

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS E DA MADEIRA

JEANGELIS SILVA SANTOS

AVALIAÇÃO DO MÉTODO DE AMOSTRAGEM DE BITTERLICH  
EM PLANTIO DE *Eucalyptus grandis*

JERÔNIMO MONTEIRO  
ESPÍRITO SANTO

2012

JEANGELIS SILVA SANTOS

AVALIAÇÃO DO MÉTODO DE AMOSTRAGEM DE BITTERLICH  
EM PLANTIO DE *Eucalyptus grandis*

Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

JERÔNIMO MONTEIRO

ESPÍRITO SANTO

2012

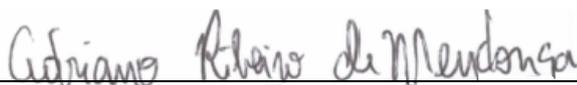
JEANGELIS SILVA SANTOS

AVALIAÇÃO DO MÉTODO DE AMOSTRAGEM DE BITTERLICH  
EM PLANTIO DE *Eucalyptus grandis*

Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

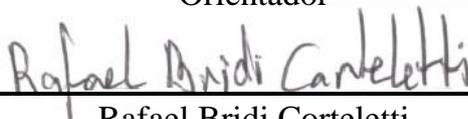
Aprovada em 19 de outubro de 2012

COMISSÃO EXAMINADORA



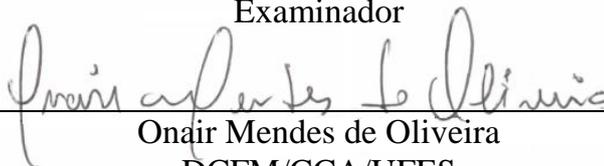
---

Prof. D. Sc. Adriano Ribeiro de Mendonça  
DCFM/CCA/UFES  
Orientador



---

Rafael Bridi Corteletti  
DCFM/CCA/UFES  
Examinador



---

Onair Mendes de Oliveira  
DCFM/CCA/UFES  
Examinador

*“Use a capacidade que tens. A floresta ficaria silenciosa se só o melhor pássaro cantasse.”*

—Oscar Wilde

## AGRADECIMENTOS

A Deus, que guia meus passos todos os dias, por seu amor incondicional.

À Universidade Federal do Espírito Santo pela oportunidade de estudo e formação profissional.

Ao professor Adriano Ribeiro de Mendonça pela orientação, por seus ensinamentos, pelas correções, pela amizade e paciência. Ao professor Gilson Fernandes da Silva, que me acompanhou no início deste trabalho, sanando minhas dúvidas e contribuindo com ideias que muito ajudaram no desenvolvimento desta pesquisa.

Aos amigos Onair Mendes de Oliveira e Rafael Bridi Corteletti, por aceitarem participar da comissão avaliadora e pelas sugestões que foram essenciais para o aperfeiçoamento deste trabalho.

Ao professor Nilton Cesar Fiedler por ter possibilitado a execução dos inventários em sua propriedade, pela amizade e ajuda ao longo desta caminhada.

Ao professor José Augusto Teixeira do Amaral pela amizade, confiança, orientações nas iniciações científicas e por ter contribuído de forma singular para o meu desenvolvimento acadêmico e pessoal.

Ao professor Roberto Avelino Cecílio pela orientação na área de geoprocessamento e recursos hídricos que muito contribuiu para minha formação acadêmica. À professora Sustanis Horn Kunz pela oportunidade da monitoria em Ecologia Florestal. Ao professor Henrique Dias Machado ao João Paulo Fernandes Zorzanelli pelo companheirismo e ensinamentos durante o período que tive a oportunidade de trabalhar no herbário.

Aos colegas que me ajudaram na coleta de dados, sem os quais este trabalho não seria possível: Cecília, Ludmila, Maiara, Maria Julia, Pedro, Renan e Tamyris.

Aos amigos floresteiros da turma de 2007/2 que trilharam este caminho comigo, compartilhando momentos de felicidades e tristezas, estudos e provas finais, mas com uma certeza: no final, sairemos todos vencedores!

Aos amigos do Laboratório de Mensuração e Manejo Florestal (LMMF), pelo companheirismo e sugestões na realização deste trabalho.

Ao meu pai, que sempre acreditou em mim e fez de tudo para que este sonho se realizasse. À minha mãe pelo seu exemplo de vida e que, mesmo não podendo estar comigo na conclusão desta etapa, estará sempre em meu coração. Aos meus irmãos pelo apoio incondicional, sem o qual eu não teria chegado até aqui. À minha namorada Priscila que sempre esteve ao meu lado em todos os momentos.

Aos meus demais familiares e amigos que me ampararam nos momentos difíceis, apoiando e acreditando em mim.

## RESUMO

Atualmente, com a crescente demanda por madeira e outros produtos florestais, se torna cada vez mais necessária a adoção de técnicas que permitam uma melhor avaliação qualitativa e quantitativa das florestas, destacando-se dentre estas o inventário florestal. A técnica mais empregada na realização de inventários florestais é a amostragem por parcelas com área fixa. Entretanto, este método apresenta maiores custos e tempo de execução quando comparado com metodologias alternativas, como é o caso da amostragem por pontos de Bitterlich. Este estudo teve como objetivo comparar os métodos de amostragem de área fixa e de Bitterlich com fatores de área basal (*FAB*) igual a  $1 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ ,  $2 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$  e  $4 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ , em plantio de *Eucalyptus grandis*. Para tanto, foram lançadas dez parcelas para ambos os métodos de amostragem, onde foram obtidas as medidas de diâmetro à altura do peito (*DAP*) e estimadas as variáveis altura total, por meio de relações hipsométricas, e volume das árvores individuais, por meio de cubagem rigorosa e equações volumétricas. A partir destes dados foram estimados o volume e a área basal por hectare, para posterior comparação pelo teste *t* de Student. Com o término deste estudo, foi possível indicar que a metodologia proposta por Bitterlich pode ser utilizada como uma alternativa para a realização de inventários florestais em plantios de *Eucalyptus grandis*. Não houve diferença estatisticamente significativa para a estimativa da área basal e volume por hectare entre os métodos de área fixa e de Bitterlich, independente do fator de área basal utilizado. Para atender a um limite de erro aceitável, o método de Bitterlich necessita de um maior número de parcelas, sendo este maior com o aumento no fator de área basal utilizado.

Palavras-chave: Inventário florestal; Fator de área basal; Prova de numeração angular.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	viii
LISTA DE FIGURAS .....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 O problema e sua importância.....	2
1.2 Objetivos.....	3
1.2.1 Objetivo geral.....	3
1.2.2 Objetivos específicos .....	3
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	4
2.1 O eucalipto no Brasil .....	4
2.2 Inventário florestal.....	5
2.3 Métodos de amostragem.....	6
2.3.1 O método de Bitterlich .....	7
3. METODOLOGIA.....	9
3.1 Descrição da área de estudo .....	9
3.2 Coleta de dados.....	10
3.3 Cálculo da área basal e volume por hectare .....	10
3.3.1 Para o método de amostragem por pontos de Bitterlich .....	10
3.3.2 Para o método de amostragem de área fixa com parcela retangular.....	11
3.4 Relação hipsométrica.....	11
3.5 Estimativa do volume de árvores individuais.....	12
3.6 Critérios para seleção dos melhores modelos.....	14
3.7 Fórmulas estatísticas utilizadas na análise de precisão das variáveis estimadas.....	15
3.8 Número de unidades amostrais.....	16
3.9 Comparação dos métodos de amostragem .....	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	19
4.1 Ajuste dos modelos hipsométricos .....	19
4.2 Ajuste dos modelos volumétricos.....	21
4.3 Estimativas do volume e da área basal .....	23
5. CONCLUSÕES .....	28
6. REFERÊNCIAS .....	29

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Modelos hipsométricos analisados.....	12
Tabela 2 - Distribuição diamétrica das árvores-amostra para cubagem rigorosa .....	12
Tabela 3 - Modelos volumétricos analisados .....	14
Tabela 4 - Modelos ajustados para estimativa da altura total.....	19
Tabela 5 - Modelos ajustados para estimativa do volume de árvores individuais .....	21
Tabela 6 - Resultado dos inventários florestais, suas estatísticas e medidas de precisão .....	24
Tabela 7 - Número de árvores amostradas por cada método .....	25
Tabela 8 - Estimativa da área basal por hectare .....	26
Tabela 9 - Comparação dos métodos de amostragem pelo teste <i>t</i> de Student.....	27

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Área de realização dos inventários e distribuição espacial das parcelas .....	9
Figura 2 - Etapas da cubagem rigorosa .....	13
Figura 3 - Gráfico dos resíduos para o modelo hipsométrico de Henricksen .....	20
Figura 4 - Gráfico dos resíduos para o modelo hipsométrico de Trorey.....	20
Figura 5 - Gráfico dos resíduos para o modelo hipsométrico de Curtis.....	21
Figura 6 - Gráfico dos resíduos para o modelo volumétrico de Schumacher-Hall .....	22
Figura 7 - Gráfico dos resíduos para o modelo volumétrico de Spurr .....	23
Figura 8 - Gráfico dos resíduos para o modelo volumétrico de Meyer.....	23

## 1. INTRODUÇÃO

A utilização dos recursos naturais sempre teve uma presença marcante na história e evolução da humanidade. Entretanto, a escassez destes recursos também sempre esteve presente, principalmente devido a problemas relacionados à falta de conhecimento quanto a sua quantificação. Segundo Druszcz (2008), com o crescimento acelerado e desordenado da população, mesmo com o desenvolvimento tecnológico, o problema do mau uso dos recursos naturais persiste e agrava-se, ou simplesmente não lhe é dada a devida atenção por não se fazer sentir na parte econômica.

No Brasil, desde o seu descobrimento, sempre houve uma exploração não racional dos recursos florestais, principalmente nas áreas de mata atlântica, da qual restam apenas aproximadamente 7% da cobertura florestal original (TABARELLI et al., 2005). Uma alternativa para a redução da utilização dos recursos florestais naturais no Brasil foi a introdução de espécies exóticas adaptadas às condições climáticas e edáficas de rápido crescimento. Segundo Tomaselli e Siqueira (2006), as florestas plantadas são responsáveis por mais de 70% da madeira industrial consumida no Brasil e são baseadas principalmente nos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*. Somente o gênero *Eucalyptus* é responsável por uma área plantada de 4.873.952 hectares no Brasil (ABRAF, 2012).

Nos últimos anos, houve um aumento na demanda por madeira, sem o correspondente aumento na oferta, o que gerou o popularmente chamado “apagão florestal” (VALVERDE et al., 2004), problema este que persiste até os dias de hoje. Portanto, para as empresas detentoras de áreas reflorestadas, a tomada de decisões relativas ao aproveitamento do material advindo de suas florestas e o seu manejo racional envolve a aplicação de técnicas adequadas para avaliação quantitativa e qualitativa de tais recursos. É de fundamental importância ter o conhecimento do potencial produtivo dos povoamentos florestais e confiabilidade determinados, para que se tenha uma administração e destinação ótimas, pois a avaliação destes recursos tem uma ligação direta com o planejamento econômico da empresa (DRUSZCZ, 2008).

De acordo com Husch et al. (2003), no setor florestal, o conhecimento sobre os recursos existentes se dá por meio da medição ou estimação de atributos quantitativos e qualitativos das árvores e das florestas, além de muitas características das áreas sobre as quais as árvores estão crescendo, por meio de instrumentos e métodos apropriados. Entre as técnicas de estimação da produção florestal, destaca-se o inventário florestal, o qual pode ser realizado sob diferentes níveis de detalhamento e em diferentes pontos no tempo (SOARES et al., 2011).

Com a evolução das ciências florestais, existem diversos métodos de aplicação dos inventários florestais, sendo o método de amostragem de parcelas de área fixa o mais utilizado, tanto para florestas inequiâneas como para florestas equiâneas.

### **1.1 O problema e sua importância**

Segundo Farias et al. (2002), o método de área fixa geralmente possui custo elevado e exige maior tempo para os levantamentos, devido à marcação e medição de um grande número de árvores. Desta forma, é importante analisar outros métodos de amostragem, visando reduzir o tempo e o custo de execução do inventário, sem perda de precisão. De acordo com Couto et al. (1993), um destes métodos alternativos de amostragem é o método de Bitterlich. Este método é baseado em procedimentos simples, mas fundamentado em uma teoria sólida. Neste método o número de árvores medidas é menor que nos métodos tradicionais, sem que haja perda na precisão.

Diante do exposto, pode-se notar que é necessária a realização de estudos que comprovem as vantagens do método proposto por Bitterlich. Para que deste modo, haja uma maior difusão deste método, visando tanto a redução de custos para empresas florestais como a acessibilidade a um método menos oneroso de realização de inventário florestal para pequenos produtores.

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo geral

Comparar os métodos de amostragem de Bitterlich e o método de área fixa em plantios de *Eucalyptus grandis*.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Estimar, utilizando o método de amostragem de área fixa, as variáveis: volume e área basal por hectare. Estimar o volume e a área basal de povoamentos de *Eucalyptus grandis* utilizando o método de amostragem de Bitterlich com diferentes fatores de área basal;
- Ajustar modelos hipsométricos e volumétricos para estimativa da altura total das árvores analisadas e do volume de árvores individuais, respectivamente;
- Analisar se há diferenças estatisticamente significativas entre as variáveis área basal por hectare e volume por hectare, estimadas pelos métodos testados.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 O eucalipto no Brasil

Originário da Austrália, o gênero *Eucalyptus* pertence à família Myrtaceae e possui mais de 600 espécies já descritas (DEL QUIQUI et al., 2002). É representado por árvores com alta taxa de crescimento, plasticidade, forma retilínea do fuste, desrama natural e madeira com variações nas propriedades tecnológicas, adaptadas às mais variadas condições de uso (OLIVEIRA et al., 1999).

Segundo Andrade (1961), o plantio do eucalipto no Brasil, em escala comercial, data da primeira década do século XX. Inicialmente, foi introduzido para suprir a demanda de lenha para combustíveis das locomotivas e dormentes para trilhos da Companhia Paulista de Estradas de Ferro. Além disso, era utilizado para a produção de mourões de cercas e postes margeando a ferrovia, fornecendo ainda o madeiramento para a construção das estações e vilas.

Em 1966, o governo brasileiro lançou um programa de incentivos fiscais para estimular o reflorestamento, principalmente com espécies de eucaliptos e pinus. Assim, as áreas de plantio se multiplicaram, sobretudo nas regiões Sul e Sudeste. Em 1988, foram extintos os incentivos fiscais ao reflorestamento devido às deficiências técnicas na instalação e a distorções na aplicação de recursos disponíveis (SOARES et al., 2008). Com o fim dos incentivos fiscais, as empresas florestais fizeram investimentos para manter a produção própria, conforme determina a lei, e se associaram às universidades públicas para o desenvolvimento tecnológico (MINAS GERAIS, 2004).

De acordo com Valverde et al. (2004), devido às condições edafoclimáticas e a alta tecnologia desenvolvida para a cultura do eucalipto, o Brasil possui áreas com produtividade superior a de países temperados, fato que confere ao país uma posição invejável aos demais concorrentes. Este autor também cita que esta posição só foi possível de ser alcançada devido ao término dos incentivos fiscais em 1988, pois promoveu uma seleção nas empresas florestais, eliminando aquelas que reflorestavam simplesmente para se aproveitar dos incentivos fiscais. Segundo a ABRAF (2012), a

produtividade média das florestas de eucalipto no país é de  $40,1 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ , enquanto para a Suécia, Finlândia, Portugal, EUA, Chile, Austrália e China, esta corresponde a 5,5; 6,0; 12,0; 15,0; 20,0; 22,0 e  $30,8\text{m}^3\text{ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ , respectivamente.

## 2.2 Inventário florestal

De acordo com Husch et al. (2003), inventários florestais são procedimentos para obter informações sobre quantidades e qualidades dos recursos florestais e de muitas características das áreas sobre as quais as árvores estão crescendo. Um inventário florestal completo pode fornecer várias informações, entre elas estão estimativas da área, descrição topográfica, mapeamento da propriedade, descrição de acessos, facilidade de transporte de madeira, variáveis quantitativas e qualitativas dos recursos florestais e estimativas de crescimento (SOARES et al., 2011).

Segundo Meunier (2001), as informações oriundas do inventário florestal constituem em um importante instrumento para a tomada de decisões, podendo auxiliar na definição de diretrizes da política florestal, organização da administração florestal, preparação de planos de corte e de manejo e estudos de impactos ambientais. Para atender estes objetivos, podem ser utilizados diversos tipos de inventário florestal. Soares et al. (2011) definem os diferentes tipos de inventário, classificando-os de acordo com:

- A forma de coleta de dados – Neste caso, o inventário pode ser do tipo censo, onde todos os indivíduos são observados e medidos, assim, obtêm-se os verdadeiros valores (parâmetros) da população. Ou então, inventário de amostragem, que constituem a maior parte dos inventários realizados. Neste tipo é feita medição de alguns indivíduos e extrapolam-se estes valores para a população por meio de procedimentos estatísticos, gerando estimativas. Este último apresenta a vantagem de exigir menor tempo de execução, e assim menores custos, dentro de uma faixa aceitável de erro.
- A abordagem da população no tempo – Podem ser inventários temporários, que são realizados apenas uma vez, e a estrutura é desfeita em seguida. Ou inventários contínuos utilizando parcelas permanentes, que são

realizados várias vezes, e permitem avaliar o crescimento da floresta. Estes requerem estruturas mais duradouras.

- O nível de detalhamento – Podem ser inventários exploratórios, onde a coleta de dados é mínima, inventários de reconhecimento, que tem por objetivo determinar a florística e o potencial madeireiro, sem controle da precisão, e, por fim, inventários detalhados, onde é analisado um número maior de variáveis com alta precisão.

## **2.3 Métodos de amostragem**

Amostragem é o processo pelo qual as estimativas dos parâmetros de uma população são obtidas por meio da medição de características de um conjunto de unidades de amostra, tomado como representativo desta população. Tais unidades de amostra são constituídas de parcelas de tamanho fixo ou variável (MOSCOVICH et al. 1999).

De acordo com Péllico Neto e Brena (1997), a amostragem por parcelas de área fixa é a mais utilizada nos inventários florestais. Neste método, a probabilidade de seleção dos indivíduos proporcional à área da unidade, e conseqüentemente, à frequência dos indivíduos que nela ocorrem. Por outro lado, nas parcelas de área variável, a probabilidade de seleção é proporcional a outros fatores como área basal ou distância das árvores a um ponto ou linha (MOSCOVICH et al. 1999).

Apesar do amplo uso dos métodos de área fixa, métodos alternativos podem se constituir na opção ideal em alguns tipos de inventários, especialmente quando se deseja rapidez e eficiência (SANQUETTA et al., 2006).

É comum se dizer que, em qualquer aplicação de amostragem, precisão e custo são duas variáveis interligadas e que a especificação de uma implica automaticamente a determinação da outra (DRUSZCZ, 2008). Deste modo, o tamanho e a forma da parcela de área fixa, bem como o método de amostragem de área variável, irão influenciar significativamente a eficiência do inventário florestal.

### 2.3.1 O método de Bitterlich

Em 1984, o engenheiro austríaco Walter Bitterlich propôs um método de determinação de área basal de povoamentos florestais sem medir os diâmetros das árvores e nem lançar parcelas de área fixa, já expressa em  $\text{m}^2\text{ha}^{-1}$ , a que chamou “Winkelzählprobe”, traduzido como prova de numeração angular (COUTO et al., 1990). Essa prova baseia-se no seguinte postulado: “o número de árvores (N) de um povoamento, cujo *DAP* de um ponto fixo aparece superior a um dado valor angular ( $\alpha$ ) constante, é proporcional à sua área basal em metros quadrados por hectare” (MOSCOVICH, 1999).

Para isto, Bitterlich utilizou uma barra de 1 metro de comprimento tendo em uma de suas extremidades uma placa em forma de “U” com 2 (dois) centímetros de abertura. Na prática, este método é aplicado dando-se um giro de 360°, olhando por meio da abertura da barra de Bitterlich, as árvores que apresentarem *DAP* superior ou igual à abertura da barra devem ser quantificadas. O número de árvores quantificadas (n) multiplicado por uma constante (K), denominada fator de área basal, que pode variar de acordo com o instrumento utilizado, fornece diretamente a área basal por hectare ( $\text{Gha}^{-1}$ ) (ENCINAS et al., 2002).

Posteriormente, este método foi aperfeiçoado o que levou a criação de um instrumento mais sofisticado, o relascópio de espelho. Este aparelho permite a obtenção, além da área basal, de outras variáveis como altura, diâmetros ao longo do fuste, distâncias horizontais e declividade do terreno. Além de possuir a vantagem de trabalhar com vários fatores de área basal, ao contrário da barra de Bitterlich que utiliza apenas um fator (SOARES et al., 2011).

Devido à simplicidade do procedimento para a obtenção dos dados, a aplicação do método de Bitterlich pode ser de extrema utilidade, principalmente em situações em que se necessita de um diagnóstico rápido do estoque de madeira entre outras características da floresta (FARIAS et al. 2002).

Apesar de ser de aplicação mais simples que os métodos de amostragem de área fixa, diversos estudos mostram que o método de Bitterlich apresenta precisão igual, ou até mesmo superior que estes métodos tradicionais na estimativa da altura de árvores

dominantes, altura média, diâmetro médio, número de árvores por hectare, área basal e volume por hectare (COUTO et al. 1990; FARIAS et al. 2002; DRUSZCZ, 2008).

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 Descrição da área de estudo

A área de estudo localiza-se no Distrito de Alto Calçado, pertencente ao Município de São José do Calçado, no sul do Estado do Espírito Santo. O local é caracterizado como terras quentes, acidentadas e chuvosas, com temperaturas variando entre 10 e 29°C, com período chuvoso compreendido entre os meses de outubro e abril. O povoamento onde foram realizados os inventários florestais possui uma área de 6,0 hectares, reflorestados com *Eucalyptus grandis*, via propagação seminal, com idade de 5 anos. Na Figura 1 é possível visualizar os limites da área onde foram realizados os inventários, bem como a distribuição espacial das parcelas.

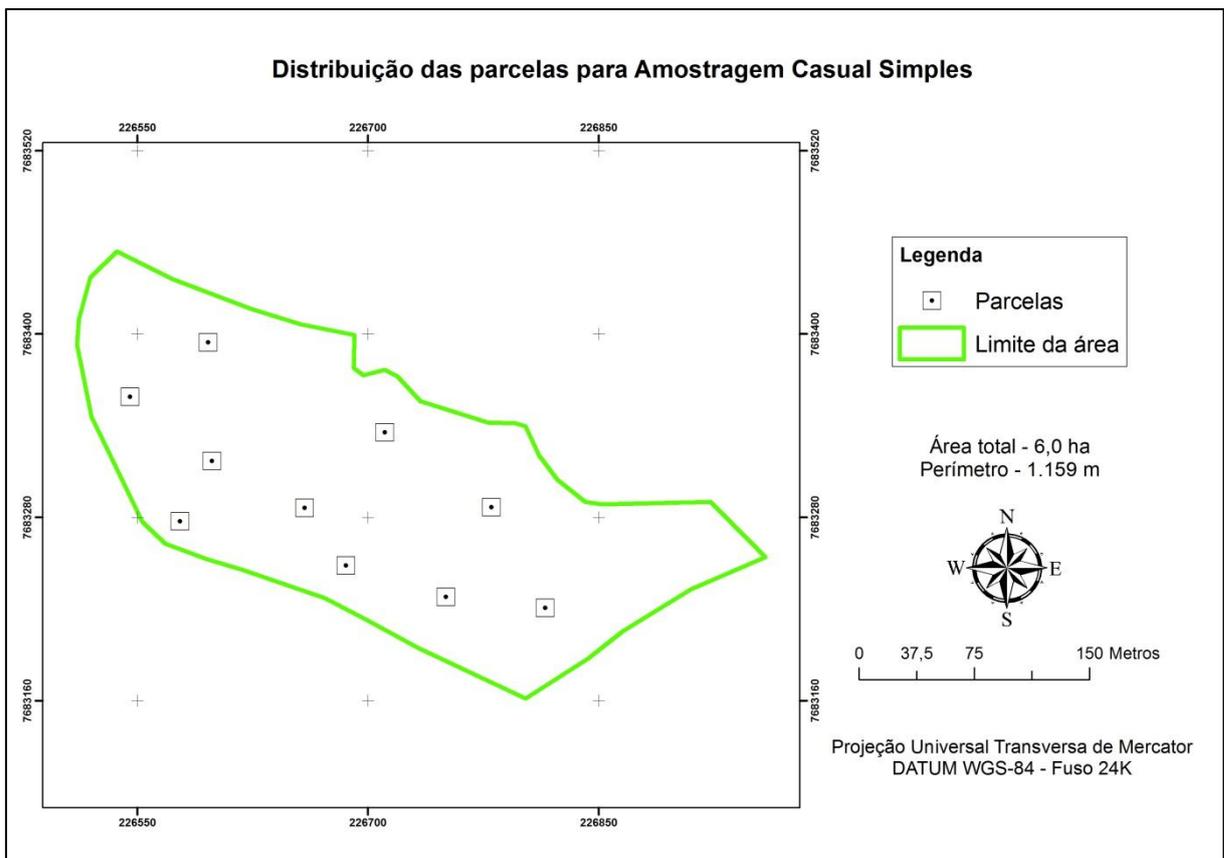


Figura 1. Área de realização dos inventários e distribuição espacial das parcelas.

## 3.2 Coleta de dados

Os povoamentos foram inventariados por meio do método de amostragem de área fixa com parcelas de dimensões de 20 x 30 m (600 m<sup>2</sup>), e pelo método de amostragem por pontos de Bitterlich com fatores de área basal (*FAB*) igual a 1 m<sup>2</sup>ha<sup>-1</sup>, 2 m<sup>2</sup>ha<sup>-1</sup> e 4 m<sup>2</sup>ha<sup>-1</sup>. Para o método de amostragem de Bitterlich, o ponto foi alocado no centro da parcela de área fixa. O procedimento de amostragem utilizado foi Amostragem Casual Simples (*ACS*).

Foram coletadas as circunferências à 1,30 m do solo (*CAP*) de todas as árvores, para posterior cálculo do diâmetro à 1,30 m do solo (*DAP*) e altura total (*HT*) das 10 (dez) primeiras árvores da primeira linha de cada parcela.

Para todos os métodos de amostragem as medições de *CAP* foram obtidas com o auxílio de fita métrica e a altura total com o dendrômetro eletrônico Criterion RD-1000. No método de Bitterlich, o Criterion RD-1000 também foi utilizado para seleção das árvores amostradas nas parcelas, sendo que para as árvores duvidosas atribuiu-se valor de meia árvore.

## 3.3 Calculo da área basal e volume por hectare

### 3.3.1 Método de amostragem por pontos de Bitterlich

Para a estimativa da área basal e volume por hectare pelo método de Bitterlich foram utilizadas as equações (1) e (2), respectivamente (SOARES et al., 2011).

$$G = Kn \quad (1)$$

Em que:

$G$  = área basal (m<sup>2</sup>ha<sup>-1</sup>);

$K$  = fator de área basal;

$n$  = número de árvores quantificadas.

$$V/ha = K \sum_{i=1}^n \left( \frac{v_i}{g_i} \right) \quad (2)$$

Em que:

$V/ha$  = volume por hectare ( $m^3ha^{-1}$ );

$v_i$  = volume estimado da  $i$ -ésima árvore ( $m^3$ );

$g_i$  = área seccional da  $i$ -ésima árvore ( $m^2$ ).

### 3.3.2 Método de amostragem de área fixa com parcela retangular

Para a estimativa da área basal e volume por hectare pelo método de amostragem de área fixa foram utilizadas as equações (3) e (4), respectivamente (SOARES et al., 2011).

$$G = \frac{\sum_{i=1}^n g_i}{A} \quad (3)$$

Em que:

$A$  = área da parcela (ha);

$$V/ha = \frac{\sum_{i=1}^n v_i}{A} \quad (4)$$

## 3.4 Relação hipsométrica

Como a medição da altura consiste em um processo moroso, geralmente são utilizados modelos hipsométricos ajustados a partir da medição da altura de uma parte da amostra. Por meio da melhor equação ajustada, as alturas das demais árvores das parcelas foram estimadas em função do  $DAP$ . Neste estudo, foram medidas 100 (cem) árvores para o ajuste dos modelos hipsométricos analisados (Tabela 1).

Tabela 1. Modelos hipsométricos analisados

<b>Autor</b>	<b>Modelo ajustado</b>
Henricksen	$HT = \beta_0 + \beta_1 \ln(DAP) + \varepsilon$
Trorey	$HT = \beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 DAP^2 + \varepsilon$
Curtis	$\ln(HT) = \beta_0 + \beta_1 DAP^{-1} + \beta_2 DAP^{-2} + \varepsilon$

Em que:

$HT$  = altura total da árvore (m);

$DAP$  = diâmetro à 1,30 m do solo (cm);

$\ln$  = logaritmo neperiano;

$\beta_i$  = parâmetros dos modelos;

$\varepsilon$  = erro experimental.

### 3.5 Estimativa do volume de árvores individuais

Para a obtenção do volume foi realizado cubagem rigorosa em 30 árvores nas alturas 0,10; 0,30; 0,70; 1,00; 1,30 m e, a partir deste ponto, de 1 em 1 m. Na Tabela 2 está a distribuição diamétrica das árvores-amostra de *Eucalyptus grandis*.

Tabela 2. Distribuição diamétrica das árvores-amostra para cubagem rigorosa

Classes de $DAP$	Classes de altura total						Total
	9,0	14,0	19,0	24,0	29,0	34,0	
6,25	3						3
8,75		2	1				3
11,25		1	3				4
13,75				3			3
16,25			2	1			3
18,75				2	1		3
21,25					2		2
23,75					4	1	5
26,25					1		1
28,75					2	1	3
Total	3	3	6	6	10	2	30

Na Figura 2 podem ser observadas as etapas da cubagem rigorosa.



Figura 2. Etapas da cubagem rigorosa. A: seleção das árvores pela classe diamétrica; B: abate; C: medição das alturas; D: medição dos diâmetros ao longo do fuste.

Para cálculo do volume, foi adotado o método de cubagem de Smalian demonstrado por Soares et al. (2011), conforme a equação (5):

$$Vt = \left[ \sum_{i=1}^n \frac{(g_1 + g_2)}{2} L_i \right] + Vp \quad (5)$$

Em que:

$Vt$  = volume total do fuste ( $m^3$ );

$g_1$  e  $g_2$  = áreas seccionais das extremidades do  $i$ -ésimo torete ( $m^2$ );

$L_i$  = comprimento do  $i$ -ésimo torete (m);

$Vp$  = volume da ponta, considerada como um cone ( $m^3$ ).

Após a obtenção do volume das árvores-amostra, foram avaliados modelos para estimativa do volume das árvores de *Eucalyptus grandis* (Tabela 3).

Tabela 3. Modelos volumétricos analisados

<b>Autor</b>	<b>Modelo</b>
Schumacher-Hall	$v = \beta_0 DAP^{\beta_1} HT^{\beta_2} + \varepsilon$
Spurr	$v = \beta_0 + \beta_1 DAP^2 HT + \varepsilon$
Meyer	$v = \beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 DAP^2 + \beta_3 DAPHT + \beta_4 DAP^2 HT + \varepsilon$

Em que:

$v$  = volume total (m<sup>3</sup>).

### 3.6 Critérios para seleção dos modelos

Na seleção dos melhores modelos foram consideradas as seguintes estatísticas:

i) Coeficiente de determinação ajustado:

Como foram avaliados modelos de natureza diferente e com diferentes números de parâmetros, para evitar qualquer tipo de tendência, esta estatística foi calculada de acordo com o proposto por Gomes e Garcia (1996).

$$\bar{R}^2 = 1 - \left( \frac{n-1}{n-p} \right) (1 - R^2) \quad (6)$$

Em que:

$n$  = número de observações;

$p$  = número de parâmetros do modelo;

$R^2$  = coeficiente de determinação, conforme a equação (7).

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (7)$$

Em que:

$y_i$  = Valores observados da variável dependente;

$\hat{y}_i$  = Valores estimados da variável dependente;

$\bar{y}$  = Valor médio da variável dependente;

ii) Erro padrão da estimativa ( $S_{y.x}$ ):

$$S_{y.x} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n - p}} \quad (8)$$

iii) Erro padrão relativo [ $S_{y.x}(\%)$ ]:

$$S_{y.x}(\%) = \frac{S_{y.x}}{\bar{y}} 100 \quad (9)$$

iv) Análise gráfica dos resíduos:

Na análise gráfica, os gráficos terão como variável independente os valores estimados e como variável dependente os erros percentuais  $E$  (%) referente a variável estimada.

$$E(\%) = \frac{(y_i - \hat{y}_i)}{y_i} 100 \quad (10)$$

### 3.7 Estatísticas utilizadas na análise de precisão das variáveis estimadas

Na análise estatística dos inventários foram utilizadas as seguintes estatísticas, conforme Soares et al. (2011):

i) Média aritmética estimada ( $\bar{X}$ ):

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (11)$$

Em que:

$x_i$  = valor da característica de interesse na  $i$ -ésima unidade amostral;

$n$  = número de unidades amostrais.

ii) Variância estimada ( $s_x^2$ ):

$$s_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n}}{n - 1} \quad (12)$$

iii) Erro padrão da média ( $s_{\bar{x}}$ ):

$$s_{\bar{x}} = \pm \frac{\sqrt{s_x^2}}{\sqrt{n}} \sqrt{(1 - f)} \quad (13)$$

Em que:

$(1 - f)$  = fator de correção para populações finitas.

iv) Erro de amostragem relativo (Er):

$$E_r = \pm \frac{ts_{\bar{x}}}{\bar{x}} 100 \quad (14)$$

Em que:

$t$  = valor tabelado da estatística  $t$  de Student, com  $n-1$  graus de liberdade.

v) Intervalo de confiança para a média:

$$IC = \bar{x} \pm ts_{\bar{x}} \quad (15)$$

### 3.8 Número de unidades amostrais

Foram lançadas dez unidades amostrais para ambos os métodos de amostragem. Em seguida foram realizados cálculos de intensidade amostral a fim de saber se o número de unidades amostrais lançadas foi suficiente para satisfazer o limite de erro ao nível de probabilidade desejada. A intensidade amostral foi calculada em função da variância da população, precisão requerida e confiabilidade fixada. Para este estudo fixou-se um limite de erro aceitável de 10% a uma probabilidade de 90%, sendo que para o método de amostragem de área fixa foi considerada população finita, ou seja, fator de correção para populações finitas menor que 0,95, e para o método de Bitterlich, população infinita. Assim, a intensidade amostral pode ser calculada da seguinte forma (SOARES et al., 2011):

i) Para população finita:

$$n = \frac{N t^2 s_x^2}{N (LE \bar{x})^2 + t^2 s_x^2} \quad (16)$$

Em que:

$n$  = número ótimo de parcelas;

$N$  = número total de parcelas que cabem na área;

$s_x^2$  = variância populacional;

$LE$  = limite de erro admitido (0,1);

$\bar{x}$  = estimativa da média;

$t$  = valor tabelado relativo a estatística  $t$  de Student ( $t_{10\%}(9) = 1,8331$ ).

ii) Para população infinita:

$$n = \frac{t^2 s_x^2}{(LE \bar{x})^2} \quad (17)$$

### 3.9 Comparação dos métodos de amostragem

Para a comparação dos resultados obtidos pelos métodos estudados foi usado o teste  $t$  de Student para dados pareados. Este teste tem como objetivo verificar se a média dos desvios não se difere de zero, ou seja, as médias obtidas por ambos os métodos não se diferem. Em termos de hipóteses estatísticas teremos:

$$H_0: \bar{D} = 0$$

$$H_a: \bar{D} \neq 0$$

Em que:

$H_0$  = hipótese de nulidade;

$H_a$  = hipótese alternativa;

$\bar{D}$  = média populacional dos desvios;

Para testar estas hipóteses deve-se obter a estatística  $t_c$ , conforme Banzatto e Kronka (1989):

$$t_c = \frac{\bar{d}}{\sqrt{\frac{s^2}{n}}} \quad (18)$$

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} \quad (19)$$

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n d_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n d_i)^2}{n}}{n - 1} \quad (20)$$

Em que:

$t_c$  = valor calculado da estatística  $t$ ;

$\bar{d}$  = média amostral dos desvios;

$d_i$  = desvios (valor obtido pelo método padrão subtraído pelo valor obtido no método alternativo);

$s^2$  = variância dos desvios;

$n$  = número de parcelas/pontos.

Caso o valor de  $t$  calculado seja maior que o valor de  $|t_{1\%}(n-1)|$  tabelado, rejeita-se  $H_0$ , caso contrário, não se rejeita  $H_0$ , ou seja, os métodos testados não se diferem estatisticamente, a 1% de significância.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Ajuste dos modelos hipsométricos

Na Tabela 4 é possível verificar os modelos ajustados para estimar a altura total das árvores, bem como suas respectivas medidas de precisão.

Tabela 4. Modelos ajustados para estimativa da altura total

Autor	Parâmetros estimados			$\overline{R^2}$	$S_{y.x}$	$S_{y.x}$
	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	(%)	(m)	(%)
Henricksen	-10,6505**	11,5363**	-	86,09	2,13	12,30
Trorey	-0,5305 <sup>ns</sup>	1,9693**	-0,0369**	85,72	2,16	12,51
Curtis	3,6448**	-10,0118**	10,6392*	86,06	2,15	12,41

Em que: \*\* e \* = significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente; <sup>ns</sup> = não significativo.

De acordo com os resultados da Tabela 4, pode-se concluir que dentre os modelos analisados, o modelo de Henricksen foi o mais preciso para estimar a altura, apresentando maior coeficiente de determinação ajustado e erro padrão ligeiramente inferior aos demais.

O gráfico dos resíduos gerados pelos modelos de Henricksen, Trorey e Curtis podem ser observadas na Figura 3, 4 e 5, respectivamente. Pode-se observar que os resíduos estão dispostos de maneira mais agrupada no modelo de Henricksen em relação aos demais, além disso, a amplitude dos desvios foi menor para este modelo.

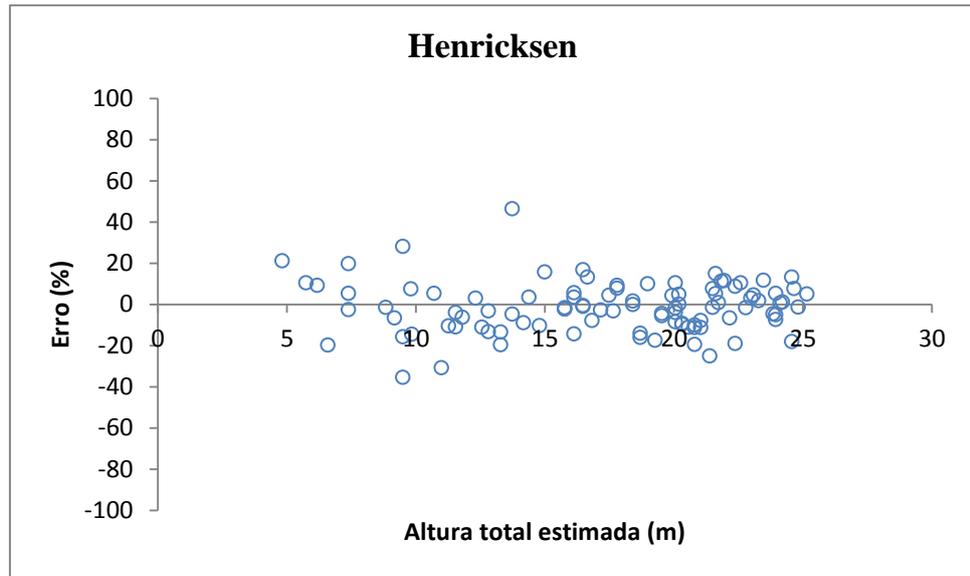


Figura 3. Gráfico dos resíduos para o modelo hipsométrico de Henricksen.

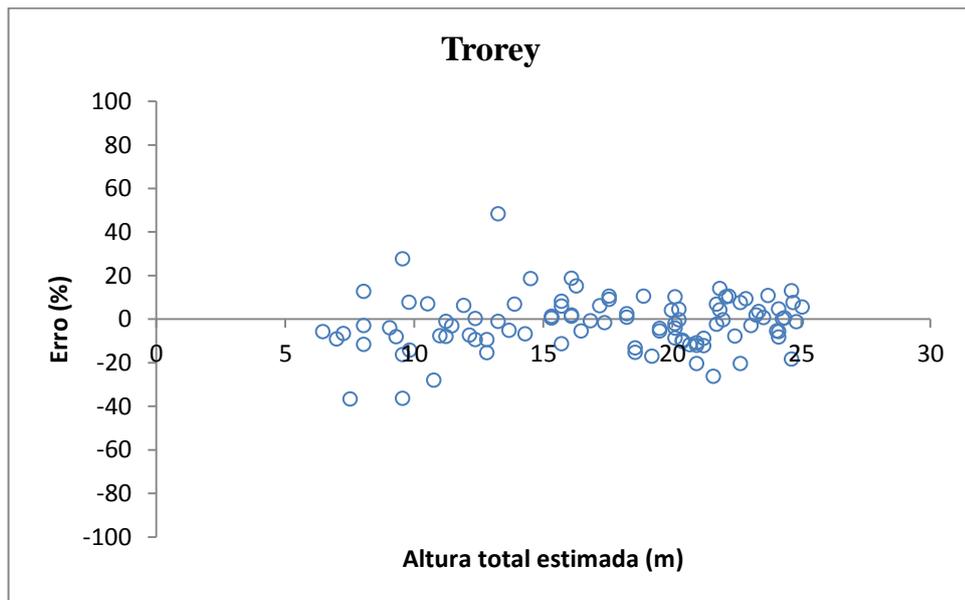


Figura 4. Gráfico dos resíduos para o modelo hipsométrico de Trorey.

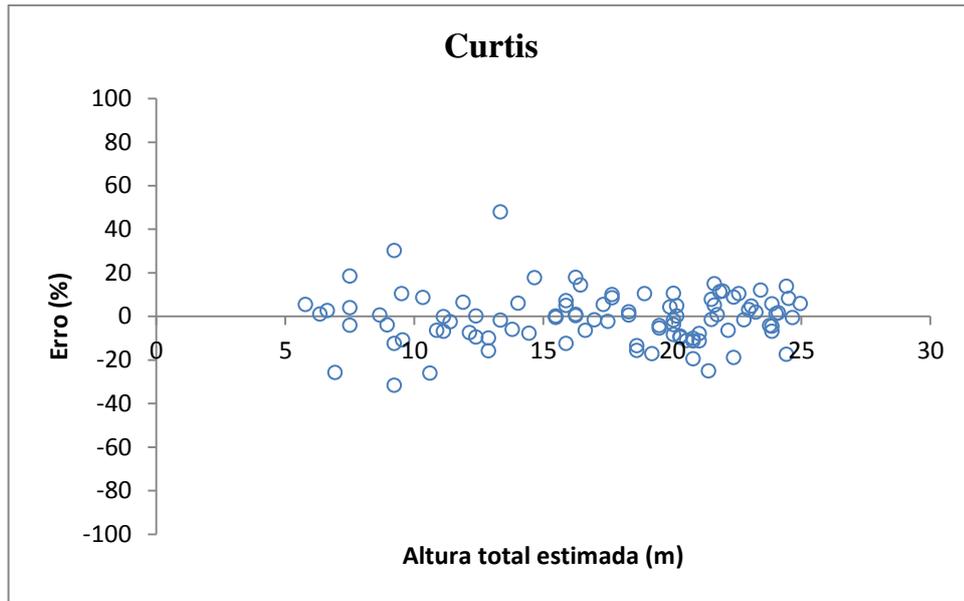


Figura 5. Gráfico dos resíduos para o modelo hipsométrico de Curtis.

## 4.2 Ajuste dos modelos volumétricos

Na Tabela 5 é possível averiguar as estatísticas do ajuste dos modelos para estimativa do volume com suas respectivas medidas de precisão.

Tabela 5. Modelos ajustados para estimativa do volume de árvores individuais

Parâmetros estimados	Autor		
	Schumacher-Hall	Spurr	Meyer
$\beta_0$	$4,603 \cdot 10^{-5} *$	$0,0113^{ns}$	$-0,1255^{ns}$
$\beta_1$	$1,837 **$	$3,228 \cdot 10^{-5} **$	$0,03169^{ns}$
$\beta_2$	$1,058 **$	-	$-1,299 \cdot 10^{-3ns}$
$\beta_3$	-	-	$-6,248 \cdot 10^{-1ns}$
$\beta_4$	-	-	$6,587 \cdot 10^{-5} *$
Estatísticas			
$S_{y.x}(m^3)$	0,0269	0,0275	0,0270
$S_{y.x}(\%)$	8,67	8,85	8,68

Em que: \*\* e \* = significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente; <sup>ns</sup> = não significativo.

Analisando os resultados na Tabela 5, verifica-se que o modelo a ser escolhido para a estimativa do volume foi o de Schumacher-Hall, pois apresentou erro relativo menor que os demais modelos. Além disso, o modelo de Meyer apresentou parâmetros não significativos.

Os gráficos dos resíduos gerados pelos modelos de Schumacher e Hall, Spurr e Meyer podem ser observados nas Figuras 6, 7 e 8, respectivamente.

Quando é estudada a análise dos resíduos gerados pelos modelos analisados, nota-se que o modelo de Schumacher-Hall apresenta melhor dispersão de resíduos. Também foi possível verificar que quando o *DAP* se aproxima de 5,0 cm, o modelo de Meyer tende a apresentar valores negativos para o volume.

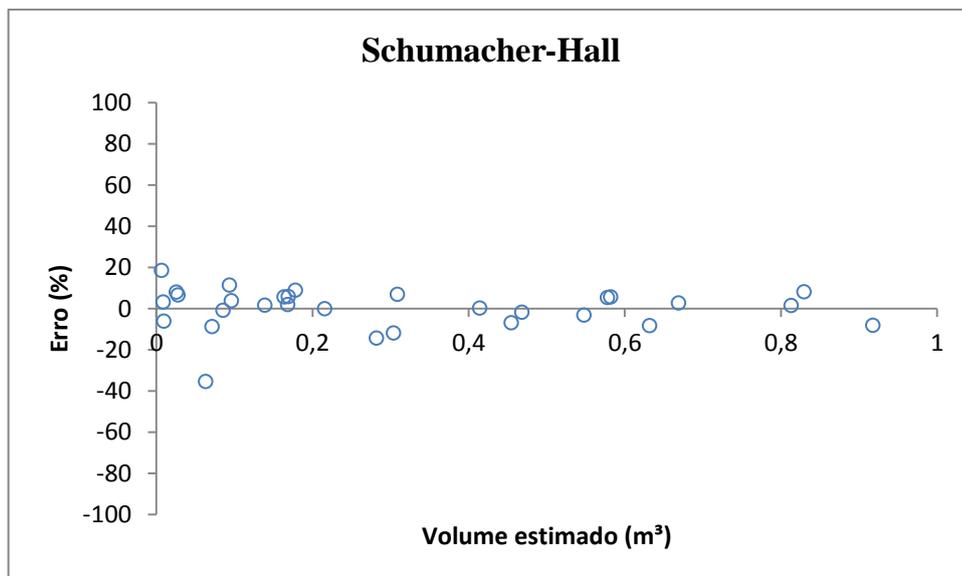


Figura 6. Gráfico dos resíduos para o modelo volumétrico de Schumacher-Hall.

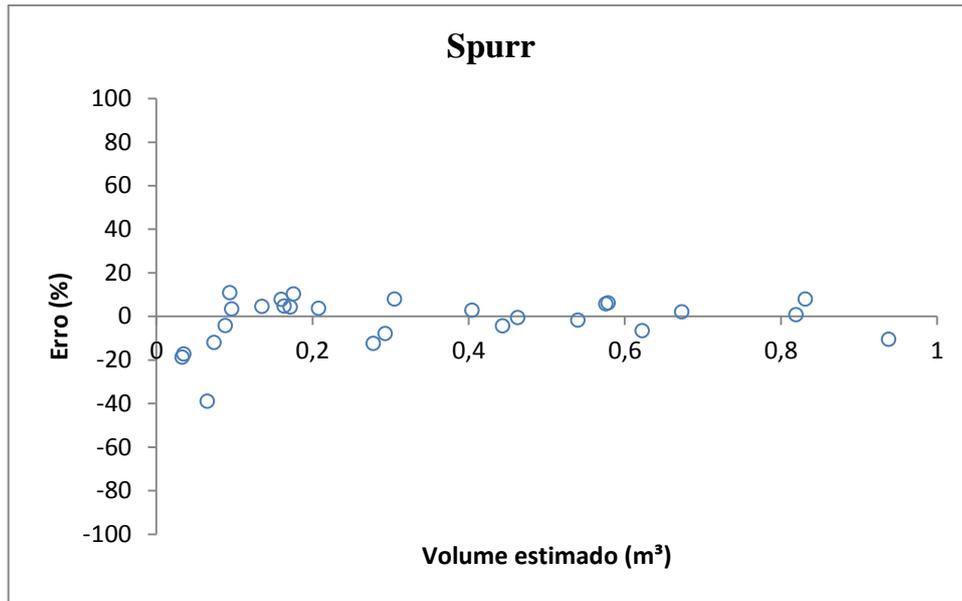


Figura 7. Gráfico dos resíduos para o modelo volumétrico de Spurr.

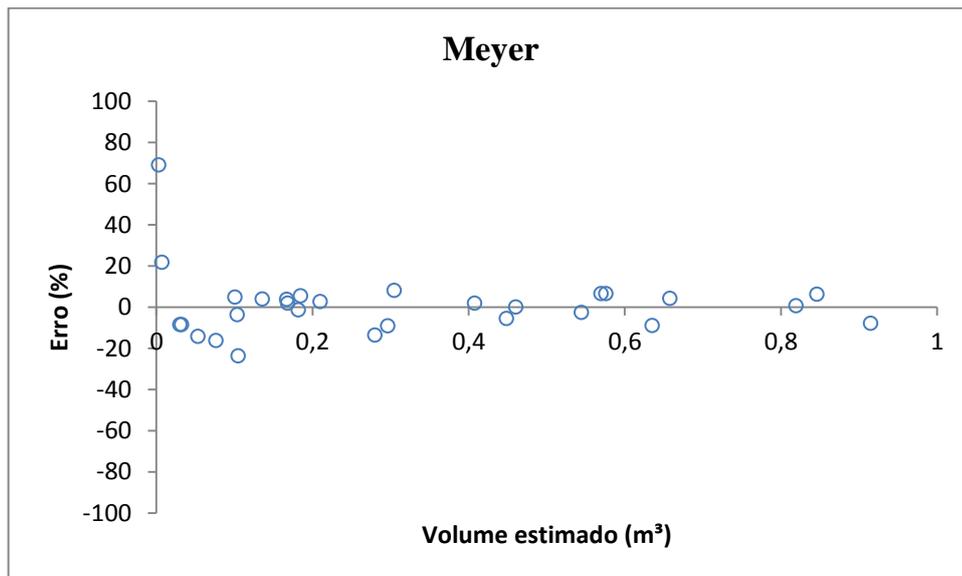


Figura 8. Dispersão gráfica dos resíduos para o modelo volumétrico de Meyer.

### 4.3 Estimativas do volume e da área basal

Os resultados de volume por hectare obtidos para os quatro métodos de inventário analisados e suas respectivas estatísticas podem ser visualizados na Tabela 6.

Tabela 6. Resultados dos inventários florestais para os métodos analisados

Parcela	Área fixa	Bitterlich		
		<i>FAB = 1</i>	<i>FAB = 2</i>	<i>FAB = 4</i>
1	169,1681	166,3191	133,4160	83,0445
2	212,4084	234,2837	196,4556	238,6231
3	188,6890	171,0167	140,6719	172,9850
4	223,1209	223,1761	258,1875	188,9893
5	198,0766	212,6285	235,7602	156,1328
6	216,6442	261,1763	264,0950	266,1268
7	192,3259	159,9316	177,9655	214,3366
8	217,1057	205,8811	205,6042	290,4065
9	147,3554	165,9437	138,3601	153,2311
10	183,4111	214,8252	222,9121	290,3972
$\bar{x}$	194,8305	201,5182	197,3428	205,4273
$s_x^2$	575,4137	1176,1762	2389,9239	4529,0900
$s_{\bar{x}}$	7,1963	10,8452	15,4594	21,2817
$E_r$	6,77	9,87	14,36	18,99
<b>n</b>	6	10	19	31
$\hat{V}$	1168,9832	1209,1091	1184,0568	1232,5638
$IC_{tot.}$	[1089,833 ≤ V ≤ 1248,1334]	-	-	-

Sendo:  $\bar{x}$  = média ( $m^3ha^{-1}$ ),  $s_x^2$  = variância [ $(m^3ha^{-1})^2$ ],  $s_{\bar{x}}$  = erro padrão da média ( $m^3ha^{-1}$ ),  $E_r$  = erro de amostragem relativo (%), n = número ótimo de parcelas e  $\hat{V}$  = volume total do povoamento ( $m^3$ );  $IC_{tot.}$  = intervalo de confiança para o total, a 90% de probabilidade ( $m^3$ ).

Analisando a Tabela 6, nota-se que houve pouca variação no volume médio por hectare, sendo que o método de Bitterlich teve uma leve tendência em superestimar este valor. A maior diferença entre o volume estimado pelo método de área fixa e o de Bitterlich ocorreu com o  $FAB = 4$ , que foi de  $10,5968 m^3ha^{-1}$ . Observando o erro padrão da média, percebe-se que há uma tendência crescente neste valor conforme é aumentado o fator de área basal. Isto pode ser explicado pelo fato de que com maiores fatores de área basal há um decréscimo no número de árvores amostradas (Tabela 7), o

que influencia diretamente no erro. O mesmo fato ocorre com o erro relativo, sendo este influenciado diretamente pela variância da amostra.

Analisando o intervalo de confiança para o total, exposto na Tabela 6, pode-se verificar que os valores estimados pelo método de Bitterlich estão inseridos no intervalo de confiança estimado pelo método de área fixa.

Tabela 7. Número de árvores amostradas por cada método

Parcela	Área Fixa	População amostrada		
		Bitterlich		
		<i>FAB</i> = 1	<i>FAB</i> = 2	<i>FAB</i> = 4
1	65	16	7	2
2	80	25	11	6
3	67	18	7	4
4	75	24	14	5
5	83	23	14	5
6	84	28	14	7
7	90	18	10	6
8	98	23	11	8
9	62	17	7	4
10	63	17	13	8
<b>Total</b>	767	209	108	55
<b>Média</b>	76,6	20,9	10,8	5,5

Quanto ao número ótimo de parcelas, apenas para os métodos de área fixa e de Bitterlich com  $FAB = 1$ , as parcelas lançadas foram suficientes para satisfazer ao erro estabelecido de 10% a 90% de probabilidade. Para o método de Bitterlich utilizando  $FAB = 2$  e  $FAB = 4$  atender a essa exigência, seria necessário que fossem lançadas mais 9 e 21 parcelas, respectivamente. Este fato era esperado ocorrer, uma vez que nestes últimos métodos o número de árvores amostradas foi inferior ao método de área fixa e Bitterlich com  $FAB = 1$ . No entanto, mesmo se fossem lançadas estas parcelas adicionais para o método de Bitterlich com  $FAB = 2$  e  $FAB = 4$ , o número total de árvores amostradas (205 e 170, respectivamente, calculados por meio da multiplicação do número médio de árvores por parcela pelo número ótimo de parcelas) seria inferior ao total amostrado para o método de área fixa. Este fato mostra que a utilização do método de Bitterlich pode ser uma alternativa rápida e menos onerosa para a realização de inventários florestais, uma vez que o número de árvores amostradas foi

inferior quando comparado com o método de parcelas de área fixa, independente do fator de área basal utilizado. Esta mesma tendência de aumento no erro padrão da média e número ótimo de parcelas conforme o aumento do fator de área basal também foi observada por Farias et al. (2002) e Couto et al. (1990).

Um fato peculiar sobre o método de Bitterlich é a possibilidade de obtenção da área basal por hectare por meio do produto do número de árvores incluídas na amostra pelo fator de área basal utilizado (SOARES et al., 2011). Desta forma é possível obter de forma rápida uma noção sobre um parâmetro da estrutura horizontal da floresta sem a necessidade de cálculos complexos. Na Tabela 8 é possível visualizar os resultados obtidos para estimativa da área basal por hectare. Nota-se que os valores estimados foram próximos, sendo o menor para o método de área fixa e o maior para o método de Bitterlich com  $FAB = 4$ , sendo a diferença entre eles de  $5,2164 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ . Assim como nas estimativas anteriores, o método de Bitterlich teve uma tendência de superestimar o valor da área basal por hectare, sendo esta superestimação maior de acordo com o aumento do fator de área basal.

Tabela 8. Estimativa da área basal por hectare.

Parcela	Área Fixa	Área basal ( $\text{m}^2\text{ha}^{-1}$ )		
		Bitterlich		
		$FAB = 1$	$FAB = 2$	$FAB = 4$
1	15,5771	16	14	8
2	20,6585	25	22	24
3	16,4305	18	14	16
4	19,8694	24	28	20
5	19,4553	23	28	20
6	20,2813	28	28	28
7	18,7238	18	20	24
8	21,6104	23	22	32
9	13,9318	17	14	16
10	17,2983	17	26	32
<b>Total</b>	183,836	209	216	220
<b>Média</b>	18,3836	20,9	21,6	22,0

Na Tabela 9 podem ser visualizados os resultados do teste  $t$  de Student com a comparação dos resultados obtidos pelo método de área fixa com o de Bitterlich nos diferentes fatores de área basal analisados. Ao analisar a Tabela 9, pode-se observar

que, tanto para o volume quanto para a área basal, os resultados de todas as comparações foram não significativos, ou seja, não houve diferença estatisticamente significativa entre os métodos testados. Isto mostra que o método proposto por Bitterlich pode ser utilizado para a realização de inventários florestais em plantios de *Eucalyptus grandis*.

Tabela 9. Comparação dos métodos de amostragem pelo teste *t* de Student.

Variável Analisada	Comparação	Estatística <i>t</i>
Volume (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Área Fixa x <i>FAB</i> = 1	-0,89241 <sup>ns</sup>
	Área Fixa x <i>FAB</i> = 2	-0,23088 <sup>ns</sup>
	Área Fixa x <i>FAB</i> = 4	-0,581 <sup>ns</sup>
Área Basal (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	Área Fixa x <i>FAB</i> = 1	-3,09918 <sup>ns</sup>
	Área Fixa x <i>FAB</i> = 2	-2,2465 <sup>ns</sup>
	Área Fixa x <i>FAB</i> = 4	-1,8232 <sup>ns</sup>

Sendo: <sup>ns</sup> = não significativo;  $t_{\text{tab. } 1\%}(9) = 3,2498$ .

Farias et al. (2002) analisando a diferença entre o método de Bitterlich e o método de área fixa em florestas inequidâneas também observaram que não houve diferença estatística entre os resultados obtidos por ambos os métodos. O mesmo fato também ocorreu com Druszcz et al. (2010) em plantios de *Pinus taeda* e Couto et al. (1993) em plantios de *Eucalyptus saligna*. Nascimento et al. (2004), fazendo esta comparação em uma Floresta Estacional Decidual, concluíram que o método de Bitterlich foi adequado para estimar a área basal com praticidade e precisão. Moscovich et al. (1999), analisando uma floresta de Araucária, além de concluir que não houve diferença estatística entre o método de área fixa e o de Bitterlich, também notou-se que para a estimativa do volume comercial, área basal e número de árvores por hectare, o método de Bitterlich apresentou menor tempo médio de execução.

Druszcz et al. (2012) analisando os custos do inventário florestal pelo método de Bitterlich em comparação com o método de área fixa com conglomerado em cruz, observou que o método de Bitterlich foi mais eficiente para a estimativa do diâmetro médio, área basal por hectare e volume total. Além disso, para o levantamento do volume total, o método de Bitterlich apresentou custo 55,8% menor quando comparado com o método de área fixa com conglomerado em cruz.

## 5. CONCLUSÕES

Considerando os resultados analisados, conclui-se que:

- Para atender um mesmo limite de erro aceitável, para o método de Bitterlich, quanto maior o fator de área basal, maior será o número ótimo de parcelas;
- Embora o método de Bitterlich necessite de um maior número de parcelas, o número de árvores amostradas é inferior ao total amostrado pelo método de área fixa;
- Não houve diferença estatisticamente significativa para a estimativa da área basal e volume entre os métodos de área fixa e de Bitterlich, independente do fator de área basal utilizado.

## 6. REFERÊNCIAS

- ABRAF – Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário Estatístico da ABRAF 2012, ano base 2011**. ABRAF, Brasília, 2012.
- ANDRADE, E. N. de. **O Eucalipto**. Jundiaí, SP. 2 ed., Cia. Paulista de Estradas de Ferro, 667 p. 1961.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 1989.
- BRENA, D. A. Proposição de um sistema de inventário florestal nacional para o Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.6, n.1, p.109-127. 1996.
- COUTO, H. T. Z.; BASTOS, N. L. M.; LACERDA, J. S. A amostragem por pontos na estimativa da altura de árvores dominantes e número de árvores por hectares em povoamentos de *Eucalyptus saligna*. **IPEF**, Piracicaba, n.43/44, p.50-53, jan./dez.1990.
- COUTO, H. T. Z.; BASTOS, N. L. M.; LACERDA, J. S. A amostragem por pontos na estimativa de área basal em povoamentos de *Eucalyptus*. **IPEF**, Piracicaba, n.46, p.86-95, jan./dez.1993.
- DEL QUIQUI, E. M.; MARTINS, S. S.; SHIMIZU, J. Y. Avaliação de espécies e procedências de *Eucalyptus* para o Noroeste do Estado do Paraná. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 5, p. 1173-1177, 2001.
- DRUSZCZ, J. P. **Comparação entre os métodos de amostragem de Bitterlich e de área fixa com três variações estruturais de unidades circulares em plantações de *Pinus taeda* L.** 2008. 128 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.
- DRUSZCZ, J. P.; NAKAJIMA, N. Y.; PÉLLICO NETTO, S. Comparação entre os métodos de amostragem de Bitterlich e de área fixa com parcela circular em plantação de *Pinus taeda*. **Floresta**, Curitiba, v. 40, p. 739-754, 2010.
- DRUSZCZ, J. P.; NAKAJIMA, N. Y.; PÉLLICO NETTO, S.; MACHADO, S. A. Custos de inventário florestal com amostragem de Bitterlich (PNA) e conglomerado em cruz (CC) em plantação de *Pinus taeda* L. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 94, p. 231-239, jun. 2012
- ENCINAS, J. I.; SILVA, G. F.; KISHI, I. T. Variáveis dendrométricas. **Comunicações Técnicas Florestais**, Departamento de Engenharia Florestal, UnB, v. 4, n. 1., 101 p. 2002.

- FARIAS, C. A.; SOARES, C. P. B.; SOUZA, A. L.; LEITE, H. G. Comparação de métodos de amostragem para análise estrutural de florestas inequidistantes. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 26, n. 5, p. 541-548, 2002.
- GOMES, F. P.; GARCIA, C. H. A determinação de equações volumétricas na engenharia florestal. **IPEF**, Piracicaba, v. 9, n. 26, p. 1-36, mar. 1993
- HUSCH, B.; BEERS, T. W.; KERSHAW JR., J. A. **Forest mensuration**. 4th ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2003.
- JUVENAL, T. L.; MATTOS, R. L. G. O setor florestal no Brasil e a importância do reflorestamento. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 16, p. 3-30, set. 2002
- MEUNIER, I. M. J.; SILVA, J. A. A.; FERREIRA, R. L. C. **Inventário florestal: Programas de Estudo**. Recife: Imprensa Universitária da UFRPE, 189p. 2001.
- MINAS GERAIS. Assembléia Legislativa. **Cartilha o eucalipto**. 2004. Disponível em:  
<[http://www.almg.gov.br/index.asp?grupo=servicos&diretorio=Publicacoes&arquivo=cartilha\\_eucalipto](http://www.almg.gov.br/index.asp?grupo=servicos&diretorio=Publicacoes&arquivo=cartilha_eucalipto)>. Acesso em: 15 de maio de 2011.
- MOSCOVICH, F. A.; BRENA, D. A.; LONGHI, S. J. Comparação de diferentes métodos de amostragem de área fixa e variável, em uma floresta de *Araucaria angustifolia*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.9, n.1, p.173-191, 1999.
- NASCIMENTO, A. R. T.; SCARIOT, A.; SILVA, J. A.; SEVILHA, A. C.; Estimativas de área basal e uso do relascópio de Bitterlich em amostragem de Floresta Estacional Decidual. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 02, p. 169-176, 2004.
- OLIVEIRA, J. T. S.; HELLMEISTER, J. C.; SIMÕES, J. W.; TOMAZELLO FILHO, M. Caracterização da madeira de sete espécies de eucaliptos para a construção civil: 1-avaliações dendrométricas das árvores. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 56, p. 113-124, dez. 1999.
- PÉLLICO NETTO, S.; BRENA, D. **Inventário florestal**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1997.
- SOARES, C. P. B.; PAULA NETO, F. de.; SOUZA, A. L. de. **Dendrometria e inventário florestal**. Viçosa, MG. 2 ed., Ed. da UFV, 2011.
- SOARES, N. S.; SOUSA, E. P.; SILVA, M. L. Importância do setor florestal para a economia brasileira. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, XLVI, 2008, Rio Branco. **Anais....** Rio Branco, 2008.
- SOUZA, C. A. M. de; SILVA, G. F. da; XAVIER, A. C.; CHICHORRO, J. F.; SOARES, C. P. B.; SOUZA, A. L. de. Avaliação de modelos de afilamento segmentados na estimação da altura e volume comercial de fustes de *Eucalyptus* sp. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 3, Jun. 2008.

TABARELLI, M.; PINTO, L. P.; SILVA, J. M. C.; HIROTA, M. M.; BEDÊ, L. C. Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira. **Megadiversidade**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, jul. 2005.

TOMASELLI, I.; SIQUEIRA, J. D. P. Gestão fundiária inadequada: principal problema do setor florestal brasileiro. **STCP Informativo**, Curitiba, n. 9, p. 4-11, 2006

VALVERDE, S. R.; SOARES, N. S.; SILVA, M. L. da; JACOVINE, L. A. G.; NEIVA, S. A. O comportamento do mercado da madeira de eucalipto no Brasil. **Biomassa & Energia**, Viçosa-MG, v. 1, n. 4, p. 393-403, 2004.