489	10,894	5,293	3,455	2,443
IC Inferior (m ³ /pel e ha)	2,439	2,255	6,185	9,943	48,783	22,552	41,231	49,715	
IC Superior (m ³ /pel e ha)	3,529	3,314	7,221	10,920	70,570	33,139	48,140	54,602	
<i>Diferença do IC</i>	<i>1,089</i>	<i>1,059</i>	<i>1,036</i>	<i>0,977</i>	<i>21,787</i>	<i>10,587</i>	<i>6,909</i>	<i>4,886</i>	
Volume médio total (m³)	25,351	23,658	56,948	88,629	507,020	236,579	379,650	443,144	
IC Limite Inferior (m ³)	20,723	19,161	52,545	84,477	414,466	191,606	350,300	422,387	
IC Limite superior (m ³)	29,979	28,155	61,350	92,780	599,573	281,552	409,000	463,901	
Diferença do IC (m³)	9,255	8,995	8,805	8,303	166,986	81,331	57,617	40,999	
DMS	a	a	b	c	a	b	c	a	

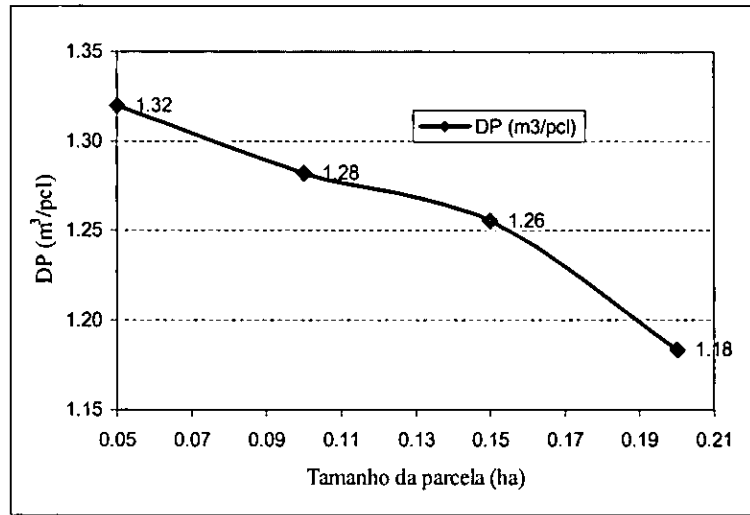


Figura 6 – Comportamento do DP (m³/parcela) em resposta ao aumento do tamanho da parcela.

Anexo 3 - Efeito do tamanho da parcela no volume comercial

Tabela 10 - Efeito do tamanho da parcela sobre o volume comercial (m³/ha)

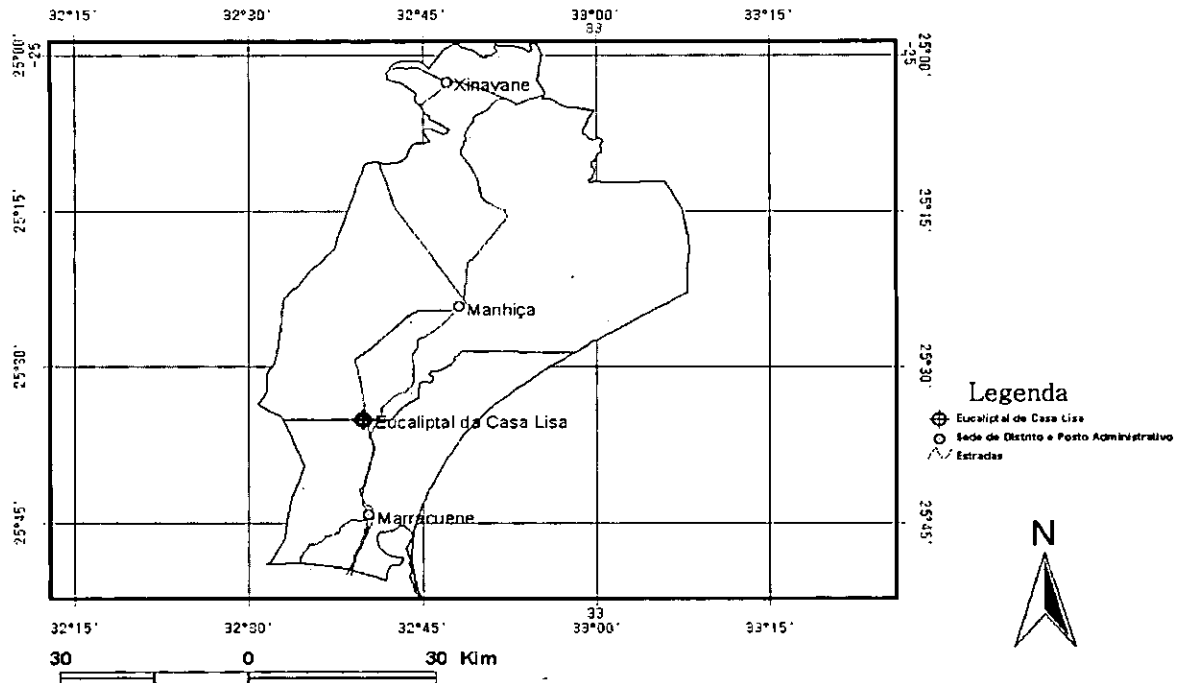
Tamanho de parcela (ha)	Média	Desvio padrão	Erro padrão	Limites de confiança		CV (%)
				Inferior	Superior	
0,05	54,307	23,806	4,761	44,480	64,134	43,836
0,1	25,442	11,595	2,319	20,656	30,228	45,574
0,15	41,346	8,214	1,643	37,955	44,737	19,867
0,2	46,517	5,845	1,169	45,157	49,982	12,565

Tabela 11 - Efeito do tamanho da parcela sobre o volume comercial da plantação (m³).

Tamanho de parcela (ha)	Média (m³/ha)	Vol. médio total (m³)	Erro padrão da total (m³)	Limites de confiança (m³)	
				Inferior	Superior
0,05	54,307	461,397	40,452	377,904	544,890
0,1	25,442	216,157	19,702	175,492	256,823
0,15	41,346	351,279	13,958	322,470	380,087
0,2	46,517	395,215	9,932	374,715	415,714

Anexo 4 – Mapas de localização da área de estudo (Eucaliptal da Casa Lisa).

Mapa de Localizacao da area de estudo



Mapa do Eucaliptal da Casa Lisa

