

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI

Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal

Ludmila Pires Miranda

EFEITO DE BORDA NO INVENTÁRIO PRÉ-CORTE DE UM POVOAMENTO

EUCALYPTUS SP.

DIAMANTINA/MG

2016

LUDMILA PIRES MIRANDA

**EFEITO DE BORDA NO INVENTÁRIO PRÉ-CORTE DE UM POVOAMENTO
*EUCALYPTUS SP.***

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof Dr Marcio Leles Romarco de Oliveira

DIAMANTINA/MG

2016

Ficha Catalográfica – Serviço de Bibliotecas/UFVJM
Bibliotecário Anderson César de Oliveira Silva, CRB6 – 2618.

M672e	<p>Miranda, Ludmila Pires</p> <p>Efeito de borda no inventário pré-corte de um povoamento Eucalyptus sp. / Ludmila Pires Miranda. – Diamantina, 2016. 80 p. : il.</p> <p>Orientador: Marcio Leles Romarco de Oliveira</p> <p>Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.</p> <p>1. Forma de parcela. 2. Amostragem. 3. Locação de parcelas. I. Título II. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.</p> <p style="text-align: right;">CDD 634.9</p>
-------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Elaborado com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

**“EFEITO DE BORDA NO INVENTÁRIO PRÉ-CORTE DE UM POVOAMENTO
EUCALYPTUS SP.”**

Ludmila Pires Miranda

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, nível de Mestrado, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre.

APROVADO EM 18 / 03 / 2016

Prof. Helio Garcia Leite – UFV

Prof. Gilciano Saraiva Nogueira – UFVJM

Prof. Sidney Araújo Cordeiro – UFVJM

Prof. Marcio Leles Romarco de Oliveira – UFVJM
Presidente

DIAMANTINA
2016

Aos meus pais e irmão pelo carinho e amor de sempre.

Aos meus amigos pela compreensão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a DEUS, senhor e pai, pelo dom da vida e por me dar sabedoria e saúde para que eu conquistasse mais essa etapa em minha vida.

Agradeço aos meus pais, José Antônio Martins de Miranda e Maria Vanice Pires Miranda, pelos valores ensinados e exemplo todos os dias de minha vida e por acreditarem no meu potencial dando total apoio às decisões. Serei eternamente grata aos senhores e expresso aqui a minha gratidão e o meu enorme respeito e admiração por vocês!

Ao meu irmão Matheus, pela amizade, companheirismo e apoio de sempre. Sem você essa conquista não seria possível.

Ao meu namorado Henrique, pelo carinho, amor e paciência.

Ao Professor Marcio Leles, pelos anos de ensinamento, pelas boas conversas e orientações. Muito obrigada!

A UFVJM, em especial ao Departamento de Engenharia Florestal, pela oportunidade e pelo suporte técnico científico para toda a minha formação profissional.

A Thayane, por ser minha amiga querida de Diamantina que com certeza levarei por toda minha vida. Por me acalmar e escutar minhas lamentações durante todo o percurso.

Aos amigos do Laboratório de Mensuração e Manejo Florestal, em especial ao Lucas e Diego, que tornaram os meus dias mais agradáveis.

A todos os amigos conquistados no mestrado, que fizeram com que os dias fossem mais leves e divertidos, em especial à Paula, Karyn, Kaio e Marcelino.

As meninas da República Alcoostumadas, pela grande amizade construída e por terem se tornado minha família.

Ao professor Sidney Araújo Cordeiro, Gilciano Saraiva Nogueira e Hélio Garcia Leite, por aceitarem fazer parte da banca e pelas valiosas sugestões.

A FAPEMIG, pelo apoio financeiro.

RESUMO

MIRANDA, Ludmila Pires. **Efeito de borda no inventário pré-corte de um povoamento *Eucalyptus* sp.**, 2016. 73p. (Dissertação - M. Sc. em Ciência Florestal) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2016.

O estudo analisou a influência de alocar parcelas em diferentes pontos do talhão com a finalidade de um inventário pré-corte, utilizando dois arranjos de intensidade amostral e tamanho de parcela, diferentes métodos de amostragem (Casual Simple – *ACS* ou Sistemática – *AS*), forma de parcela (retangular ou circular) e localização da parcela no talhão (borda, borda e centro e apenas no centro). Foi realizado um censo no talhão, onde foram mensuradas todas as circunferências à 1,30 metros de altura. A estimativa da altura foi obtida por meio de modelo hipsométrico. O ajuste do modelo foi feito com duas bases de dados para detectar a influência do efeito de borda na altura das árvores: a primeira composta por dados provenientes da última medição do inventário florestal contínuo (*IFC*) realizado no talhão; a segunda proveniente de cinquenta árvores localizadas na borda do talhão. Com as equações ajustadas, utilizou-se o teste de identidade de modelo para verificar o efeito de borda na altura. Para definir o efeito de borda sobre o diâmetro ajustou-se a função Weibull de duas formas: 1) para cada uma das 10 primeiras linhas de borda do talhão; e 2) fez-se o ajuste das linhas de forma acumulativa, começando pela linha 1 até a décima linha. Conhecendo-se as estimativas dos parâmetros, as distribuições diamétricas foram estimadas, tomando como base a frequência observada da primeira linha de borda. Para verificar se a distribuição diamétrica estimada variava conforme adentrava no talhão utilizou-se o teste de Kolmogorov-Smirnov, a 95% de probabilidade. Para o ajuste dos modelos volumétricos foram usados dados de cubagem de árvores-amostra localizadas no centro do talhão. Combinando a localização da parcela, método de amostragem, formato da parcela e arranjo de intensidade amostral e tamanho da parcela, foram simulados 28 cenários de amostragem. A comparação entre os procedimentos foi utilizando a precisão e exatidão. O resultado do teste de identidade de modelo indicou que há influência da borda sobre a altura das árvores. Os testes de Kolmogorov-Smirnov demonstraram não haver diferença diamétrica entre as 10 primeiras linhas de borda do talhão. O modelo volumétrico de Schumacher e Hall foi o que resultou nas melhores estimativas. Nos procedimentos de amostragem simulados, a *ACS* foi mais precisa e eficiente para um arranjo com intensidade amostral maior e parcelas de tamanho menores, já a *AS* foi melhor com intensidade amostral menor e parcelas maiores;

quanto ao formato, tanto circular, quanto retangular obtiveram bons resultados. Em relação à localização das parcelas no talhão, os resultados foram mais exatos e precisos quando as parcelas foram alocadas no centro do talhão, seguidos das parcelas alocadas na borda e centro e por fim aquelas alocadas na borda do talhão.

Palavras-chave: Forma de parcela; amostragem; locação de parcelas.

ABSTRACT

MIRANDA, Ludmila Pires. **Border effect in in the pre-cut forest inventory in a *Eucalyptus* sp. stand**, 2016. 71p. (Master's Dissertation - M. Sc. in Forest Science) – Federal University of Jequitinhonha and Mucuri Valleys, Diamantina, 2016.

This study examined the influence of allocating plots at different points of the stand, using two arrays of sampling intensity and plot size, different methods of sampling (Simple Casual – *ACS* or Systematic Sampling – *AS*), plot format (rectangular or circular) and plot location in the compartment (border, border and center, and only in the center). We performed a census in the stand, where all circumferences at 1.3 meters above the ground were measured. Height estimation was through the Hypsometric model. The model fitting was conducted with two databases to detect the influence of the border effect at different tree heights: the first model fitting consisted of data from the last measurement of *IFC* (Continuous Forest Inventory – *IFC*) conducted in the stand; the second one consisted of fifty trees located on the border of the stand. For the adjusted model, the researcher used a model identity test to determine the effect of the border on the height. To define the effect of the border on the diameter, the Weibull function was fitted in two ways: 1) for each one of the first 10 borders in the stand; and 2) for the adjustment of the lines cumulatively, beginning from the first line to the tenth line. Knowing the parameters, we estimated diameter distributions, based on the observed frequency of the first border. To verify if the estimated diameter distribution varied according to the plot, we used the Kolmogorov-Smirnov test at 95% probability. For the fitting of the volumetric models, we used cubing data of trees located in the center of the stand. So, combining the location of the plot, the sampling method, the inventory type and the plot format, we simulated 28 sampling scenarios. Comparison between procedures was through precision and accuracy. The result of the model identity test indicated that the border influences tree heights. The Kolmogorov-Smirnov tests showed no diametric difference between the first 10 border lines of the stand. The Schumacher and Hall volumetric model was the one that got the best estimates. In the simulated sampling procedures, *ACS* was more precise and efficient or an arrangement with greater sampling intensity and smaller size plots, while *AS* was better with lower sampling intensity and larger plots; as the format, either circular, or rectangular achieved good results. Regarding the location of the plots in the stand, the results were more accurate and precise when

the plots were allocated in the center of the stand, followed by plots allocated on the border and center and finally those allocated in the stand border.

Keywords: Plot format; Sampling; Plot Allocation

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Gráfico das equações de altura ajustadas	43
Figura 2 – Gráficos de resíduos das equações volumétricas	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Modelos testados para estimar o volume total do talhão, utilizando dados de cubagem.	38
Tabela 2 – Descrição dos 28 procedimentos de amostragem avaliados.	39
Tabela 3 – Valores médios e amplitudes de altura total e diâmetro (<i>dap</i>), conforme sua localização no talhão.	44
Tabela 4 – Ajuste da função densidade de probabilidade Weibull de dois parâmetros.	44
Tabela 5 – Ajuste dos modelos volumétricos testados para <i>Eucalyptus</i> sp.	45
Tabela 6 – Estimativa da média de 30 simulações de cada um dos 28 procedimentos de amostragem avaliados.	46
Tabela 7 – Média da exatidão e erro de amostragem, ao nível de 90 e 95% de probabilidade, considerando isoladamente cada um dos critérios: arranjo de intensidade amostral e tamanho de parcela, método de amostragem, formato e localização das parcelas.	47
Tabela 8 – Ponderação do volume e diferença percentual por classe diamétrica entre volumes de árvores localizadas no centro e na borda do talhão.	48
Tabela 9 – Exatidão e erro de amostragem dos procedimentos que alocam parcelas na borda do talhão.	49

APÊNDICE A

Tabela 1A – Estimativa das 30 simulações dos procedimentos de amostragem S1 e S2.	67
Tabela 2A – Estimativa das 30 simulações dos procedimentos de amostragem S3 e S4.	68
Tabela 3A – Estimativa das 30 simulações dos procedimentos de amostragem S5 e S6.	69
Tabela 4A – Estimativa das 30 simulações dos procedimentos de amostragem S7 e S8.	70
Tabela 5A – Estimativa das 30 simulações dos procedimentos de amostragem S9 e S10.	71
Tabela 6A – Estimativa das 30 simulações dos procedimentos de amostragem S11 e S12.	72

Tabela 7A – Estimativa das 30 simulações dos procedimentos de amostragem S13 e S14.....	73
Tabela 8A – Estimativa das 30 simulações dos procedimentos de amostragem S15-A e S15-B.....	74
Tabela 9A – Estimativa das 30 simulações dos procedimentos de amostragem S16 e S17.....	75
Tabela 10A – Estimativa das 30 simulações dos procedimentos de amostragem S18-A e S18-B.....	76
Tabela 11A – Estimativa das 30 simulações dos procedimentos de amostragem S19 e S20.....	77
Tabela 12A – Estimativa das 30 simulações dos procedimentos de amostragem S21-A e S21-B.....	78
Tabela 13A – Estimativa das 30 simulações dos procedimentos de amostragem S22 e S23.....	79
Tabela 14A – Estimativa das 30 simulações dos procedimentos de amostragem S24-A e S24-B.....	80

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
2. OBJETIVO	19
2.1. Objetivos específicos.....	19
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
3.1. Inventário florestal	21
3.2. Amostragem	23
3.2.1. Tamanho e forma das unidades amostrais	25
3.2.2. Procedimentos de amostragem.....	27
3.2.2.1. Amostragem casual simples	27
3.2.2.2. Amostragem sistemática	28
3.2.2.3. Amostragem estratificada	29
3.3. Erros de inventário florestal	30
3.4. Efeito de borda	32
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	35
4.1. Caracterização e localização da área de estudo.....	35
4.2. Coleta de dados	35
4.3. Processamento dos dados de diâmetro e altura	35
4.4. Definição da borda	36
4.5. Volume total do talhão	37
4.6. Procedimentos de amostragem.....	38
4.7. Análise dos procedimentos de amostragem	40
4.8. Ponderação do volume	41
5. RESULTADOS	43
6. DISCUSSÃO	51
6.1. Análise dos procedimentos.....	52
6.2. Ponderação do volume	53
6.3. Considerações sobre a alocação de parcelas na borda do povoamento.....	54

7. CONCLUSÃO	55
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
APÊNDICE A	67

1. INTRODUÇÃO

Os reflorestamentos estão cada vez mais ganhando espaço no mercado madeireiro em consequência de uma grande pressão socioambiental sobre as florestas nativas. Em 2014 no Brasil, as florestas equiâneas atingiram 7,74 milhões de hectares, o que corresponde a 0,9% do território nacional, um crescimento de 1,8% em relação ao indicador de 2013, sendo que os plantios de eucaliptos representaram 71,9% da área total e os plantios de Pinus 20,5%. Os estados com maior concentração de plantios florestais foram Minas Gerais, São Paulo, Paraná e Mato Grosso do Sul. O setor de florestas plantadas fechou o ano de 2014 participando com 1,1% de toda a riqueza gerada no país (IBÁ, 2015).

As indústrias do setor florestal possuem áreas extensas de plantio, dessa forma é necessário organizar as atividades para que o fornecimento de matéria prima não seja afetado (CARVALHO *et al.*, 2015). Assim sendo, o inventário florestal torna-se uma das atividades mais importantes do setor, possibilitando quantificar o estoque de madeira, além de dar subsídio ao planejamento a curto, médio e longo prazo nas empresas florestais (LIMA, 2009).

A realização do inventário florestal em plantios homogêneos geralmente é feita utilizando técnicas de amostragem, que objetivam calcular o volume referente a cada unidade amostral e posteriormente as estimativas volumétricas obtidas por parcela são extrapoladas para hectare, e por fim, para toda a população em estudo (MIGUEL *et al.*, 2010). No entanto, um dos maiores problemas na utilização das técnicas amostrais é o erro que está associado às estimativas.

O erro total da estimativa é obtido pelos erros amostrais e não amostrais. Os erros amostrais advêm da parte que não é amostrada da população, e os erros não amostrais não estão relacionados ao processo de amostragem, e sim a erros no processamento dos dados e a erros sistemáticos em campo como por exemplo: erros de medição provenientes do operador ou dos instrumentos de medição, descuido ao anotar os dados em campo, negligência na alocação de parcelas no campo, dentre outros (PÉLLICO NETTO e BRENA, 1997).

Os erros amostrais são expressos pelo erro padrão da média, que desconsidera os erros não amostrais, uma vez que estes são de difícil mensuração; entretanto estes erros podem afetar as estimativas do inventário (LEITE e ANDRADE, 2003).

Uma das maiores preocupações ao se lançar parcelas no campo com a finalidade de realizar um inventário florestal é o tamanho, a forma e o arranjo destas parcelas. Nos inventários em plantios equiâneos evita-se que as unidades amostrais sejam alocadas nas bordas do

povoamento, com o intuito de impedir que ocorram problemas com a estimação do volume de madeira no inventário.

O crescimento das árvores depende dos recursos ambientais disponíveis (luz, água e nutrientes), espaço físico, bem como a genética da árvore, sendo que cada um desses fatores pode influenciar, sozinho ou em conjunto, no crescimento das árvores (POORTER e BONGERS, 1993).

Quando as árvores encontram-se localizadas nas bordas do povoamento, estas desenvolvem mecanismos de adaptação, como por exemplo um sistema radicular mais extenso (ANDERSON e SMITH, 1976), o que conseqüentemente acarreta em uma maior captação dos recursos disponíveis e portanto o crescimento pode ser mais acentuado. Além disso, a maior exposição à radiação solar pode resultar em um incremento diamétrico mais significativo (RODRIGUES, 1998).

O processo de amostragem para ser considerado adequado deve fornecer estimativas precisas com um custo mínimo. Assim sendo, é importante que a realização do trabalho no campo seja otimizado, e o tempo gasto na alocação de parcelas e na coleta de dados seja o mínimo possível (IGNÁCIO, 2001). Uma alternativa para a redução dos custos seria a alocação destas parcelas nas bordas do povoamento, já que a localização da parcela teria um acesso facilitado, tornando o trabalho mais rápido e prático. Entretanto o uso de parcelas alocadas na borda pode alterar a estimativa do volume, causando sub ou superestimação.

Pesquisas têm sido desenvolvidas objetivando reduzir os custos do inventário, seja por meio da variação dos métodos e sistema de amostragem, ou até mesmo pela redução da intensidade amostral.

2. OBJETIVO

Este trabalho teve como objetivo geral analisar a influência de alocar parcelas em diferentes pontos de um talhão.

2.1. Objetivos específicos

- Avaliar para Inventário Pré-Corte (*IPC*), qual é o melhor método de amostragem, entre Casual Simples e Sistemática, utilizando dois arranjos de intensidade amostral e tamanho da parcela;
- Verificar qual o formato de parcelas que apresenta melhores estatísticas, seja retangular ou circular;
- Testar qual é a melhor localização das parcelas no talhão: apenas na borda, borda e centro simultaneamente, e apenas no centro;
- Verificar qual a melhor combinação de método de amostragem, formato da parcela e localização da parcela no talhão para os dois arranjos de intensidade amostral e tamanho da parcela.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Inventário florestal

O inventário florestal trata de características dendrométricas de interesse, sejam estas quantitativas ou qualitativas (PÉLLICO NETTO e BRENA, 1997). A partir de informações do inventário é possível utilizar os recursos florestais de forma consciente (MEDEIROS e PEREIRA, 2011).

Tratando-se de florestas equiâneas, as informações obtidas no inventário auxiliam na execução das operações de colheita florestal, em negociações de compra e venda de madeira, além de guiar o planejamento estratégico no uso dos recursos florestais. (PÉLLICO NETTO e BRENA, 1997; SCOLFORO e MELLO, 2006). Dessa forma, é imprescindível que sejam feitos esforços para obter informações seguras sobre o estoque e o crescimento da floresta a fim de subsidiar o planejamento e o manejo da produção florestal (NAKAJIMA *et al.*, 1998; KANEGAE JÚNIOR *et al.*, 2006; SOARES *et al.*, 2011).

Os principais motivos para realização de um inventário florestal são determinação do potencial produtivo da floresta, mapeamento dos fatores bióticos e abióticos que podem influenciar a produção florestal, determinação dos custos de produção, determinação de variáveis dendrométricas de interesse, caracterização da qualidade fitossanitária das árvores, definição de estratégias de manejo para obtenção de uma produção sustentável, além de fornecer informações para quantificação do sequestro e acumulação de Carbono (POWEL *et al.*, 1994).

Os inventários florestais podem ser divididos, segundo Brena (1995), em três categorias: fins operacionais, fins de manejo e inventário nacional. Os inventários para fins operacionais e para fins de manejo podem ser realizados tanto pelos órgãos governamentais como por empresas que visam a exploração de algum produto, são inventários que tem o objetivo de elaborar planos de ação de curto e longos prazos. Os inventários nacionais são solicitados pelo Estado, e tem a finalidade de conhecer os potenciais de suas riquezas e auxiliar no estabelecimento de políticas florestais, tornando-se um importante instrumento para tomada de decisões relativas à conservação e manejo do uso do solo, tanto em nível nacional quanto regional.

Há diversos tipos de inventário florestal realizados comumente em florestas equiâneas, entre eles o inventário pré-corte e inventário florestal contínuo. No primeiro são utilizadas, na maioria das vezes, parcelas temporárias com a finalidade de estimar a produção na época da medição; no segundo são empregadas parcelas permanentes que visam estimar

mudanças ocorridas tanto na produção como em área florestal, entre outras características (SOARES *et al.*, 2011). O inventário florestal contínuo é também uma importante fonte de dados para estudos de crescimento e produção florestal (CAMPOS e LEITE, 2013).

Os dados de inventário florestal podem ser obtidos por meio de medições em campo ou fotografias aéreas, imagens de satélites, radar, entre outros (NAKAJIMA *et al.*, 1998). O uso da tecnologia LiDAR tem se demonstrado uma técnica eficaz, aperfeiçoando a obtenção de informações dendrométricas da floresta, como altura e diâmetro (PEINHOPF, 2012).

Um inventário pode ser realizado utilizando duas técnicas: amostragem ou censo florestal. A enumeração total dos indivíduos ou o censo é isenta de erros amostrais e é praticável em áreas pequenas e/ou de elevada importância econômica devido ao fato de apresentar um alto custo nas operações, ou em trabalhos de pesquisa científica (PÉLLICO NETTO e BRENA, 1997). Já a realização do inventário florestal por meio de amostragem é uma opção que oferece as estimativas dos parâmetros associados à característica de interesse com um erro previamente estabelecido, e ainda possui custos menores em relação ao censo (MELLO e SCOLFORO, 2000).

O sucesso de um projeto de inventário florestal está relacionado à sua eficiência, conectando uma boa precisão com os custos que são estipulados para o projeto (LÜPKE e SABOROWSKI, 2014).

Ao se planejar um inventário florestal, os objetivos deste devem ser determinados previamente, assim como quais variáveis devem ser medidas e qual o erro percentual será admitido. O diâmetro e a altura são as variáveis mais importantes, por serem utilizadas na quantificação do volume e área basal (PEINHOPF, 2012).

Para conhecer o volume individual de árvores um dos métodos mais utilizados é a cubagem, procedimento este que consiste em abater árvores-amostra a fim de medir diâmetros ao longo do tronco, dividindo-o em seções, e posteriormente aplicando fórmulas que resultam no volume total da árvore.

Como o procedimento de cubagem é oneroso, é comum o uso de equações volumétricas cujos parâmetros são determinados por regressão, utilizando dados das árvores cubadas. Estas equações geralmente associam o volume, que é a variável dependente, a variáveis independentes que são de fácil mensuração na floresta, como a altura e o diâmetro a 1,30m de altura (*dap*) (MACHADO *et al.*, 2002).

3.2. Amostragem

Os métodos e processos de amostragem foram desenvolvidos no final do século XVIII, porém estes só foram aplicados na área florestal no início do século XX, juntamente com a adoção das técnicas matemático-estatísticas (DRUSZCZ *et al.*, 2010).

A amostragem é definida como a seleção de parte de um agregado de material para representar o agregado todo (LOETSCH *et al.*, 1973). Ou seja, a amostragem é a seleção de uma parte (amostra) de um todo (população), recolhendo na amostra dados e informações que sejam relevantes, tendo o objetivo de tirar conclusões (inferência) sobre a população.

A amostra é uma pequena parte da floresta que se observa, mas é a população como um todo que se procura conhecer, sendo assim, para se obter inferências reais sobre a população, a amostra deve ser representativa da mesma. As unidades amostrais podem ser talhões, compartimentos, unidades administrativas, parcelas de área fixa, faixas ou pontos, que irão constituir a amostra.

A Teoria clássica de amostragem (COCHRAN, 1965) baseia os diversos procedimentos. Nessa teoria o valor médio de uma dada característica em um dado ponto de uma região amostrada, é igual ao valor esperado dessa característica em qualquer outro ponto dentro da região, com um erro de estimativa correspondente à variância dos dados amostrados (TRANGMAR *et al.*, 1987).

A amostragem tem algumas vantagens em relação ao censo, tais como: menor tempo e custo de operação; é flexível devido ao fato de existirem situações em que o censo é impraticável; e por possuir maior exatidão, pois é um trabalho reduzido em relação ao censo tendo dessa forma uma maior supervisão no campo e no processamento dos dados (COCHRAN, 1965).

Na amostragem, usar parcelas que possuem área fixa existem algumas vantagens em relação às unidades amostrais com área variável, como por exemplo: todos os estimadores são medidos na unidade amostral, praticidade e simplicidade de alocação das unidades amostrais no campo, oferecem nas remedições a vantagem de manter alta correlação entre duas ou mais medidas sucessivas. E a principal desvantagem é que unidades amostrais de área fixa possuem um maior custo de instalação e manutenção (PÉLLICO NETTO e BRENA, 1997).

A amostragem pode ser probabilística ou não probabilística; será probabilística se todas as unidades amostrais tiverem probabilidade conhecida e diferente de zero de pertencerem à amostra. Caso contrário, a amostragem será não probabilística (GUIMARÃES, 2008). As técnicas estatísticas implicam que as amostras utilizadas sejam probabilísticas, entretanto

algumas vezes não é a realidade. Porém, o discernimento irá sinalizar quando o processo de amostragem, embora não sendo probabilístico, pode ser, para efeitos práticos, considerado como tal. Dessa forma o método estatístico em geral é amplamente considerado.

O processamento dos dados de um inventário florestal é baseado na estatística clássica, na qual as variações de uma determinada característica são independentes, desconsiderando as possíveis correlações existentes entre as unidades amostrais. (GUEDES, 2014).

Para que um inventário atinja os seus objetivos por meio de uma amostragem confiável, é preciso levar em consideração a precisão e a exatidão. A precisão refere-se ao tamanho dos desvios da amostra em relação à média estimada, a qual se obtém pela repetição do procedimento de amostragem. Assim, ela será indicada pelo erro padrão residual, desconsiderando o tamanho dos erros não-amostrais (MACHADO e FIGUEIREDO FILHO, 2009). Para Soares *et al.* (2011) a precisão é um conceito qualitativo que caracteriza a dimensão dos erros presente na medida, ou seja, quanto menor a magnitude dos erros, maior a precisão requerida da medida em estudo.

A exatidão significa semelhança com o valor verdadeiro, e reflete de certa forma a qualidade dos resultados do inventário. Sendo assim, a exatidão é fundamental, porém dificilmente mensurada. Tenta-se concretizar então, a exatidão com o planejamento e execução do inventário dentro de um limite aceitável de precisão e pela eliminação ou redução dos erros de não amostragem a um mínimo (HUSCH *et al.*, 2003).

Conceitos importantes sobre amostragem são procedimento, método e sistema de amostragem. Os procedimentos de amostragem remetem à forma como as unidades amostrais serão alocadas na população, por exemplo, amostragem sistemática, amostragem aleatória, entre outros. Os métodos de amostragem estão relacionados às unidades amostrais, como tamanho e forma da parcela, área fixa ou variável, temporária ou permanente, etc. Já o sistema de amostragem é definido pela aliança do método de amostragem com o procedimento de amostragem (PÉLLICO NETTO e BRENA, 1997; SCOLFORO e MELLO, 2006).

A eficiência do método de amostragem utilizado é influenciada pelo grau de degradação da floresta, pela tipologia florestal e pela topografia da área. Sendo assim, a metodologia de amostragem torna-se um fator decisivo neste contexto, por possibilitar um aumento na precisão das estimativas das variáveis de interesse carecendo de um menor tempo e custo na execução do trabalho (NAKAJIMA *et al.*, 1998). Desse modo, busca-se métodos e procedimentos de amostragem que permitam reduzir a intensidade amostral, que está diretamente relacionada ao tempo e custo de medição (CESARO *et al.*, 1994).

A intensidade amostral indica a porcentagem de área total da população que é incluída na amostra (HUSCH *et al.*, 2003). Ela pode ser determinada a partir de dois procedimentos principais: em função do tempo e recursos disponíveis para a realização do inventário; ou em função da variabilidade da população, do erro de amostragem admitido e da probabilidade de confiança fixada (PÉLLICO NETTO e BRENA, 1997).

Para definir a intensidade amostral em função da variabilidade da população, que é o procedimento normal e desejável, pode ser utilizada uma amostra piloto que verifica tal variabilidade (SÉ, 2012). Entretanto, em muitos inventários florestais a intensidade amostral é definida em função do tempo e do custo, dessa forma não se pode fixar um erro de amostragem requerido para as estimativas do inventário, podendo este ser maior ou menor (BONETES, 2003).

3.2.1. Tamanho e forma das unidades amostrais

Estimativas baseadas em unidades amostrais de área fixa são influenciadas pelo tamanho e forma das unidades amostrais, que são definidos muito mais em função da praticidade e operacionalidade de sua localização e demarcação em campo, do que qualquer outra argumentação (PÉLLICO NETTO e BRENA, 1997).

As unidades amostrais podem assumir qualquer tamanho e forma (circular, quadrada ou retangular), todavia isso depende dos objetivos do inventário, do relevo do terreno e da composição florestal. (SCHREUDER *et al.*, 1993).

Diversas pesquisas buscam analisar diferentes tamanhos e formas de unidades amostrais aplicadas em diversos procedimentos de amostragem, almejando obter informações que maximizem a precisão e minimizem os custos. Porém, independentemente da forma e tamanho da unidade amostral é possível calcular o volume da madeira da floresta (HUSCH, 1971).

O tamanho das unidades amostrais depende de diversos fatores relevantes, tais como: o tamanho da área a ser inventariada, o tempo de deslocamento e medição, o número de horas a serem trabalhadas por dia e as condições de acesso à área (PÉLLICO NETTO e BRENA, 1997).

Em síntese, diversos trabalhos relacionados aos tamanhos das parcelas têm confirmado uma maior eficiência das parcelas menores, entre 100 e 300 m (WRIGHT, 1964; NASH e ROGERS, 1975; KRAMER e AKÇA, 1982; HUSCH *et al.*, 2003).

Para Spurr (1952) o tamanho da parcela deve ser grande o suficiente para incluir pelo menos de 20 a 30 árvores medidas e suficientemente pequena para não ter um tempo de medição excessivo, ou seja, de forma geral, unidades amostrais grandes são necessárias para grandes árvores e para povoamentos abertos, enquanto unidades amostrais pequenas são exigidas para densos bosques e árvores pequenas.

Unidades amostrais pequenas incluem sítios pequenos e específicos, dessa forma a variabilidade dentro de cada unidade de amostra é muito pequena, já que a maior fonte de variabilidade está entre as unidades amostrais. Unidades grandes englobam sítios maiores, que podem representar vários sítios específicos, logo tendo uma alta variabilidade dentro das unidades de amostra e baixa variabilidade entre as unidades. Sendo assim, conclui-se que unidades menores são mais aptas a florestas homogêneas e unidades maiores para florestas heterogêneas (SOUZA, 1996). Entretanto, se as unidades tiverem a finalidade de fornecer dados para modelagem, estas devem ser relativamente maiores.

As unidades amostrais podem assumir qualquer forma, entretanto alguns fatores influenciam na escolha da forma da unidade como a extensão do perímetro e a facilidade de estabelecimento (HETHERINGTON, 1975). Mudanças drásticas na forma da unidade amostral ou na sua orientação podem afetar a variabilidade, mesmo quando não ocorre mudança no tamanho.

A definição do raio em uma parcela circular é extremamente importante, pois uma unidade amostral deste tipo só será eficiente se o raio for controlável (SANQUETTA *et al.*, 2014). Estes autores ainda afirmam que raios acima de 15 m, são operacionalmente inviáveis, o que pode comprometer a eficiência do inventário.

Em relação às unidades amostrais de formato retangular, acredita-se que as que possuem o eixo mais comprido deve ser mais eficiente, pois sua forma comprida coincide com as condições de variabilidade da floresta (CASTILLO, 1964; SILVA, 1977). Castillo (1964), ao testar a eficiência de unidades de forma circular de 500 m , 1000 m e 1500 m e uma de forma retangular de 1600 m , concluiu que para uma mesma intensidade de amostragem, as amostras que possuíam menor tamanho são mais eficientes e precisas para estimar o volume total.

Soares (1980) ao testar a eficiência relativa de tamanhos e formas de unidades amostrais em plantios de *Eucalyptus grandis*, selecionou 25 tamanhos de 100 a 1000 m e formas circulares, quadradas e retangulares, e concluiu que as unidades amostrais de 500 e 600 m foram tão eficientes quanto as unidades amostrais de maiores tamanhos para estimar volume médio, número médio de árvores e sobrevivência, independente das formas das unidades.

Bastos e Couto (1987) pesquisaram o tamanho e forma de parcelas, e a intensidade de amostragem para o levantamento e mapeamento do sítio em florestas de *Eucalyptus* em São Paulo, e concluíram que o tamanho da parcela ideal é de 100 m (10 x 10 m) e a malha de pontos de amostragem de 82 metros de lado. Para avaliar o sítio utilizou-se a variável altura máxima das parcelas mensuradas.

Zanon e Stork (1997) estudou o tamanho ótimo de parcelas experimentais de *Eucalyptus saligna* Smith, aos 15 meses de idade e aos 5 anos e meio de idade, e concluíram que o tamanho ótimo de parcelas para plantas com 5 anos e meio de idade é de 9 a 25 plantas uteis; e aos 15 meses de idade a parcela ideal é de 4 plantas.

3.2.2. Procedimentos de amostragem

3.2.2.1. Amostragem casual simples

A amostragem casual simples é o mais antigo de todos os procedimentos de amostragem, e foi a partir deste que foram derivados todos os demais procedimentos, visando uma maior precisão e redução dos custos do levantamento (HUSCH *et al.*, 2003). É um dos procedimentos mais utilizados no setor de florestas equiâneas para estimação do volume de madeira.

Este procedimento tem como principal característica a propriedade de que toda unidade amostral possui a mesma probabilidade de ser selecionada na população. Entretanto, é necessário que a seleção de uma unidade em particular não seja influenciada ou influencie outras unidades amostrais selecionadas (AVERY e BURKHART, 1983).

As unidades amostrais são selecionadas por sorteio e pode ocorrer a reposição das mesmas, ou seja, caso haja reposição da unidade amostral, esta pode ser escolhida mais de uma vez para compor a amostra (DRUSZCZ, 2014). Porém a reposição das unidades amostrais afeta o erro padrão da média e implica em uma redução da variabilidade da floresta, já que a homogeneidade da população será meramente manipulada.

A aleatorização das unidades amostrais permite que o procedimento seja livre de qualquer inconsistência estatística, contudo a amostragem casual simples possui algumas desvantagens como: alto custo devido ao elevado tempo de deslocamento entre as unidades amostrais, menor precisão em populações heterogêneas que exigem uma maior quantidade de amostras e amostragem inadequada quando há agregação de amostras em pontos específicos da população que são causadas pela casualização (HUSCH *et al.*, 2003).

Dessa forma, este procedimento é geralmente aplicado em florestas pequenas, homogêneas e de fácil acesso, acarretando assim a uma menor intensidade amostral. Em grandes áreas, a alternativa para aplicar a amostragem casual simples é estratificar a área e considerar cada estrato como uma população independente (BONETES, 2003).

3.2.2.2. Amostragem sistemática

Na amostragem sistemática, as unidades amostrais são selecionadas seguindo um padrão predefinido de sistematização, objetivando cobrir toda a população (LOETSCH *et al.*, 1973). Este procedimento aleatoriza a primeira unidade amostral e as demais unidades são alocadas sistematicamente, conforme um intervalo (k) definido antecipadamente. Essa prática garante que o procedimento seja considerado probabilístico não aleatório (PÉLLICO NETTO e BRENA, 1997).

Na amostragem sistemática, a amostra retirada da população pode ser considerada uma amostra de uma amostragem casual simples caso todas as unidades amostrais estivessem distribuídas aleatoriamente e independentes de tendência de agrupamento na distribuição espacial; neste caso, a formulação da amostragem casual simples pode ser aplicada para estimar o erro de amostragem, entretanto existem dificuldades de atender à exigência de completa aleatoriedade em amostragem sistemática (SÉ, 2012).

A amostragem sistemática, por ser um procedimento não aleatório, não há uma estatística válida para estimar a variância de suas amostras (SHIVER e BORDERS, 1996). A razão pela qual uma amostra sistemática não produz estimativas válidas do erro de amostragem é que para o cálculo da variância são necessárias no mínimo duas amostras obtidas de forma aleatória (PÉLLICO NETTO e BRENA, 1997).

Entretanto, há algumas alternativas para ter melhor aproximação do erro padrão da média de uma amostragem sistemática. Para Loetsch e Haller (1964) a amostragem sistemática com unidades equidistantes entre si pode ser considerada uma combinação da amostragem casual simples e assim o erro poderia ser calculado pelos estimadores da *ACS*; outra alternativa seria usar o método das diferenças sucessivas, que se baseia no princípio de que as unidades de amostra não são completamente independentes, devendo haver menores diferenças entre unidades de amostra adjacentes do que entre aquelas mais distantes (CAMPOS e LEITE, 2013).

É um procedimento geralmente mais rápido e barato de ser executado do que a amostragem casual simples, devido ao fato de que o deslocamento entre as unidades amostrais é menor já que o caminhamento entre as parcelas é preestabelecido anteriormente.

A amostragem sistemática é indicada para populações excessivamente grandes, nas quais não se tem nenhum conhecimento prévio, e a forma como as parcelas são distribuídas na área possibilita atenuar o efeito da variabilidade da população (HUSCH *et al.*, 2003). Para populações heterogêneas, a amostragem sistemática é mais indicada do que a amostragem casual simples, por obter resultados mais precisos.

3.2.2.3. Amostragem estratificada

A amostragem estratificada é uma alternativa para aumentar a precisão. É um procedimento que consiste em subdividir a população total em estratos ou subpopulações que sejam mais homogêneas nas características avaliadas.

As unidades amostrais na amostragem estratificada podem ser distribuídas no campo de forma aleatória ou sistemática, contudo os estimadores da amostragem estratificada são preservados em ambos os casos (PÉLLICO NETTO e BRENA, 1997).

A estratificação é utilizada quando a floresta apresenta alto grau de variabilidade na característica a ser estudada (BOLFARINE e BUSSAB, 2005). Geralmente, para estratificar uma floresta equiânea são utilizados critérios como idade, material genético, índice de sítio, entre outros. A geoestatística também tem sido um importante instrumento para estratificação (SCOLFORO e MELLO, 2006). Já em florestas nativas a estratificação é uma técnica mais difícil, já que muitas vezes não existem informações prévias sobre a população.

A estratificação da floresta no inventário florestal é uma importante ferramenta para o aumento da precisão, já que a intensidade amostral depende da variabilidade da floresta (PÉLLICO NETTO e BRENA, 1997). Se a variância da população for grande, a intensidade de amostragem será grande, assim como os custos de amostragem; caso a variância seja pequena, tanto a intensidade de amostragem como os custos serão reduzidos.

Assim, este procedimento de amostragem visa eliminar as fontes de variação que podem mascarar os resultados do inventário. Dessa forma, a variabilidade dentro dos estratos deve ser menor do que a variabilidade da floresta como um todo, assim a variância da amostragem estratificada é menor do que a amostragem casual simples.

Dentre as principais vantagens do procedimento, pode-se citar: aumento da precisão, em relação a amostragem casual simples; facilidade na coleta de dados e processamento destes por estrato, sendo conveniente também para o planejamento e condução do inventário; diminuição dos custos do inventário, devido à diminuição do número de unidades amostrais (MELLO e SCOLFORO, 2000).

A informação na qual se baseia a estratificação pode se tornar uma desvantagem caso esta não apresente correlação com a característica de interesse, podendo a estratificação ser ineficaz e até diminuir a precisão do inventário (ALVARENGA, 2012).

3.3. Erros de inventário florestal

Os erros em inventário florestal são provenientes dos erros de amostragem e dos erros de não amostragem.

Ao realizar a amostragem de uma população, assume-se a existência de um erro de amostragem, devido à medição de apenas uma parte da população e não da totalidade. Os erros de amostragem estão associados à escolha de um sistema de amostragem inadequado, à variabilidade das unidades amostrais e ao tamanho insuficiente da amostra, e geralmente são controláveis pelo gerenciador (LEITE, 2007). O erro amostral é dado pelo desvio padrão da média ou, simplesmente, erro padrão, e é considerado a principal medida de precisão em um inventário florestal.

Os erros de não amostragem são mais difíceis de serem percebidos, e as principais fontes destes são uso de equações volumétricas e hipsométricas inadequadas, além de erros associados a medição das variáveis dendrométricas (LEITE, 2007; LEITE e ANDRADE, 2003). Outro erro não amostral que merece destaque é a alocação de unidades amostrais em locais inadequados. Este tipo de erro não é dimensionável, ou seja, não é possível estimar o tamanho de tais erros. Os erros não amostrais são conhecidos também como erros sistemáticos ou *bias* (SCOLFORO e MELLO, 2006).

Os erros associados às medições podem estar relacionados à diversos fatores: particularidades da árvore a ser medida, imprecisão do aparelho de medição, influências físicas ou topográficas, incerteza do procedimento de medição e imperfeição dos sentidos humanos. Ou seja, as fontes de erro são diversas, dificultando a identificação dos componentes do erro total.

Uma grande fonte de erro em inventários florestais são as variações da forma e do tamanho das unidades amostrais, que geralmente são definidas muito mais pela praticidade e operacionalidade de localização e demarcação no campo, do que qualquer outra argumentação (MOSCOVICH *et al.*, 1999).

Segundo Cunha *et al.* (2002) entre os erros que envolvem a medição do diâmetro da árvore, a posição de medida é a mais importante, pois esta pode variar em cada ocasião nos inventários comerciais. O mesmo autor, ressalta a importância de uma mudança na conduta e

melhor orientação das equipes de campo, que muitas vezes a fim de alcançar uma maior produtividade não avaliam corretamente o diâmetro, podendo gerar informações duvidosas.

A altura das árvores não medidas geralmente são estimadas empregando regressão, entretanto, alguns cuidados devem ser tomados na escolha dos modelos. Vários autores afirmam que as relações entre altura e *dap* são afetadas por diversos fatores como idade, capacidade produtiva, entre outros (LOETSCH *et al.*, 1973; FINGER, 1992; SCOLFORO, 1993; BATISTA *et al.*, 2001). Dessa forma, ao escolher as árvores que irão compor a amostra para o ajuste da equação deve-se tomar cuidado para que as estimativas não sejam muito distorcidas da realidade.

Nas empresas que utilizam equações de altura, são medidas as alturas das dez primeiras árvores em cada parcela, e ao final reúnem os pares de *dap* e altura das árvores de todas as parcelas amostradas no inventário. Entretanto, esse procedimento pode não obter uma amostra representativa e afetar a qualidade da relação hipsométricas em termos de precisão.

Os erros são mais frequentes na medição da altura da árvore do que no diâmetro, já que a medição do diâmetro é feita de forma direta, e as medições da altura são feitas com a árvore em pé, de maneira indireta (LEITE, 2007). Para Couto e Bastos (1988), os erros nas medições da altura das árvores em pé são frequentes e corriqueiros, e interferem significativamente na estimativa do volume da árvore.

O planejamento coerente de uma empresa florestal depende dos dados do inventário florestal. A estimativa volumétrica em um inventário florestal não deve influenciar de forma negativa os resultados gerenciais da empresa, colocando em risco operações subsequentes, como a colheita florestal.

Vatraz e Borges (2014) estudaram uma forma de aperfeiçoar os procedimentos operacionais entre o volume de madeira estimado pelo inventário florestal e o volume colhido em uma floresta de *Pinus* spp., a fim de reduzir as inconsistências de planejamento florestal; assim concluíram que havia um déficit de 24,73% entre o volume estimado pelo inventário e o efetivamente colhido. Esta inconsistência foi composta de falhas operacionais nas atividades de Inventário Florestal (+13,84%), Colheita Florestal (+15,62%) e de Expedição de Madeira (-3,08%).

Outro problema relacionado ao inventário e à colheita está relacionada à mortalidade das árvores. Segundo Davis *et al.* (2000) as árvores que morrem, tombam ou sofrem doenças, desaparecem do inventário e não são contabilizadas de maneira exata, gerando dados inconsistentes.

3.4. Efeito de borda

A ecologia de paisagem é um ramo da Ecologia cujos resultados provêm da inter-relação entre o homem e a paisagem (PORTO e MENEGAT, 2004). Ela possibilita que a paisagem seja avaliada sob diversos pontos de vista, permitindo que seus processos ecológicos possam ser estudados em diferentes escalas temporais e espaciais. Na Europa a ecologia de paisagem é vista como uma base científica para o planejamento, manejo, conservação, desenvolvimento e melhoria da paisagem. Um dos principais estudos da ecologia de paisagem é o efeito de borda em fragmentos florestais.

O fragmento florestal é definido como sendo uma área composta por vegetação contínua, que tenha sido obstruído por obstáculos naturais (lagos, outro tipo de formação vegetal, formações rochosas, etc) ou antrópicos (estradas, pecuária, ocupações urbanas ou rurais, entre outros). A fragmentação ainda pode ser definida como o processo de transformação de uma área coberta por vegetação em áreas menores separadas por ambientes distintos do original (OLIVEIRA *et al.*, 1997).

Cada comunidade vegetal e cada espécie respondem de forma diferente à fragmentação, já que esta depende de diversos fatores como: tamanho e forma do fragmento, impactos antrópicos atuais na área, grau de isolamento e a sensibilidade da comunidade a este processo (MMA, 2003).

A borda florestal pode ser compreendida como sendo a região limítrofe da área florestada, que recebeu influência do meio externo, e devido a isso pode apresentar diferenças físicas e estruturais em relação às condições do interior (NEWTON, 2007). Nas bordas os efeitos da fragmentação são mais acentuados, como o aumento da luminosidade, umidade e velocidade do vento (BRANDÃO, 2007); tais mudanças afetam as espécies vegetais e animais, além de influenciar na dinâmica da floresta (MURCIA, 1995).

O efeito de borda sobre o ecossistema natural é caracterizado por mudanças abióticas (maior exposição a ventos, altas temperaturas e baixa umidade), biológicas diretas (mudanças na abundância e distribuição de espécies causadas diretamente por variações nas condições físicas das bordas) e biológicas indiretas (que envolvem mudanças nas interações ecológicas entre as espécies) (MURCIA, 1995).

Quando a matriz, que é definida como sendo o elemento da paisagem que circunda o fragmento, for estruturalmente semelhante ao interior do fragmento, os efeitos de borda podem ser reduzidos (LAURANCE, 1991).

Sabe-se que árvores localizadas nas bordas do povoamento ou isoladas acabam desenvolvendo mecanismos de adaptação, já que sofre uma maior interferência dos ventos e

luminosidade, além de possuir um maior espaço para desenvolver as raízes e assim captar mais recursos do solo (ANDERSON e SMITH, 1976).

A ação dos ventos faz com que a temperatura aumente e diminua a umidade relativa da borda para o interior, além de favorecer a queda e quebra de árvores. Já a luminosidade excessiva estimula o crescimento das plantas e as taxas de reprodução (BARROS, 2006). Em povoamentos homogêneos, pouco se sabe sobre o efeito de borda e quais as consequências deste sobre as variáveis dendrométricas.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Caracterização e localização da área de estudo

Este trabalho foi realizado em um talhão de *Eucalyptus* sp., pertencente à uma empresa florestal localizada no município de João Pinheiro, em Minas Gerais. As coordenadas geográficas do talhão são 17°57'24.8"S 46°04'44.7"W.

A área do talhão em estudo é de 23,27 hectares, sendo que o espaçamento entre árvores é em média de 3m x 2,8m, e a idade é de 6,3 anos. Este é circundado por estradas.

Este talhão foi selecionado para o estudo pelo fato de ser um talhão completamente rodeado por estradas e por estar próximo à idade de corte preestabelecida pela empresa.

O clima é classificado como Aw de Koppen, que se caracteriza como Tropical úmido de savana, com inverno seco e verão chuvoso. A precipitação total da região varia de 1000 a 1500 mm. A temperatura média anual é de 23°C. (ANTUNES, 1986).

4.2. Coleta de dados

Foi realizado um censo no talhão, onde foram medidas, com o auxílio de uma fita, todas as circunferências à 1,30m de altura do solo (*cap*). Durante a medição houve um cuidado especial quanto ao caminhamento dentro do talhão para que fosse possível identificar as árvores localizadas na borda deste.

Para coletar os dados referentes às alturas das árvores foram consideradas como borda as cinco primeiras linhas do talhão. Sendo assim, foram coletadas a altura de cinquenta árvores localizadas na borda do talhão, de forma que estas árvores selecionadas fossem representativas da distribuição diamétrica do talhão.

4.3. Processamento dos dados de diâmetro e altura

A estimação da altura das árvores não medidas foi feita utilizando uma equação, empregando o modelo:

$$\ln Ht = \beta_0 + \beta_1 * \frac{1}{dap} + \varepsilon$$

[1]

em que: \ln = logaritmo natural; Ht = altura total (m); dap = diâmetro a 1,30m de altura (cm); e β_0 e β_1 = parâmetros do modelo; e ε = erro aleatório.

A fim de verificar se há influência do efeito de borda na altura da árvore, o modelo 1 foi ajustado com duas bases de dados distintas: 1) Dados provenientes da última medição do inventário florestal contínuo (*IFC*) realizado no talhão, em que são medidos todos os diâmetros das parcelas e as 15 primeiras alturas, vale ressaltar que tais parcelas não foram alocadas na borda do talhão; e 2) Dados dos pares de *dap* e altura das cinquenta árvores localizadas na borda do talhão.

4.4. Efeito da borda

Foi realizado um teste com as alturas e um com os diâmetros a fim de identificar qual o efeito que a borda causa nessas variáveis.

Para verificar se há a possibilidade de utilizar uma única equação de altura para todos os dados ou se as árvores localizadas na borda do talhão necessitam de uma equação específica, foi feito um teste com a altura. Este consistiu em empregar o teste de identidade de modelo (REGAZZI, 1996) que comparou as duas equações hipsométricas ajustadas, sendo a primeira ajustada com dados da medição do último *IFC*, e a segunda com dados das árvores localizadas na borda do povoamento.

O teste com os diâmetros consistiu em ajustar a função Weibull de dois parâmetros, pelo método da máxima verossimilhança, de duas formas diferentes: 1) ajustar para cada uma das 10 primeiras linhas de borda do talhão, separadamente; e 2) fazer o ajuste apenas da linha 1, depois linha 1 e 2 com os dados agrupados, em seguida linhas 1, 2 e 3, e assim sucessivamente até a décima linha de borda do talhão.

A função densidade de probabilidade (*f_{dap}*) Weibull foi utilizada para descrever a distribuição de diâmetros em classes de amplitudes de 2 cm. A variação da função Weibull de dois parâmetros é dada por:

$$f(x) = \left(\frac{\gamma}{\beta}\right) \left(\frac{x}{\beta}\right)^{\gamma-1} e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^{\gamma}} \quad [2]$$

em que: β = parâmetro de escala; γ = parâmetro de forma; x = variável aleatória, no caso centro de classe de *dap*, sendo $x > 0$, $\beta > 0$ e $\gamma > 0$.

A frequência estimada se dá pela probabilidade estimada multiplicada pela frequência observada. Dessa forma, conhecendo-se todos os parâmetros, a distribuição diamétrica foi estimada, nos dois casos, tomando como base a frequência observada da primeira

linha de borda do talhão, pois só assim seria possível comparar os parâmetros de cada uma das funções ajustadas, já que todas as estimações tiveram como base a mesma frequência observada.

Para verificar se a distribuição diamétrica estimada variava à medida que adentrava no talhão foi utilizado o teste de Kolmogorov Smirnov a 95% de probabilidade. No primeiro caso comparou-se todas as frequências estimadas por linhas com a primeira linha da borda, já no segundo caso a comparação foi da linha 1 com a linha 1 e 2, linha 1 e 2 com linha 1, 2 e 3 e assim sucessivamente até que incluísse a décima linha de borda. A comparação entre as frequências estimadas foi realizada no programa *Statistica* 8.0 (STATSOFT Inc., 2009).

4.5. Volume total do talhão

Para o ajuste das equações volumétricas, utilizou-se dados de árvores cubadas, o que é comum pelo fato de essas equações geralmente associarem o volume, que é a variável dependente, às variáveis independentes que são de fácil mensuração na floresta, como a altura e o *dap* (MACHADO *et al.*, 2002).

Os dados da cubagem foram oriundos de 154 árvores, que variavam entre 1,5 a 7,5 anos. As seções de cubagem ao longo do tronco tinham diferentes tamanhos em cada árvore, não obedecendo à um padrão específico. Estas árvores cubadas possuem o mesmo genótipo do povoamento em que foi feito o censo, além de serem pertencentes à mesma fazenda. O método utilizado na cubagem foi o de Smalian:

$$V = \left(\frac{g_1 + g_2}{2} \right) L \quad [3]$$

em que: V = volume do tronco, em m³; g_i = área seccional na extremidade 1 e 2 do tronco, em m²; e L = comprimento do tronco, em m.

Com os dados da cubagem foram ajustados quatro modelos estatísticos de volume selecionados na literatura (TAB. 1). A seleção do melhor modelo de regressão foi baseada no coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{aj.}$); pelo p -valor dos coeficientes das regressões; e pelo gráfico de resíduos.

Tabela 1: Modelos testados para estimar o volume total do talhão, utilizando dados de cubagem.

Equações	Modelos	Autores
1	$LnV = \beta_0 + \beta_1 * Ln(dap) + \beta_2 * Ln(Ht) + \varepsilon$	Schumacher e Hall
2	$V = \beta_0 + \beta_1 * dap^2 + \varepsilon$	Koperzky e Gehrhardt
3	$V = \beta_0 + \beta_1 * dap + \beta_2 * dap^2 + \varepsilon$	Hohenald e Kreen
4	$LnV = \beta_0 + \beta_1 * Ln(dap) + \beta_2 * dap + \varepsilon$	Brenac

Em que: V = volume; dap = diâmetro a 1,30m de altura (cm); Ht = altura total (m); β_0 , β_1 e β_2 = coeficientes; Ln = logaritmo natural; e ε = erro aleatório. Fonte: Campos e Leite (2013).

4.6. Procedimentos de amostragem

Com o intuito de simular cenários de amostragem foram analisados 28 procedimentos de amostragem que visaram estimar o volume total do talhão (TAB. 2). Estes procedimentos consistiram da combinação entre localização da parcela no talhão, método de amostragem, tipo de inventário e formato da parcela.

Para cada um dos 28 procedimentos foram realizadas trinta simulações (COSTA, 2005).

Foram selecionados dois arranjos de intensidade amostral e tamanho da parcela: 1) semelhante ao utilizado em inventário pré-corte com intensidade de 1 parcela a cada 1,5 hectares, com parcelas de 201,06 m ; e 2) semelhante ao utilizado em inventário contínuo com intensidade de 1 parcela a cada 10 hectares, com parcelas de 400 m . No arranjo 1 foram necessárias 16 parcelas para satisfazer a intensidade amostral, já no arranjo 2 foram lançadas 3 parcelas na área.

Ao empregar a amostragem sistemática no arranjo 1 e combinar a localização das parcelas no centro e borda ao mesmo tempo, foi admitido que cada localização receberia metade das parcelas. Já a combinação de amostragem sistemática no arranjo 2, e parcelas na borda e no centro foi feita de duas formas: 1 parcela na borda e 2 no centro, e posteriormente, 2 parcelas na borda e 1 no centro.

Tabela 2: Descrição dos 28 procedimentos de amostragem avaliados.

Procedimento de amostragem	Arranjo de intensidade e tamanho de parcela	Localização da parcela	Método de amostragem	Forma da Parcela
S1	1	Borda	ACS	Retangular
S2	1	Centro	ACS	Retangular
S3	1	Borda e Centro	ACS	Retangular
S4	1	Borda	ACS	Circular
S5	1	Centro	ACS	Circular
S6	1	Borda e Centro	ACS	Circular
S7	1	Borda	AS	Retangular
S8	1	Centro	AS	Retangular
S9	1	Borda e Centro	AS	Retangular
S10	1	Borda	AS	Circular
S11	1	Centro	AS	Circular
S12	1	Borda e Centro	AS	Circular
S13	2	Borda	ACS	Retangular
S14	2	Centro	ACS	Retangular
S15-A	2	1 Borda e 2 Centro	ACS	Retangular
S15-B	2	2 Borda e 1 Centro	ACS	Retangular
S16	2	Borda	ACS	Circular
S17	2	Centro	ACS	Circular
S18-A	2	1 Borda e 2 Centro	ACS	Circular
S18-B	2	2 Borda e 1 Centro	ACS	Circular
S19	2	Borda	AS	Retangular
S20	2	Centro	AS	Retangular
S21-A	2	1 Borda e 2 Centro	AS	Retangular
S21-B	2	2 Borda e 1 Centro	AS	Retangular
S22	2	Borda	AS	Circular
S23	2	Centro	AS	Circular
S24-A	2	1 Borda e 2 Centro	AS	Circular
S24-B	2	2 Borda e 1 Centro	AS	Circular

Em que: *ACS* é Amostragem Casual Simples; *AS* é Amostragem Sistemática; arranjo 1 é intensidade de 1 parcela a cada 1,5 hectares, com parcelas de 201,06 m ; arranjo 2 é intensidade de 1 parcela a cada 10 hectares, com parcelas de 400 m . Fonte: o autor.

4.7. Análise dos procedimentos de amostragem

Para todos os procedimentos, foram estimados o volume por parcela (\bar{Y}) e a variância da média ($S_{\bar{y}}^2$), para cada simulação. O estimador da média (\bar{Y}) e da variância da média ($S_{\bar{y}}^2$) para a ACS foram (SHIVER e BORDES, 1996):

$$\bar{Y} = \frac{\sum y_i}{ni} \quad [4]$$

$$S_{\bar{y}}^2 = \frac{s^2}{ni} \left(1 - \frac{ni}{N} \right) \quad [5]$$

em que: ni é o número de unidades de amostra; N o número de unidades cabíveis na população; y_i o volume por unidade de amostra e s^2 o estimador da variância amostral, que é dado por:

$$s^2 = \frac{\sum y_i^2 - \frac{\sum (y_i)^2}{ni}}{(ni - 1)} \quad [6]$$

Para a AS a média de volume por parcela (\bar{Y}) foi calculada da mesma forma que na ACS, já a variância da média ($S_{\bar{y}}^2$) foi calculada usando a fórmula das diferenças sucessivas (LOETSCH e HALLER, 1964):

$$S_{\bar{y}}^2 = \frac{\sum (y_i - y_{i+1})^2}{2ni(ni - 1)} \left(\frac{N - ni}{N} \right) \quad [7]$$

A comparação entre os procedimentos foi feita usando a média da precisão e da exatidão das trinta simulações. A precisão foi estimada pelo erro de amostragem (E%) e expressa a distribuição dos valores amostrais em relação à sua própria média, e a exatidão (Exa%) refere-se ao sucesso de estimar o valor verdadeiro de uma quantidade.

A precisão foi estimada utilizando dois valores de t de Student, a 90% de probabilidade que é a exigida pelos órgãos ambientais do estado de Minas Gerais (IEF/SEMAD, 2013). Usou-se também o t de Student à 95% de probabilidade com o intuito de teste e a

exatidão pelo volume total estimado no procedimento em relação ao volume observado pelo censo:

$$E\% = \frac{\sqrt{s_{\bar{y}}^2} * t}{\bar{y}} * 100 \quad [8]$$

$$Exa\% = \sum_{i=1}^n \frac{\hat{V} - V}{V} * 100 \quad [9]$$

em que \hat{V} é o volume estimado, V o volume observado e t é o valor t de Student.

4.8. Ponderação do volume

Geralmente, as árvores cubadas são localizadas de forma a não representar árvores de borda, o que pode gerar um erro na estimação do volume ao aplicar tal equação às árvores localizadas na borda, já que é possível que a forma da árvore mude conforme a localização desta no talhão.

Visto isso, foi realizada uma ponderação do volume, considerando árvores localizadas no centro e na borda do talhão.

Essa ponderação consistiu em separar todas as árvores em classes de diâmetro com amplitude de 2 cm, e em seguida realizar uma proporção de árvores que haviam na borda e no centro em cada classe diamétrica.

Com o centro de classe de diâmetros foi calculada a altura total com as duas equações de altura propostas e o seu respectivo volume. Dessa forma foi feita a ponderação do volume, multiplicando-se o volume de cada classe diamétrica do centro pela proporção de árvores que haviam em cada classe no centro. O mesmo foi feito para as árvores que haviam na borda. Assim sendo, calculou-se a diferença percentual de volume para cada classe diamétrica, entre árvores localizadas no centro e na borda.

De posse dessa diferença percentual no volume entre árvores localizadas na borda e no centro, foi realizado um inventário pré-corte e um inventário florestal contínuo alocando parcelas na borda e na borda e no centro, considerando o melhor formato de parcela e o método de amostragem que apresentaram melhores estimativas, a fim de comparar a exatidão, e o erro de amostragem a um nível de probabilidade de 5 e 10% considerando a distribuição t de Student.

5. RESULTADOS

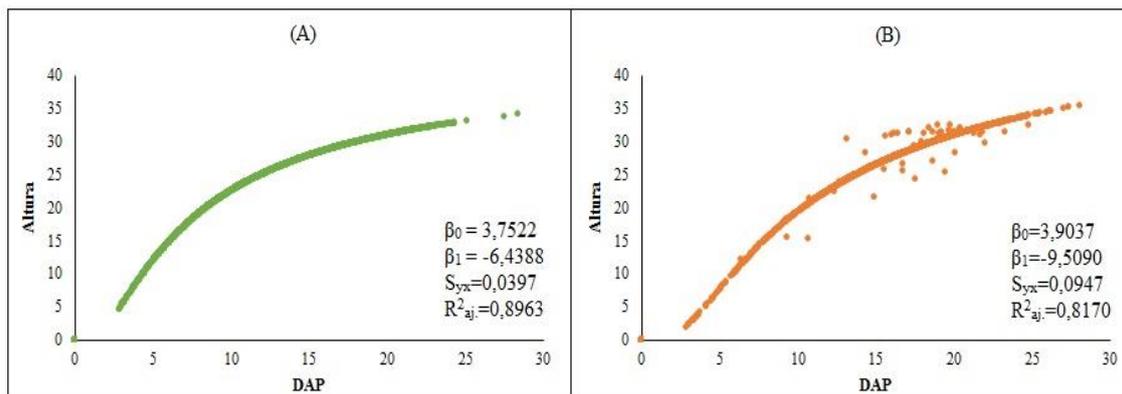
No censo florestal foram encontradas 25.136 árvores, sendo que dessas 0,6% são árvores bifurcadas. Existe 8% de falha em todo o talhão. A média de todos os diâmetros é de 16,55cm, o diâmetro máximo é de 28,46cm e o mínimo é 2,86cm.

O resultado e estatísticas das equações de altura ajustadas tanto com dados provenientes da última medição do *IFC*, quanto dados das cinquenta árvores localizadas na borda do talhão, encontram-se na Figura 1. Os coeficientes e o valor da estatística *F* foram significativos a 95% de probabilidade.

O teste de identidade de modelo obteve um $F_{\text{calculado}}$ de 3,61, e o F_{tabelado} à 95% de probabilidade de 2,71, o que rejeita a hipótese de que uma única equação hipsométrica pudesse ser aplicada a todo o povoamento, indicando que há influência da borda sobre a altura das árvores. À vista disso a equação ajustada com dados de árvores da borda foi aplicada a todas as árvores que se encontravam nas cinco primeiras linhas de borda do talhão, e as demais árvores tiveram suas alturas estimadas pela equação ajustada com a outra equação.

Desta forma, a média de todas as alturas do povoamento foi de 28,15m, e a altura mínima e máxima, respectivamente são 1,79m e 35,37m. Para melhor entendimento sobre as dimensões do diâmetro e altura, na borda e no centro do talhão, é apresentado na Tabela 3 uma estatística descritiva de tais variáveis.

Figura 1: Gráfico das equações de altura ajustadas



Em que: (A) O ajuste foi feito com dados provenientes da última medição do *IFC* e; (B) o ajuste foi feito com dados das cinquenta árvores localizadas na borda do talhão que tiveram suas alturas mensuradas. β_0 e β_1 são coeficientes do modelo; S_{yx} é o erro padrão; $R^2_{aj.}$ é o coeficiente de determinação ajustado e * p-valor significativo à 95% de probabilidade. Fonte: o autor.

Tabela 3: Valores médios e amplitudes de altura total e diâmetro (*dap*), conforme sua localização no talhão.

	Borda		Centro	
	<i>dap</i> (cm)	Altura(m)	<i>dap</i> (cm)	Altura(m)
Mínimo	2,86	1,79	2,86	4,50
Médio	16,64	27,33	16,53	28,27
Máximo	28,14	35,37	28,46	33,99

Fonte: o autor.

O ajuste da função Weibull para cada uma das 10 primeiras linhas de borda do talhão, separadamente; e das linhas de forma acumulativa, começando pela linha 1 até a décima linha é apresentado na Tabela 4.

Ao realizar o teste de Kolmogorov-Smirnov todos deram não significativos, com *p*-valor maior que 0,5; ou seja, não há diferença diamétrica entre as 10 primeiras linhas de borda do talhão. Assim sendo, ficou definido que seria considerado como início das parcelas de borda as 2 primeiras linhas do talhão, já que o intuito do trabalho é verificar se é possível alocar unidades amostrais do inventário na borda, não justificando que a borda fosse considerada muito além das primeiras linhas.

Tabela 4: Ajuste da função densidade de probabilidade Weibull de dois parâmetros.

Situação 1	β	γ	Situação 2	β	γ
1	18,3920	4,752	1	18,3920	4,752
2	17,6299	4,810	1,2	18,0241	4,745
3	18,0377	5,566	1,2,3	18,0344	4,969
4	18,1571	6,190	1,2,3,4	18,0698	5,199
5	17,7606	6,743	1,2,3,4,5	18,0154	5,387
6	17,6112	6,140	1,2,3,4,5,6	17,9514	5,462
7	17,7219	6,138	1,2,3,4,5,6,7	17,9215	5,527
8	17,2462	4,876	1,2,3,4,5,6,7,8	17,8424	5,439
9	18,0645	6,301	1,2,3,4,5,6,7,8,9	17,8672	5,513
10	17,5474	5,577	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10	17,8384	5,515

Em que: β e γ são coeficientes da função Weibull de 2 parâmetros; situação 1 o ajuste foi feito separadamente para cada linha de borda até a décima, e situação 2 o ajuste foi feito agrupando os dados das linhas de borda. Fonte: o autor.

Os resultados dos ajustes e estatísticas das equações volumétricas são apresentados na Tabela 5, assim como o volume total estimado para o talhão com cada equação.

O modelo 1, de Schumacher e Hall, foi o escolhido para estimar os volumes das árvores, por ser o que apresentou o maior coeficiente de determinação ajustado e todos os

parâmetros da equação foram significativos, além de que o gráfico de resíduos apresentou menor dispersão, sendo o mais adequado (FIGURA 2). Dessa forma, para realizar o cálculo de exatidão dos procedimentos simulados, o volume observado utilizado foi o obtido pela equação de Schumacher e Hall

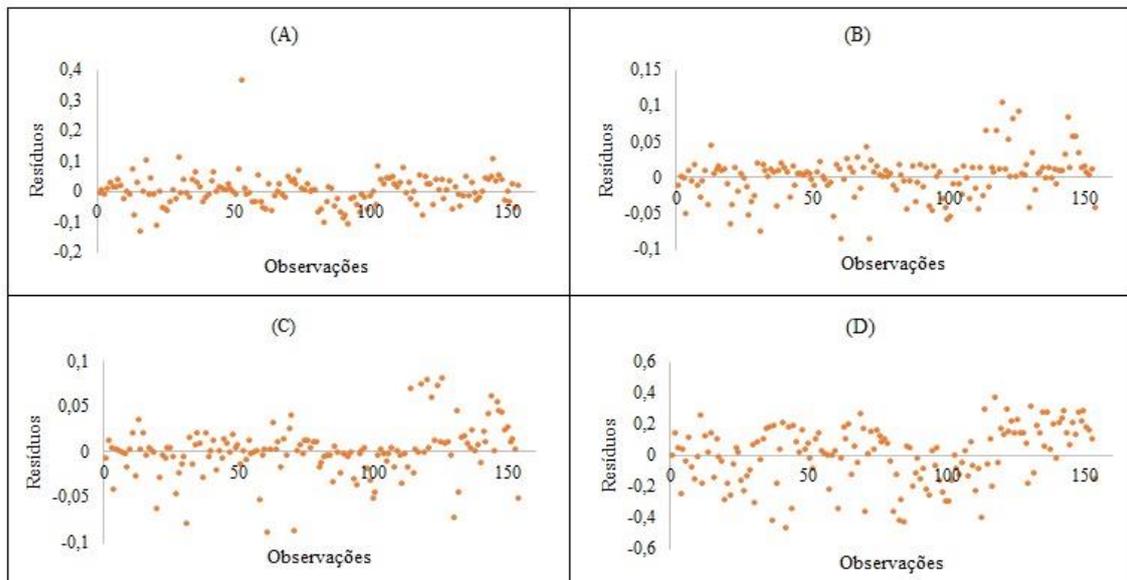
As estimativas da média de volume das 30 simulações de cada um dos 28 procedimentos testados encontram-se na Tabela 6, e no apêndice A são apresentadas as estimativas de cada uma das 30 repetições feitas para os 28 procedimentos.

Tabela 5: Ajuste dos modelos volumétricos testados para *Eucalyptus* sp.

Equação	β_0	β_1	β_2	R_{aj}^2	Volume estimado (m ³)
1	-9,9182*	1,7327*	1,1355*	0,9982	7706,89
2	-0,0272*	0,0009*		0,9316	6486,57
3	0,0351*	-0,0122*	0,0014*	0,9413	6600,48
4	-8,6740*	2,5424*	0,0051	0,9785	6494,78

Em que: β_0 , β_1 e β_2 são os coeficientes dos modelos testados; equações 1, 2, 3 e 4 conforme Tabela 1 e * p-valor significativo à 95% de probabilidade. Fonte: o autor.

Figura 2: Gráficos de resíduos das equações volumétricas



Em que: (A) Gráfico de resíduo da equação 1; (B) Gráfico de resíduo da equação 2; (C) Gráfico de resíduo da equação 3; (D) Gráfico de resíduo da equação 4. Fonte: o autor.

Tabela 6: Estimativa da média de 30 simulações de cada um dos 28 procedimentos de amostragem avaliados.

Procedimentos	\bar{Y}	$S_{\bar{y}}^2$	Exa. %	$\pm E\%_{(t=5\%)}$	$\pm E\%_{(t=10\%)}$
S1	6,9470	0,0745	4,52	8,27	6,80
S2	6,7641	0,0328	2,37	5,60	4,61
S3	6,7926	0,0565	3,52	7,22	5,94
S4	6,9012	0,0414	4,15	6,13	5,04
S5	6,6750	0,0254	2,03	5,00	4,12
S6	6,8351	0,0336	3,20	5,58	4,59
S7	6,8465	0,0569	2,82	7,27	5,98
S8	6,7583	0,0308	3,06	5,43	4,46
S9	6,7930	0,0435	2,38	6,36	5,23
S10	6,8259	0,0313	2,76	5,46	4,49
S11	6,7695	0,0213	2,78	4,51	3,71
S12	6,7363	0,0309	1,95	5,43	4,47
S13	13,6540	0,7302	4,60	12,11	9,96
S14	13,3658	0,4322	3,06	9,23	7,59
S15-A	13,6864	0,3498	4,88	8,08	6,64
S15-B	13,6071	0,4840	4,27	9,35	7,69
S16	13,9190	0,6280	5,78	10,78	8,87
S17	13,3469	0,2357	2,77	7,01	5,76
S18-A	13,5739	0,2474	3,86	6,73	5,53
S18-B	13,8413	0,6024	5,75	9,41	7,74
S19	13,7221	1,0511	3,83	14,44	11,88
S20	13,4839	0,3413	5,37	8,44	6,94
S21-A	13,6458	0,5584	5,03	9,99	8,21
S21-B	13,2680	0,4701	4,57	9,67	7,95
S22	13,7368	0,4909	4,74	9,39	7,72
S23	13,3997	0,2577	3,03	7,41	6,09
S24-A	13,3974	0,3508	4,28	8,01	6,59
S24-B	13,4430	0,2616	4,61	7,02	5,78

Em que: \bar{Y} é a estimativa do volume médio por parcela; $S_{\bar{y}}^2$ é a variância da média; |Exa. %| é a exatidão em módulo; $\pm E\%$ o erro de amostragem. Fonte: o autor.

Na Tabela 7 são apresentados, para o arranjo de intensidade amostral e tamanho de parcelas 1 e 2, a exatidão e o erro de amostragem à 90 e 95% de probabilidade de acordo com o teste t de Student. Dessa forma, é possível observar que quando houve uma intensidade amostral maior associando com o uso de parcelas menores, a amostragem casual simples (ACS)

teve em média menor exatidão em comparação à amostragem sistemática (*AS*) independentemente do formato ou localização das parcelas, pois quanto maior o número em si, a exatidão é prejudicada; a partir do erro de amostragem, conclui-se também que a *AS* foi mais precisa que a *ACS*. Porém, quando o arranjo foi empregando uma intensidade amostral menor associada à parcelas maiores, a *ACS* foi mais exata e mais precisa que a *AS*.

Na Tabela 7 também é possível observar que considerando apenas o formato da parcela, para os dois arranjos envolvendo intensidade amostral e tamanho de parcela, a forma circular da parcela apresentou em média resultados mais exatos e precisos do que o formato retangular, independente de qual foi o método de amostragem ou a localização das parcelas.

Em relação ao posicionamento das parcelas no talhão, desconsiderando o método e o formato da parcela; seja borda, centro, ou borda e centro concomitantemente, os resultados foram em média mais exatos e precisos quando as parcelas foram alocadas apenas no centro do talhão (TAB. 7), seguidos das parcelas alocadas na borda e centro simultaneamente e por fim parcelas alocadas apenas na borda do talhão.

Tabela 7: Média da exatidão e erro de amostragem, ao nível de 90 e 95% de probabilidade, considerando isoladamente cada um dos critérios: arranjo de intensidade amostral e tamanho de parcela, método de amostragem, formato e localização das parcelas.

	Arranjo 1			Arranjo 2		
	Exa. %	±E%(t=5%)	±E%(t=10%)	Exa. %	±E%(t=5%)	±E%(t=10%)
ACS	3,30	6,30	5,18	4,37	9,09	7,47
AS	2,63	5,74	4,72	4,43	9,30	7,65
Retangular	3,11	6,69	5,50	4,45	10,16	8,36
Circular	2,81	5,35	4,40	4,35	8,22	6,76
Borda	3,56	6,78	5,58	4,74	11,68	9,61
Centro	2,56	5,14	4,22	3,56	8,02	6,60
Borda e Centro	2,76	6,15	5,06	4,66	8,53	7,02

Fonte: o autor

Os volumes estimados para o centro de classe utilizando as diferentes alturas, o volume ponderado e a diferença percentual entre eles encontram-se na Tabela 8. A partir desta tabela, podemos observar que em classes de diâmetro maiores, há uma superestimação do volume em árvores localizadas na borda do talhão.

Tabela 8: Ponderação do volume e diferença percentual por classe diamétrica entre volumes de árvores localizadas no centro e na borda do talhão.

Classe DAP(cm)	Volume 1(m)	Volume Ponderado 1(m)	Volume 2(m)	Volume Ponderado 2(m)	Diferença Percentual
2	0,0020	0,000005	0,0008	0,000003	43,54%
4	0,0132	0,000140	0,0078	0,000041	70,55%
6	0,0358	0,000786	0,0258	0,000420	46,55%
8	0,0698	0,002387	0,0563	0,001644	31,16%
10	0,1145	0,005580	0,0991	0,004473	19,84%
12	0,1694	0,013157	0,1539	0,012007	8,74%
14	0,2340	0,032874	0,2203	0,034886	-6,12%
16	0,3078	0,074582	0,2978	0,084244	-12,96%
18	0,3906	0,115419	0,3861	0,093960	18,59%
20	0,4819	0,054668	0,4847	0,046672	14,63%
22	0,5815	0,006965	0,5935	0,018127	-160,26%
24	0,6892	0,000249	0,7119	0,005909	-2271,28%
26	0,8047	0,000036	0,8400	0,001673	-4500,14%
28	0,9280	0,000042	0,9773	0,000324	-673,55%

Em que: Volume 1 e volume 2 são os volumes estimados com a altura estimada pela equação hipsométrica de centro e de borda, respectivamente. Volume ponderado 1 e 2 é o volume multiplicado pela proporção de árvores no centro e na borda, respectivamente. Fonte: o autor.

Feita a ponderação dos volumes, a diferença percentual foi aplicada, para o arranjo 1, nos procedimentos S10 e S12 que combina amostragem sistemática, formato de parcela circular e localização das parcelas apenas na borda e na borda e no centro, respectivamente; e para o arranjo 2 a ponderação foi aplicada nos procedimentos S16, S18-A e S18-B que combina a amostragem casual simples, formato de parcela circular e localização das parcelas apenas na borda e na borda e no centro simultaneamente. Em cada um desses procedimentos, foi sorteada apenas uma simulação das trinta que foram realizadas, à título de representar a ponderação dos volumes.

Na Tabela 9 encontra-se a exatidão e o erro de amostragem, quando feita a ponderação dos volumes em procedimentos que locam parcelas na borda do talhão. Por essa tabela conclui-se que aplicar uma única equação volumétrica em árvores que estejam tanto na borda quanto no centro pode comprometer as estatísticas do inventário quando este tem parcelas alocadas apenas na borda do talhão. Já nos inventários que alocaram parcelas tanto borda como no centro obtiveram melhores estatísticas.

Tabela 9: Exatidão e erro de amostragem dos procedimentos que alocam parcelas na borda do talhão.

Procedimento	Repetição	 Exa. % 	$\pm E\%$(t=5%)	$\pm E\%$(t=10%)
S10	22	30,99	27,09	22,28
S12	9	4,92	6,74	5,54
S16	12	80,59	57,66	47,42
S18-A	11	1,40	7,98	6,57
S18-B	18	0,02	14,74	12,12

Em que: |Exa. %| é a exatidão em módulo; $\pm E\%$ o erro de amostragem. Fonte: o autor.

6. DISCUSSÃO

O ajuste das equações de altura tanto com dados provenientes da última medição do *IFC*, quanto com dados das cinquenta árvores localizadas na borda do talhão, foram satisfatórios, ambas apresentando um $R_{aj.}^2$ superior à 0,80. Ribeiro *et al.* (2010) e Jesus *et al.* (2015) também encontraram bons ajustes trabalhando com o mesmo modelo em *Eucalyptus* sp.

O resultado do teste de identidade de modelo, que comprovou haver diferença entre as equações ajustadas com dados de borda e com dados do interior do talhão, sugere que há diferença entre as alturas da borda do talhão e do interior. Já os testes de Kolmogorov Smirnov com os diferentes ajustes para a função Weibull de 2 parâmetros não detectaram diferença significativa na distribuição diamétrica nas dez primeiras linhas de borda.

As árvores que estão na borda do povoamento possuem maior espaço para crescimento, já que não há competição entre árvores em todos os ângulos. Como se sabe, o crescimento em diâmetro é altamente influenciado pelo espaçamento (LELES *et al.*, 2001; BERGER *et al.*, 2002), já a altura é menos influenciada, sendo possível variar de acordo com a qualidade do sítio e com a idade de avaliação (OLIVEIRA NETO *et al.*, 2010).

O fato de o teste com a altura ser significativo e o teste com diâmetros não ser ocorreu devido ao fato de que o povoamento em questão já é um povoamento que pode estar com o crescimento em fase de estagnação, ou seja, à medida que o povoamento envelhece e os diâmetros aumentam substancialmente, o crescimento do diâmetro tende a estagnar e sofrer menor influência do espaçamento, em contrapartida, a altura começa a sofrer uma maior influência do espaçamento (SCHNEIDER, 1993).

Em relação aos modelos volumétricos, foram testados modelos de entrada dupla e única. O ajuste dos modelos que estimam o volume apenas em função do *dap* é importante, pois o custo com medição de alturas tem um alto valor agregado e muito passível a erros; dessa forma, a avaliação desse tipo de modelo é importante, visto que o tempo e o custo de inventário florestal podem diminuir (AZEVEDO *et al.*, 2011). Entretanto, a altura é uma variável que apresenta uma alta correlação com o volume e, sempre que possível, deve ser considerada. Dentre este tipo de modelo, o com maior $R_{aj.}^2$ foi o de Brenac, porém o coeficiente β_2 não foi significativo, inviabilizando seu uso.

O modelo de Schumacher e Hall foi o que apresentou as melhores estatísticas, com o maior $R_{aj.}^2$, além de todos os coeficientes serem significativos. Este modelo é o mais frequentemente usado para estimar volume (THOMAS *et al.*, 2006; ROCHA *et al.*, 2010). Isso

pode ocorrer devido ao fato de que possivelmente as variáveis independentes (*dap* e altura), quando aliadas, descrevem bem a variável dependente (volume), comprovando a correlação de ambas com a variável dependente.

6.1. Análise dos procedimentos

Tanto o arranjo 1, com intensidade amostral maior e parcelas de tamanho menores, quanto o arranjo 2, com intensidade amostral menor e parcelas maiores, tiveram a relação entre a precisão e exatidão direta, isto quer dizer que quanto mais preciso for o procedimento, também será mais exato.

O arranjo 1 foi, em média, mais exato que o arranjo 2, assim como também foi mais preciso. Isto pode ser explicado devido ao fato de que unidades amostrais muito grandes podem não ser completamente representativas da área, já que a intensidade amostral se torna menor (KRAMER e AKÇA, 1982).

Para inventário pré-corte (*IPC*) a amostragem sistemática (*AS*) é mais indicada, pois este tipo de amostragem possui representatividade da população superior em relação às demais, já que há uma melhor caracterização do perfil da população (SOARES *et al.*, 2011). Isto é confirmado neste trabalho, já que para o arranjo 1 que simula a intensidade amostral e o tamanho de parcela de um *IPC*, a *AS* independentemente do formato ou localização das parcelas, foi mais exata e precisa que a Amostragem Casual Simples (*ACS*). Estes resultados corroboram com os resultados de Mello *et al.* (2009) e Souza *et al.* (2015) que obtiveram melhores resultados utilizando a amostragem sistemática em povoamentos de *Eucalyptus grandis* e *Tectona grandis*, respectivamente.

No arranjo 2, que simula a intensidade amostral e o tamanho de parcelas utilizado em um inventário florestal contínuo (*IFC*), a *ACS* foi mais exata e mais precisa que a *AS*. Segundo MORAIS *et al.* (2003), a *ACS* é a mais utilizada no setor de florestas equiâneas, seja para realizar *IPC* ou *IFC*. Isso ocorre devido ao fato de que a amostragem que não possui nenhum tipo de indução na alocação de suas unidades amostrais.

Em relação ao formato da parcela, as estimativas de volume obtida com parcelas circulares, foram mais exatas do que as obtidas com parcelas de formato retangular; entretanto as estimativas de volume utilizando parcelas retangulares também apresentaram bons resultados.

Considerando apenas a localização das parcelas, pode-se afirmar que existe um efeito de borda no inventário florestal. As melhores estatísticas de precisão e exatidão foram em média das parcelas localizadas apenas no centro do talhão, seguida das parcelas com

localização na borda e no centro concomitantemente, e por fim as piores estatísticas foram observadas no inventário em que as parcelas estavam localizadas apenas na borda do talhão.

O chamado “efeito de borda” é consequência da fragmentação florestal e resulta na criação de bordas, que para Tabanez *et al.* (1997) é a região limítrofe da floresta, que sofre influência do meio externo alterando condições físicas e estruturais da floresta.

O talhão em questão é circundado por estradas, ou seja, um ambiente vazio, o que acarreta em maior influência do ambiente externo, gerando um aumento nos fatores que causam estresse acarretando nas mudanças estruturais (BOURLEGAT, 2003; MELO *et al.*, 2007).

Em plantações homogêneas, como é o caso do *Eucalyptus* sp. e de *Pinus* sp., não existem estudos que comprovem este efeito de borda nos povoamentos, entretanto ao se fazer os inventários é percebido que evitam-se alocar unidades amostrais nas bordas dos povoamentos a fim de evitar uma possível superestimação do volume total, já que os diâmetros das árvores encontrados nas áreas limítrofes são perceptivelmente maiores. A possível causa para que os diâmetros das árvores marginais sejam maiores é a menor competição que existe entre árvores, uma vez que o povoamento está em fase de estagnação, e o crescimento como um todo torna-se mais lento. Dessa forma, há maior aproveitamento dos recursos disponíveis das árvores limítrofes, conseqüentemente, tendo maior crescimento.

6.2. Ponderação do volume

A ponderação do volume foi realizada a fim de verificar se uma equação volumétrica ajustada com dados de árvores cubadas no centro poderia ser aplicada à árvores localizadas na borda do talhão, já que há a hipótese de que a forma da árvore pode ser influenciada pela localização desta no talhão.

O reajuste dos volumes em procedimentos que alocam parcelas apenas na borda do talhão prova que há alteração nas estatísticas do inventário, gerando resultados insatisfatórios. Entretanto, ao mesclar a alocação das parcelas entre centro e borda do talhão, os resultados do inventário são melhores.

Visto isso, é possível realizar inventários florestais mesclando a localização das parcelas entre centro e borda do talhão e aplicar uma única equação volumétrica que tenha sido ajustada com dados de árvores cubadas no centro do talhão, o que é de praxe nas empresas florestais, e ainda assim não comprometer as estatísticas do inventário. Porém, para realizar um inventário com parcelas alocadas apenas na borda do talhão é necessário que a cubagem para o

ajuste da equação volumétrica seja feita com árvores que estejam localizadas na borda do talhão, para que assim as estatísticas do inventário não sejam comprometidas.

6.3. Considerações sobre a alocação de parcelas na borda do povoamento

A hipótese inicial do trabalho de que a alocação de parcelas na borda do povoamento seria possível sem comprometer a exatidão e a precisão do inventário, foi em parte verdadeira.

Em inventário pré-corte, que possui a finalidade de estimar o volume próximo ao momento do corte do talhão, de acordo com os resultados desse trabalho é possível alocar parcelas apenas na borda talhão ou ainda mesclar a alocação das parcelas, seja ora no centro ora na borda. Isso é possível devido ao fato de que o inventário atinge o erro de 10% exigido pelos órgãos fiscalizadores do estado de Minas Gerais (IEF/SEMAD, 2013). Dessa forma, é possível realizar um planejamento das ações no campo, buscando minimizar o tempo e o custo do *IPC*. Para fins de planejamento da empresa, que normalmente exige um erro de inventário menor que 5%, ainda são necessários mais estudos que combinem intensidade amostral e método de amostragem com a locação de parcelas nas bordas do talhão, visto que os resultados para este erro não foram satisfatórios.

Já no inventário florestal contínuo, quando as parcelas são alocadas apenas na borda do talhão, há maior erro na estimação do volume, portanto ainda são necessários estudos que comprovem a eficiência de alocação de parcelas na borda do povoamento em *IFC*.

Tomando como base o trabalho realizado neste talhão, que sofre a influência do efeito de borda, ainda assim a alocação de parcelas na borda do povoamento é uma boa alternativa para os manejadores que buscam uma boa precisão e exatidão aliada à redução de tempo operacional e consequentemente de custos.

7. CONCLUSÃO

- Para Inventário Pré-Corte, no talhão em estudo, o melhor método de amostragem foi a sistemática quando a intensidade amostral foi maior e as parcelas tiveram um tamanho menor, entretanto quando a intensidade amostral foi menor e as parcelas tiveram um tamanho maior a amostragem casual simples apresentou melhores resultados;
- Tanto parcelas retangulares, quanto circulares, obtiveram bons resultados estatísticos no talhão em estudo.
- As melhores estatísticas de precisão e exatidão, no talhão em estudo, foram em média das parcelas localizadas apenas no centro do talhão, seguida das parcelas com localização na borda e no centro concomitantemente, e por fim as piores estatísticas foram observadas no inventário em que as parcelas estavam localizadas apenas na borda do talhão.
- Neste talhão, é possível realizar inventário pré-corte utilizando uma intensidade amostral maior associada à parcelas de tamanho menor, alocando parcelas apenas na borda do talhão e atingir o erro amostral permitido pelos órgãos fiscalizadores.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, L. H. V. **Imagens de alta resolução e geoestatística na estratificação da fisionomia cerrado para inventários florestais**. Dissertação de Mestrado em Ciência Florestal – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012. 92 f.

ANDERSON, D. A.; SMITH, W. A. **Forests and Forestry**. Dainville: The interstate printers and publishers, 1976, 432 p.

ANTUNES, F. Z. Caracterização climática do Estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 138, p. 9-13, 1986.

AVERY, T.E.; BURKHART, H. E. **Forest measurements**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1983. 330p.

AZEVEDO, G.B.; SOUSA, G.T.O.; BARRETO, P.A.B.; JÚNIOR, V.C. Estimativas volumétricas em povoamentos de eucalipto sob regime de alto fuste e talhadia no sudoeste da Bahia. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 31, n. 68, p. 309-318, 2011.

BATISTA, J. L. F.; COUTO, H. T. Z.; MARQUESINI, M. Desempenho de modelos de relações hipsométricas: estudo em três tipos de florestas. **Revista Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 60, p. 149-163, 2001.

BARROS, F. A. **Efeito de borda em fragmentos de floresta montana, Nova Frigurgo – RJ**. Dissertação de Mestrado em Ciência Ambiental – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2006. 112 f.

BASTOS, N.L.M.; COUTO, H.T.Z. Tamanho de parcelas e intensidade da amostragem para mapeamento de sítio em florestas de *Eucalyptus* no estado de São Paulo. **IPEF**, Piracicaba, n. 36, p. 5-13, 1987.

BERGER, R.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G.; HASELEIN, C. R. Efeito do espaçamento e da adubação no crescimento de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith. **Ciência Florestal**, v. 12, n. 2, p. 75-87, 2002.

BOLFARINE, H.; BUSSAB, W. O. **Elementos de amostragem**. São Paulo: Blusher, 2005. 274 p.

BONETES, L. **Tamanho de parcelas e intensidade amostral para estimar o estoque e índices fitossociológicos em uma floresta ombrófila mista.** Dissertação de Mestrado em Ciência Florestal – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003. 126 f.

BOURLEGAT, C. A. L. A Fragmentação da Vegetação Natural e o Paradigma do Desenvolvimento Rural in: **Fragmentação Florestal e Alternativas de Desenvolvimento Rural na Região Centro-Oeste.** Reginaldo Brito da Costa (Org). Campo Grande: UCBD, 2003.

BRANDÃO, C. F. L. S. **Estrutura e classificação do componente arbóreo de um fragmento de floresta ombrófila densa em Igarassu, Pernambuco.** Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2007. 54 f.

BRENA, D. A. **Inventário florestal nacional: proposta de um sistema para o Brasil.** Tese de Doutorado em Ciências Florestais – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1995. 224 f.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas.** 4º. ed. Viçosa: Editora UFV, 2013. 605 p.

CARVALHO, K. H. A.; SILVA, M. L.; LEITE, H. G.; BINOTI, D. H. B.; BINOTI, M. L. M. S. Influência da taxa de juros e preço da madeira em modelos de regulação florestal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v.35, n.82, p.143-151, 2015.

CASTILLO, S. J. **Ensayo para determinar la eficiencia comparativa de sitios de muestreo em bosques de clima templado y frio.** México: FAO/Informe Técnico Vol 2, Estudios Especiales – 1964, P. 175-190.

CESARO, A.; ENGEL, O. A.; FINGER, C. A. G.; SCHNEIDER, P. R. Comparação dos métodos de amostragem de área fixa, relascopia e de seis árvores, quanto à eficiência, no inventário florestal de um povoamento de *Pinus* sp. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 97-108, 1994.

COCHRAN, W. G. **Sampling techniques.** 2nd ed. New York: J. Wiley, 1965. 555 p.

COUTO, H. T. Z.; BASTOS, N. L. M. Erros na medição de altura em povoamentos de *Eucalyptus* em região plana. **IPEF**, Piracicaba, n.39, p.21-31, 1988.

COSTA, S. F. **Introdução ilustrada à estatística.** 4 ed. Sao Paulo: Harbra. 2005, 400p.

CUNHA, U.L.; MACHADO, S. A.; FILHO, A. F. Avaliação de erros não amostrais das variáveis locação (x_i , y_i) e diâmetro (cm) em inventários comerciais a 100% na Floresta Nacional do Tapajós, Pará. **Floresta e Ambiente**, v. 9, n. 1, p. 26-37, 2002.

DAVIS, L.; JOHNSON, N. BETTINGER, P.; HOWARD T. **Forest management**. New York: McGraw-Hill, 2000. 816 p.

DRUSZCZ, J. P.; NAKAJIMA, N. Y.; PÉLLICO NETTO. S.; JUNIOR, M. Y. Comparação entre os métodos de amostragem de Bitterlich e de área fixa com parcela circular em plantação de *Pinus taeda*. **Floresta**, Curitiba, v. 40, n.4, p. 739-754, 2010.

DRUSZCZ, J. P. **Métodos de amostragem com três variações estruturais em inventários florestais em plantações de Pinus**. Tese de Doutorado em Ciência Florestal – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014. 141 f.

FINGER, C. A. G. **Fundamentos de biometria florestal**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Pesquisas Florestais, 1992. 269p.

GUEDES, I. C. L. **Uso de métodos da estatística espacial em biometria e inventário florestal**. Tese de Doutorado em Ciências Florestais – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014. 139 f.

GUIMARÃES, P. R. B. **Métodos quantitativos estatísticos**. Curitiba: IESDE Brasil S.A.; 2008. 252 p.

HETHERINGTON, J.C. Samples? What shape? How large? How many?. **Scottish Forestry**, v. 29, n. 4, p. 200-267, 1975.

HUSCH, B. **Planificación de un inventário forestal**. Roma: FAO, 1971. 135p.

HUSCH, B.; BEERS, T. W.; KERSHAW JÚNIOR, J. A. **Forest mensuration**. 3rd ed. New York: J. Willey, 2003. 443 p.

IBÁ – INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES **Relatório Ibá 2015**. Brasília, 2015. 64 p.

IGNÁCIO, S. A. **Precisão e eficiência de processos de subamostragem com unidades primárias de tamanhos desiguais em inventários de plantações de *Eucalyptus spp.*** Tese de Doutorado em Ciência Florestal – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001. 275 f.

IEF/SEMAD – INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS; SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. Resolução Conjunta nº 1905 de 12 de agosto de 2013. Dispõe sobre os processos de autorização para intervenção ambiental no âmbito do Estado de Minas Gerais e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado de Minas Gerais**, Belo Horizonte, MG, 13 ago. 2013. 29p.

JESUS, C.M.; MIGUEL, E.P; AZEVEDO, G.B; AZEVEDO, G.T.O.S.; PEREIRA, R.S. Modelagem hipsométricas em povoamento clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* no Distrito Federal. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.11, n. 21, 2015.

KANEGAE JÚNIOR, H.; SCOLFORO, J. R.; MELLO, J. R.; OLIVEIRA, A. D. Avaliação de interpoladores estatísticos e determinísticos como instrumento de estratificação de povoamentos clonais de *Eucalyptus* sp. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 2, p. 123-136, 2006.

KRAMER, H.; AKÇA, A. **Leitfaden für Dendrometrie und Bestandesinventur**. Frankfurt a. M.: Sauerland, 1982. 251 p.

LAURANCE, W. F. Predicting the impacts of edges in fragmented habitats. **Biological Conservation**. v. 55, n. 1, p. 77-92, 1991.

LEITE, H. G.; ANDRADE, V. C. L. Importância das variáveis altura dominante e altura total em equações hipsométricas e volumétricas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 301-310, 2003.

LEITE, L. R. C. **Uso do estimador de razão generalizado na condução do inventário florestal**. Dissertação de Mestrado Multiinstitucional em Agronegócios – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Universidade de Brasília, Universidade Federal de Goiás, Campo Grande/Brasília/Goiânia, 2007. 92 f.

LELES, P. S. S.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; MORAIS, E. J. Crescimento, produção e alocação de matéria seca de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. pellita* sob diferentes espaçamentos na região de cerrado, MG. **Scientia Forestalis**, n. 59, p. 77-87, 2001.

LIMA, M. P. **Metodologia para o planejamento da colheita e do transporte florestal utilizando geotecnologia e pesquisa operacional**. Dissertação de Mestrado em Ciência Florestal – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009. 99 f.

LOETSCH, F.; HALLER, K. E. **Forest inventory**. Munchen: BLV, Verlagsgesellschaft, 1964. 436 p.

LOETSCH, F.; ZÖHRER, F.; HALLER, K. E. **Forest inventory**. 2. ed. Munich: BLV Verlagsgesellschaft, 1973, 469 p.

LÜPKE, N.V.; SABOROWSKI, J. Combining double sampling for stratification and cluster sampling to a three-level sampling design for continuous forest inventories. **European Journal of Forest Research**, New York, v. 133, n.1, p.89-100, 2014.

MACHADO, S. A.; CONCEIÇÃO, M. B.; FIGUEIREDO, D. J. Modelagem do volume individual para diferentes idades e regimes de desbaste em plantações de *Pinus oocarpa*. **Ciências Exatas e Naturais**, Curitiba, v. 4, n. 2, p. 185- 196, 2002.

MACHADO, S.A.; FIGUEIREDO FILHO, A. Dendrometria, 2ª.ed., 1.ª reimpressão, Guarapuava: UNICENTRO, 2009. 309p.

MEDEIROS, R.; PEREIRA, G. S. Evolução e implementação dos planos de manejo em parques nacionais no estado do Rio de Janeiro. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 35, n. 2, p. 279-288, 2011.

MELO, A, C, G. DURIGAN, G. GORENSTEIN M, R. Efeito do fogo sobre o banco de sementes em faixa de borda de Floresta Estacional Semidecidual, SP, Brasil. **Acta bot. Bras**, v. 21, n. 4, p. 927-934, 2007.

MELLO, J. M.; SCOLFORO, J. R. S. Análise comparativa de procedimentos de amostragem em um remanescente de floresta estacional semidecídua montana. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 55-62, 2000.

MELLO, J. M.; DINIZ, F. S.; OLIVEIRA, A. D. de; MELLO C. R. de; SCOLFORO, J. R. S.; JUNIOR, F. W. A.; Continuidade espacial para características dendrométricas (número de fustes e volume) em plantios de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.1, p.185-194, 2009.

MIGUEL, E. P.; MACHADO, S. A.; ARCE, J. E. Using the Weibull function for prognosis of yield by diameter class in *Eucalyptus urophylla* stands. **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 1, p. 94- 104, 2010.

MMA. **Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. Ministério do Meio Ambiente. Brasília –DF, 2003. 508 p.

- MORAIS, A. D. F.; BRAVO, C. V.; ROQUE, R. A. M.; DE ANDRADE, W. F. **Utilização de Métodos Estatísticos em Inventário Florestal**. ESALQ - USP. Piracicaba. 2003.
- MOSCOVICH, F. A.; BRENA, D. A.; LONGHI, S. J. Comparação de diferentes métodos de amostragem, de área fixa e variável, em uma floresta de *Araucária angustifolia*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 9, n. 1, p. 173-191, 1999.
- MURCIA, C. Edge effects in fragmented forest: implications for conservation. **Trends in Ecology and Evolution**, v.10, n.2, p.58-62, 1995.
- NAKAJIMA, N. Y.; KIRCHNER, F. F.; SANQUETTA, C. R.; POSONSKI, M. **Elaboração de um sistema de amostragem para estimativa de valores correntes e mudança/crescimento em reflorestamento de Pinus**. Curitiba: UFPR, 1998. 33 p.
- NASH, A.J.; ROGERS, B. **Inventory and evaluation of the forest resources in the state of Pará**. Belém: IDESPUSAID, 1975. 188 p.
- NEWTON, A. C. **Forest ecology and conservation: a handbook of techniques**. New York: Oxford University Press, 2007. 454 p.
- OLIVEIRA, L. M. T., SILVA, E., BRITES, R. S. & SOUZA, A. L. Diagnóstico de fragmentos florestais nativos, em nível de paisagem, Eunápolis-BA. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 21, n. 4, p. 501-510, 1997.
- OLIVEIRA NETO, S. N.; REIS, G. G.; REIS, M G. F.; LEITE, H. G.; NEVES, J. C. L. Crescimento e distribuição diamétrica de *Eucalyptus camaldulensis* em diferentes espaçamentos e níveis de adubação na região de Cerrado de Minas Gerais. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 40, n. 4, p. 755-762, 2010.
- PEINHOPF, C. **Determinação de variáveis dendrométricas de *Eucalyptus urograndis* com dados LiDAR aerotransportado**. Dissertação de Mestrado em Ciência Florestal – Universidade Estadual do Centro Oeste, Irati-PR, 2012. 68 f.
- PÉLLICO NETTO, S.; BRENA, D. A. **Inventário florestal**. Curitiba: [s. n.], 1997. 316 p.
- POORTER, L.; BONGERS, F. **Ecology of tropical forests**. Wageningen: Wageningen Agricultural University, 1993. 223 p.

PORTO, M. L.; MENEGAT, R. Ecologia de paisagem: um novo enfoque na gestão dos sistemas da terra e do homem In: MENEGAT, R.; ALMEIDA, G. (org.). **Desenvolvimento sustentável e gestão ambiental nas cidades**: estratégias a partir de Porto Alegre. Porto Alegre: UFRGS, p. 361-375, 2004.

POWEL, D.S.; McWILLIAMS W.H.; BIRDSEY R.A. Forest Inventory. **Journal of Forestry**, v.92, n.12, p. 6-11, 1994.

REGAZZI, A. J. Teste para verificar a identidade de modelos de regressão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.1, p.1-17, 1996.

RIBEIRO, A.; FERRAZ FILHO, A.C.; MELLO, J.M.; FERREIRA, M.Z. LISBOA, P.M.M.; SCOLFORO, J.R.S. Estratégias e metodologias de ajuste de modelos hipsométricos em plantios de *Eucalyptus* sp., **Cerne**, Lavras-MG, v.16, p.22-31, 2010.

ROCHA, T. B.; CABACINHA, C. D.; ALMEIDA, R. C.; PAULA, A.; SANTOS, R. C. Avaliação de métodos de estimativa de volume para um povoamento de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake no Planalto da Conquista-BA. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 6, n. 10, 2010.

RODRIGUES E. **Edge effects on the regeneration of forest fragments in south Brazil** [tese]. Cambridg: Department of Organismic and Evolutionary Biology, Harvard University; 1998.

SANQUETTA, C. R.; CORTE, A.P.D.; RODRIGUES, A.L.; WATZLAWICK, L.F.; Inventários Florestais: planejamento e execução. Curitiba: Multi-Graphic, 2014, 409 p.

SCOLFORO, J. R. S. **Mensuração florestal 3**: relações quantitativas: em volume, peso e a relação hipsométrica. Lavras: DCF-ESAL, 1993. 291p.

SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M. **Inventário florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2006. 561 p.

SCHNEIDER, P. R. **Introdução ao manejo florestal**. Santa Maria: UFSM, CEPEF, FATEC. 1993. 348p.

SCHREUDER, H. T.; GREGOIRE, T. G.; WOOD, G. B. **Sampling methods for multiresource forest inventory**. New York: J. Willey, 1993. 446 p.

SÉ, D. C. da. **Efeito da correlação entre parcelas sobre a precisão em amostragem sistemática**. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012. 63 f.

SHIVER, B. D.; BORDERS, B. E. **Sampling techniques for forest resource inventory**. New York: J. Wiley, 1996. 356 p.

SILVA, J. A. **Biometria e estatística florestal**. Santa Maria: UFSM, 1977, 235 p.

SOARES, V. P. **Eficiência relativa de tamanhos e de formas de unidades de amostra em plantações de *Eucalyptus grandis* de origem híbrida, na região de Bom Despacho, Minas Gerais**. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1980. 80 f.

SOARES, C. P. B.; PAULA NETO, F.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e inventário florestal**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2011.

SOUZA, M. F. R. de. **Definição do tamanho da unidade amostral para monitoramento de planos de manejo em floresta tropical no estado do Maranhão**. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1996. 124 f.

SOUZA, H.S.; CHAVES, A.G.S.; VENDRUSCOLO, D.G.S.; SILVA, R.S.; MOTTA, A.S. Processos de amostragem para estimativa de produção em plantio de Teca. **Agrarian Academy**, Goiânia, v.2, n.3, 2015.

SPURR, S. H. **Forest inventory**. New York: Ronald Press, 1952. 453 p.

STATSOFT, Inc. STATISTICA (data analysis software system), version 8. 2009. (Software Estatístico).

TABANEZ, A.A.J.; VIANA, V.M. e DIAS, A.S. Consequências da fragmentação e do efeito de borda sobre a estrutura, diversidade e sustentabilidade de um fragmento de Floresta de Planalto de Piracicaba, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 57, n. 1, p. 47-60, 1997.

THOMAS, C.; ANDRADE, C.M.; SCHNEIDER, P.R.; FINGER, C.A.J. Comparação de equações volumétricas ajustadas com dados de cubagem e análise de tronco. **Ciência Florestal**, v.16, n.3, p.319-327, 2006.

TRANGMAR, B. B.; YOST, R. S.; UEHARA, G. Application of geostatistics to special studies of soil properties. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 38, p. 45-94, 1987.

VATRAZ, S.; BORGES, F. Q. Procedimentos de controle do volume de madeira estimado e colhido em um plantio de *Pinus spp.* no Paraná. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 2, p. 445-453, 2014.

WRIGHT, J.W. **Mejoramiento genético de los árboles**. Roma, FAO, 436p, 1964.

ZANON, M.L.B.; STORCK, L. Tamanho de parcelas experimentais para *Eucalyptus saligna* Smith. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 27, n. 4, p. 589-593, 1997.

APÊNDICE A

Tabela 1A - Estimativa das 30 simulações dos procedimentos de amostragem S1 e S2.

Simulação	S1					S2				
	\bar{Y}	$S_{\bar{y}}^2$	Exa. %	$\pm E\%_{(t=5\%)}$	$\pm E\%_{(t=10\%)}$	\bar{Y}	$S_{\bar{y}}^2$	Exa. %	$\pm E\%_{(t=5\%)}$	$\pm E\%_{(t=10\%)}$
1	6,7146	0,0662	0,84	8,17	6,72	6,8732	0,0156	3,22	3,88	3,19
2	7,0099	0,0421	5,27	6,24	5,13	6,6807	0,0430	0,33	6,62	5,44
3	6,9313	0,0830	4,09	8,86	7,29	6,6209	0,0360	0,57	6,11	5,02
4	6,7872	0,0874	1,93	9,28	7,63	6,6750	0,0544	0,24	7,45	6,12
5	6,6128	0,0494	0,69	7,16	5,89	6,4619	0,0358	2,96	6,24	5,13
6	6,7198	0,0709	0,91	8,45	6,95	6,7775	0,0609	1,78	7,76	6,38
7	7,1253	0,1136	7,00	10,08	8,29	6,7605	0,0321	1,52	5,65	4,64
8	6,9063	0,0888	3,71	9,19	7,56	6,7120	0,0400	0,80	6,35	5,22
9	6,5358	0,1230	1,85	11,44	9,41	6,8542	0,0084	2,93	2,85	2,35
10	6,6375	0,0979	0,32	10,05	8,26	6,7077	0,0157	0,73	3,98	3,27
11	6,9294	0,0571	4,06	7,35	6,05	7,1107	0,0127	6,78	3,37	2,77
12	7,2006	0,0471	8,13	6,42	5,28	6,7164	0,0344	0,86	5,89	4,84
13	7,0115	0,0815	5,29	8,68	7,14	6,9900	0,0312	4,97	5,38	4,43
14	6,9592	0,1127	4,51	10,28	8,46	7,0686	0,0346	6,15	5,61	4,61
15	6,8746	0,1013	3,24	9,87	8,12	7,0384	0,0271	5,70	4,99	4,10
16	7,3100	0,0810	9,78	8,30	6,82	6,6076	0,0251	0,77	5,12	4,21
17	6,6991	0,0374	0,60	6,16	5,06	6,7652	0,0350	1,60	5,89	4,84
18	7,0528	0,0586	5,91	7,31	6,02	6,4696	0,0300	2,84	5,71	4,69
19	6,7972	0,0565	2,07	7,45	6,13	6,6657	0,0319	0,10	5,71	4,70
20	7,0583	0,0341	6,00	5,57	4,58	6,7996	0,0253	2,11	4,98	4,10
21	6,7144	0,0391	0,83	6,28	5,16	6,6583	0,0158	0,01	4,02	3,31
22	6,8481	0,1058	2,84	10,12	8,33	6,4857	0,0377	2,60	6,38	5,25
23	7,2893	0,0880	9,47	8,67	7,13	7,0084	0,0397	5,25	6,06	4,98
24	6,7106	0,0560	0,77	7,51	6,18	7,0694	0,0495	6,16	6,71	5,52
25	7,2388	0,0674	8,71	7,64	6,29	6,9244	0,0391	3,99	6,08	5,00
26	7,0685	0,0706	6,15	8,01	6,59	6,6522	0,0429	0,10	6,64	5,46
27	6,7973	0,0655	2,08	8,02	6,60	6,6276	0,0449	0,47	6,81	5,60
28	7,3767	0,0829	10,78	8,32	6,84	6,6113	0,0282	0,72	5,41	4,45
29	7,2695	0,1018	9,17	9,36	7,69	6,6019	0,0415	0,86	6,58	5,41
30	7,2220	0,0686	8,45	7,73	6,36	6,9284	0,0159	4,05	3,88	3,19
Média	6,9470	0,0745	4,52	8,27	6,80	6,7641	0,0328	2,37	5,60	4,61

Legenda: Em que \bar{Y} é a estimativa do volume médio por parcela; $S_{\bar{y}}^2$ é a variância da média; |Exa. %| é a exatidão em módulo; $\pm E\%$ o erro de amostragem, S1 e S2 são procedimentos descritos na tabela 2.

Tabela 2A - Estimativa das 30 simulações dos procedimentos de amostragem S3 e S4.

Simulação	S3					S4				
	\bar{Y}	$S_{\bar{y}}^2$	Exa. %	$\pm E\%_{(t=5\%)}$	$\pm E\%_{(t=10\%)}$	\bar{Y}	$S_{\bar{y}}^2$	Exa. %	$\pm E\%_{(t=5\%)}$	$\pm E\%_{(t=10\%)}$
1	6,9562	0,0413	4,46	6,23	5,12	7,1723	0,0618	7,71	7,39	6,08
2	6,8018	0,1159	2,14	10,67	8,77	6,8539	0,0177	2,93	4,13	3,40
3	6,9833	0,0300	4,87	5,29	4,35	6,8706	0,0251	3,18	4,92	4,05
4	7,0877	0,0476	6,44	6,56	5,40	7,0499	0,0437	5,87	6,32	5,20
5	6,8668	0,0508	3,12	7,00	5,75	7,0161	0,0239	5,36	4,69	3,86
6	6,4249	0,0395	3,51	6,59	5,42	6,7675	0,0454	1,63	6,71	5,52
7	7,1965	0,1060	8,07	9,64	7,93	6,4732	0,0402	2,79	6,61	5,43
8	6,9908	0,0491	4,98	6,75	5,55	6,7951	0,0285	2,04	5,29	4,35
9	6,6777	0,0218	0,28	4,71	3,87	6,9012	0,0273	3,64	5,10	4,19
10	7,0221	0,0543	5,45	7,07	5,82	6,6268	0,0322	0,48	5,77	4,75
11	6,7979	0,0792	2,09	8,82	7,26	6,9850	0,0149	4,90	3,73	3,07
12	6,8509	0,0383	2,88	6,09	5,01	6,6185	0,0526	0,61	7,39	6,07
13	6,7359	0,0596	1,16	7,73	6,35	6,6486	0,0395	0,16	6,38	5,24
14	6,9578	0,0720	4,49	8,22	6,76	6,9484	0,0274	4,35	5,08	4,17
15	6,8286	0,0417	2,55	6,37	5,24	7,2543	0,0816	8,94	8,39	6,90
16	6,7688	0,0807	1,65	8,94	7,36	6,9858	0,0346	4,91	5,67	4,67
17	7,1384	0,1134	7,20	10,06	8,27	7,1434	0,0493	7,27	6,63	5,45
18	6,9740	0,0575	4,73	7,33	6,03	6,5921	0,0280	1,01	5,41	4,45
19	6,2689	0,1098	5,86	11,27	9,27	7,0779	0,0255	6,29	4,80	3,95
20	6,7103	0,0542	0,77	7,40	6,08	7,0564	0,0421	5,97	6,20	5,10
21	7,0610	0,1083	6,04	9,93	8,17	6,4862	0,0459	2,60	7,04	5,79
22	6,5059	0,0230	2,30	4,97	4,09	7,1431	0,0687	7,27	7,82	6,43
23	6,4843	0,0165	2,62	4,23	3,48	6,9356	0,0448	4,15	6,51	5,35
24	6,6209	0,0490	0,57	7,12	5,86	7,1426	0,0463	7,26	6,42	5,28
25	6,6810	0,0283	0,33	5,37	4,42	6,8034	0,0170	2,17	4,09	3,36
26	6,5395	0,0363	1,80	6,21	5,11	6,8024	0,0284	2,15	5,28	4,35
27	6,8215	0,0708	2,44	8,31	6,84	6,8758	0,0457	3,26	6,63	5,45
28	6,2529	0,0392	6,10	6,74	5,55	6,7202	0,0435	0,92	6,61	5,44
29	6,8499	0,0317	2,87	5,54	4,56	7,1719	0,0886	7,70	8,85	7,28
30	6,9213	0,0303	3,94	5,36	4,41	7,1180	0,0721	6,89	8,04	6,61
Média	6,7926	0,0565	3,52	7,22	5,94	6,9012	0,0414	4,15	6,13	5,04

Legenda: Em que \bar{Y} é a estimativa do volume médio por parcela; $S_{\bar{y}}^2$ é a variância da média; |Exa. %| é a exatidão em módulo; $\pm E\%$ o erro de amostragem, S3 e S4 são procedimentos descritos na tabela 2.

Tabela 3A - Estimativa das 30 simulações dos procedimentos de amostragem S5 e S6.

Simulação	S5					S6				
	\bar{Y}	$S_{\bar{y}}^2$	Exa. %	$\pm E\%_{(t=5\%)}$	$\pm E\%_{(t=10\%)}$	\bar{Y}	$S_{\bar{y}}^2$	Exa. %	$\pm E\%_{(t=5\%)}$	$\pm E\%_{(t=10\%)}$
1	6,6154	0,0381	0,65	6,29	5,17	6,9147	0,0137	3,84	3,61	2,97
2	6,5780	0,0238	1,22	5,00	4,11	6,5697	0,0349	1,34	6,06	4,98
3	6,9310	0,0217	4,08	4,53	3,72	6,9921	0,0265	5,00	4,97	4,08
4	6,5986	0,0193	0,91	4,48	3,69	7,0689	0,0763	6,16	8,33	6,85
5	6,6360	0,0239	0,34	4,97	4,08	6,8030	0,0303	2,16	5,45	4,49
6	6,6344	0,0225	0,37	4,82	3,96	6,7550	0,0275	1,44	5,24	4,31
7	6,7014	0,0112	0,64	3,37	2,77	6,9325	0,0449	4,11	6,51	5,36
8	6,6888	0,0230	0,45	4,84	3,98	6,4322	0,0435	3,41	6,91	5,68
9	6,4456	0,0231	3,20	5,02	4,13	6,7194	0,0413	0,91	6,45	5,30
10	6,3288	0,0235	4,96	5,16	4,24	6,9149	0,0203	3,84	4,39	3,61
11	6,5703	0,0184	1,33	4,40	3,62	6,6264	0,0293	0,49	5,50	4,53
12	6,7499	0,0147	1,36	3,83	3,15	7,0418	0,0362	5,75	5,76	4,74
13	6,4571	0,0397	3,03	6,58	5,41	7,1851	0,0367	7,90	5,68	4,67
14	6,5071	0,0247	2,28	5,14	4,23	7,2598	0,0423	9,02	6,04	4,96
15	6,4654	0,0147	2,91	3,99	3,28	6,9255	0,0114	4,00	3,29	2,70
16	6,6211	0,0333	0,57	5,88	4,83	6,8804	0,0175	3,32	4,10	3,37
17	6,4611	0,0266	2,97	5,38	4,42	6,9655	0,0518	4,60	6,96	5,73
18	6,8414	0,0331	2,74	5,67	4,66	6,8912	0,0100	3,49	3,09	2,54
19	6,7456	0,0323	1,30	5,68	4,67	6,7003	0,0473	0,62	6,92	5,69
20	7,0353	0,0249	5,65	4,78	3,93	6,8202	0,0428	2,42	6,46	5,32
21	6,8959	0,0323	3,56	5,55	4,57	6,4757	0,0270	2,75	5,41	4,45
22	6,6047	0,0626	0,82	8,08	6,64	6,7776	0,0190	1,78	4,34	3,57
23	6,9643	0,0215	4,58	4,49	3,69	6,7326	0,0409	1,11	6,41	5,27
24	6,5728	0,0125	1,29	3,62	2,98	7,1815	0,0267	7,85	4,85	3,99
25	6,6801	0,0278	0,32	5,32	4,37	6,6669	0,0441	0,12	6,71	5,52
26	6,6984	0,0329	0,59	5,77	4,75	6,6335	0,0412	0,38	6,53	5,37
27	6,8141	0,0153	2,33	3,86	3,18	6,8660	0,0514	3,11	7,04	5,79
28	6,8983	0,0161	3,59	3,92	3,23	6,8292	0,0359	2,56	5,91	4,86
29	6,7459	0,0177	1,31	4,20	3,46	6,6598	0,0238	0,01	4,94	4,06
30	6,7617	0,0303	1,54	5,48	4,51	6,8303	0,0125	2,57	3,49	2,87
Média	6,6750	0,0254	2,03	5,00	4,12	6,8351	0,0336	3,20	5,58	4,59

Legenda: Em que \bar{Y} é a estimativa do volume médio por parcela; $S_{\bar{y}}^2$ é a variância da média; |Exa. %| é a exatidão em módulo; $\pm E\%$ o erro de amostragem, S5 e S6 são procedimentos descritos na tabela 2.

Tabela 4A - Estimativa das 30 simulações dos procedimentos de amostragem S7 e S8.

Simulação	S7					S8				
	\bar{Y}	$S_{\bar{y}}^2$	Exa. %	$\pm E\%_{(t=5\%)}$	$\pm E\%_{(t=10\%)}$	\bar{Y}	$S_{\bar{y}}^2$	Exa. %	$\pm E\%_{(t=5\%)}$	$\pm E\%_{(t=10\%)}$
1	6,8583	0,0370	2,99	5,98	4,92	6,6339	0,0279	0,38	5,37	4,42
2	6,6562	0,0346	0,04	5,96	4,90	6,8592	0,0388	3,01	6,12	5,04
3	6,8037	0,0629	2,17	7,85	6,46	6,6442	0,0368	0,22	6,16	5,06
4	6,7691	0,0580	1,65	7,58	6,24	6,6937	0,0319	0,52	5,68	4,68
5	6,8683	0,1044	3,14	10,03	8,25	6,9158	0,0118	3,86	3,34	2,75
6	6,8696	0,0327	3,16	5,61	4,61	6,6153	0,0250	0,66	5,10	4,19
7	6,6734	0,0335	0,22	5,84	4,80	6,6926	0,0229	0,50	4,82	3,97
8	6,8679	0,0624	3,14	7,75	6,38	6,3277	0,0354	4,97	6,34	5,21
9	6,9063	0,0559	3,71	7,29	6,00	6,5250	0,0619	2,01	8,13	6,68
10	6,9667	0,0967	4,62	9,52	7,83	7,0852	0,0249	6,40	4,75	3,91
11	6,9115	0,0344	3,79	5,72	4,70	6,9646	0,0208	4,59	4,41	3,63
12	6,6793	0,0360	0,30	6,05	4,98	6,9867	0,0274	4,92	5,05	4,16
13	6,8525	0,0619	2,91	7,74	6,37	6,9447	0,0141	4,29	3,65	3,00
14	7,0087	0,0577	5,25	7,31	6,01	6,8541	0,0190	2,93	4,28	3,52
15	7,0472	0,1042	5,83	9,76	8,03	6,3731	0,0290	4,29	5,69	4,68
16	6,9180	0,0357	3,89	5,82	4,79	6,8364	0,0257	2,66	5,00	4,11
17	6,7153	0,0364	0,85	6,05	4,98	6,9277	0,0305	4,04	5,37	4,42
18	6,7101	0,0605	0,77	7,82	6,43	6,7251	0,0216	0,99	4,66	3,83
19	6,8900	0,0660	3,47	7,95	6,54	6,9769	0,0269	4,77	5,01	4,12
20	7,0276	0,1046	5,54	9,81	8,07	6,9806	0,0277	4,83	5,09	4,18
21	6,8970	0,0347	3,57	5,76	4,73	6,9906	0,0278	4,98	5,08	4,18
22	6,7915	0,0376	1,99	6,08	5,00	6,3461	0,0234	4,70	5,14	4,23
23	6,7409	0,0620	1,23	7,87	6,48	6,6674	0,0414	0,13	6,50	5,35
24	6,9064	0,0696	3,71	8,14	6,70	6,8022	0,0516	2,15	7,12	5,85
25	7,0474	0,0804	5,83	8,57	7,05	6,8913	0,0293	3,49	5,29	4,35
26	6,8471	0,0312	2,83	5,50	4,52	6,6329	0,0855	0,39	9,39	7,73
27	6,7492	0,0367	1,35	6,05	4,97	7,1156	0,0193	6,86	4,16	3,42
28	6,6551	0,0562	0,06	7,59	6,25	6,8175	0,0136	2,38	3,65	3,00
29	6,8938	0,0437	3,53	6,47	5,32	6,3915	0,0444	4,02	7,03	5,78
30	6,8661	0,0790	3,11	8,72	7,17	6,5326	0,0271	1,90	5,37	4,42
Média	6,8465	0,0569	2,82	7,27	5,98	6,7583	0,0308	3,06	5,43	4,46

Legenda: Em que \bar{Y} é a estimativa do volume médio por parcela; $S_{\bar{y}}^2$ é a variância da média; |Exa. %| é a exatidão em módulo; $\pm E\%$ o erro de amostragem, S13 e S14 são procedimentos descritos na tabela 2.

Tabela 5A - Estimativa das 30 simulações dos procedimentos de amostragem S9 e S10.

Simulação	S9					S10				
	\bar{Y}	$S_{\bar{y}}^2$	Exa. %	$\pm E\%_{(t=5\%)}$	$\pm E\%_{(t=10\%)}$	\bar{Y}	$S_{\bar{y}}^2$	Exa. %	$\pm E\%_{(t=5\%)}$	$\pm E\%_{(t=10\%)}$
1	6,7115	0,0245	0,79	4,97	4,09	6,7851	0,0211	1,89	4,56	3,75
2	6,9238	0,0719	3,98	8,25	6,79	6,6628	0,0204	0,06	4,57	3,76
3	6,7067	0,0267	0,72	5,20	4,27	6,7502	0,0379	1,37	6,15	5,06
4	6,6454	0,0375	0,20	6,21	5,11	6,9325	0,0515	4,11	6,98	5,74
5	7,0244	0,0429	5,49	6,28	5,17	6,9229	0,0411	3,96	6,24	5,14
6	6,8347	0,0221	2,64	4,64	3,81	6,7043	0,0326	0,68	5,74	4,72
7	6,8531	0,0414	2,92	6,33	5,20	7,2127	0,0357	8,32	5,58	4,59
8	6,8868	0,0547	3,42	7,24	5,95	6,8130	0,0212	2,31	4,56	3,75
9	6,4700	0,0469	2,84	7,13	5,86	6,6911	0,0204	0,48	4,55	3,74
10	6,6735	0,0496	0,22	7,12	5,85	6,7168	0,0365	0,87	6,06	4,98
11	6,8338	0,0367	2,62	5,97	4,91	6,9952	0,0410	5,05	6,17	5,07
12	6,7825	0,0217	1,86	4,63	3,81	6,9864	0,0323	4,92	5,48	4,51
13	6,9410	0,1254	4,23	10,88	8,95	6,6235	0,0326	0,53	5,81	4,78
14	6,8949	0,0414	3,54	6,29	5,17	7,2448	0,0289	8,80	5,01	4,12
15	7,0319	0,0354	5,60	5,70	4,69	6,7892	0,0219	1,96	4,65	3,82
16	6,7115	0,0448	0,79	6,72	5,53	6,6852	0,0167	0,39	4,12	3,39
17	6,6865	0,0670	0,41	8,25	6,79	6,6342	0,0362	0,37	6,11	5,03
18	6,7391	0,0371	1,20	6,09	5,01	6,8240	0,0440	2,48	6,55	5,39
19	6,8234	0,0104	2,47	3,19	2,62	6,9598	0,0315	4,52	5,44	4,47
20	6,6500	0,0224	0,13	4,80	3,95	6,5444	0,0326	1,72	5,88	4,84
21	6,8680	0,0763	3,14	8,57	7,05	7,1695	0,0271	7,67	4,90	4,03
22	6,6918	0,0291	0,49	5,43	4,47	6,7284	0,0213	1,04	4,63	3,81
23	6,6707	0,0342	0,18	5,91	4,86	6,6615	0,0190	0,04	4,42	3,63
24	6,9700	0,0408	4,67	6,17	5,08	6,6765	0,0461	0,26	6,85	5,64
25	6,8954	0,0213	3,55	4,51	3,71	6,8276	0,0503	2,53	7,00	5,76
26	6,9086	0,0626	3,75	7,72	6,35	6,9842	0,0315	4,88	5,42	4,45
27	6,8948	0,0574	3,54	7,41	6,09	6,5809	0,0402	1,17	6,49	5,34
28	6,5634	0,0414	1,44	6,60	5,43	7,1813	0,0229	7,84	4,49	3,69
29	6,5978	0,0433	0,92	6,72	5,53	6,7978	0,0239	2,09	4,85	3,99
30	6,9048	0,0376	3,69	5,99	4,92	6,6920	0,0193	0,50	4,42	3,63
Média	6,7930	0,0435	2,38	6,36	5,23	6,8259	0,0313	2,76	5,46	4,49

Legenda: Em que \bar{Y} é a estimativa do volume médio por parcela; $S_{\bar{y}}^2$ é a variância da média; |Exa. %| é a exatidão em módulo; $\pm E\%$ o erro de amostragem, S15 e S16 são procedimentos descritos na tabela 2.

Tabela 6A - Estimativa das 30 simulações dos procedimentos de amostragem S11 e S12.

Simulação	S11					S12				
	\bar{Y}	$S_{\bar{y}}^2$	Exa. %	$\pm E\%_{(t=5\%)}$	$\pm E\%_{(t=10\%)}$	\bar{Y}	$S_{\bar{y}}^2$	Exa. %	$\pm E\%_{(t=5\%)}$	$\pm E\%_{(t=10\%)}$
1	6,9038	0,0244	3,68	4,82	3,97	6,6337	0,0427	0,38	6,64	5,46
2	6,5001	0,0073	2,39	2,80	2,31	6,8332	0,0333	2,62	5,69	4,68
3	6,5670	0,0116	1,38	3,49	2,87	6,7337	0,0159	1,12	3,99	3,28
4	6,8873	0,0128	3,43	3,50	2,88	6,6565	0,0365	0,04	6,12	5,03
5	7,0628	0,0180	6,06	4,04	3,33	6,7132	0,0169	0,81	4,13	3,40
6	6,6800	0,0168	0,32	4,13	3,40	6,7399	0,0159	1,21	3,98	3,28
7	6,7132	0,0266	0,81	5,18	4,26	6,8817	0,0513	3,34	7,02	5,77
8	6,7205	0,0282	0,92	5,33	4,38	6,5778	0,0273	1,22	5,36	4,41
9	6,6587	0,0128	0,00	3,63	2,98	6,8621	0,0376	3,05	6,03	4,96
10	6,6365	0,0189	0,34	4,42	3,63	6,7144	0,0155	0,83	3,95	3,25
11	6,6905	0,0110	0,47	3,34	2,75	6,7104	0,0290	0,77	5,41	4,45
12	6,9557	0,0189	4,46	4,21	3,46	6,5606	0,0151	1,48	3,99	3,28
13	6,9110	0,0302	3,79	5,36	4,41	6,8200	0,0186	2,42	4,26	3,51
14	6,3338	0,0331	4,88	6,12	5,04	6,9206	0,0650	3,93	7,85	6,46
15	6,5152	0,0262	2,16	5,30	4,36	6,5614	0,0219	1,47	4,80	3,95
16	7,1706	0,0236	7,68	4,56	3,75	6,8646	0,0405	3,09	6,25	5,14
17	7,0912	0,0211	6,49	4,36	3,59	6,6976	0,0377	0,58	6,18	5,08
18	6,8722	0,0223	3,20	4,63	3,81	6,7012	0,0286	0,63	5,38	4,42
19	6,3853	0,0296	4,11	5,74	4,72	6,4981	0,0169	2,42	4,27	3,51
20	7,1564	0,0247	7,47	4,68	3,85	6,9071	0,0248	3,73	4,86	4,00
21	6,9076	0,0191	3,73	4,26	3,51	6,9162	0,0533	3,86	7,12	5,85
22	6,6431	0,0303	0,24	5,58	4,59	6,6602	0,0193	0,02	4,45	3,66
23	6,6568	0,0180	0,03	4,29	3,53	6,8497	0,0393	2,86	6,17	5,07
24	6,8637	0,0097	3,07	3,05	2,51	6,6428	0,0397	0,24	6,39	5,26
25	6,9058	0,0210	3,71	4,47	3,68	6,6875	0,0306	0,43	5,57	4,58
26	6,6749	0,0367	0,24	6,12	5,03	6,3899	0,0187	4,04	4,57	3,76
27	6,5706	0,0179	1,33	4,34	3,57	6,9515	0,0257	4,39	4,91	4,04
28	6,6986	0,0072	0,59	2,71	2,23	6,8192	0,0469	2,41	6,77	5,57
29	6,8084	0,0254	2,24	4,99	4,10	6,6238	0,0175	0,53	4,26	3,51
30	6,9430	0,0358	4,27	5,81	4,78	6,9613	0,0458	4,54	6,55	5,39
Média	6,7695	0,0213	2,78	4,51	3,71	6,7363	0,0309	1,95	5,43	4,47

Legenda: Em que \bar{Y} é a estimativa do volume médio por parcela; $S_{\bar{y}}^2$ é a variância da média; |Exa. %| é a exatidão em módulo; $\pm E\%$ o erro de amostragem, S17 e S18 são procedimentos descritos na tabela 2.

Tabela 7A - Estimativa das 30 simulações dos procedimentos de amostragem S13 e S14.

Simulação	S13					S14				
	\bar{Y}	$S_{\bar{y}}^2$	Exa. %	$\pm E\%(t=5\%)$	$\pm E\%(t=10\%)$	\bar{Y}	$S_{\bar{y}}^2$	Exa. %	$\pm E\%(t=5\%)$	$\pm E\%(t=10\%)$
1	13,7981	0,4113	4,15	9,91	8,15	13,1323	0,0788	0,87	4,56	3,75
2	13,2825	0,2858	0,26	8,58	7,06	14,3939	0,5336	8,65	10,82	8,90
3	12,3916	0,1293	6,46	6,19	5,09	13,5466	0,0783	2,26	4,40	3,62
4	13,6478	0,3345	3,02	9,03	7,43	14,1196	0,0405	6,58	3,04	2,50
5	13,0946	0,7905	1,16	14,47	11,90	13,8201	0,8321	4,32	14,07	11,57
6	13,9777	0,2519	5,51	7,65	6,29	13,3712	0,0995	0,93	5,03	4,14
7	15,0970	1,7481	13,96	18,67	15,35	12,8371	0,0110	3,10	1,74	1,43
8	13,1939	0,5119	0,41	11,56	9,51	12,9669	0,2752	2,12	8,62	7,09
9	12,6864	0,2107	4,24	7,71	6,34	14,2120	0,0944	7,28	4,61	3,79
10	14,0547	0,3296	6,09	8,71	7,16	12,5429	0,7261	5,32	14,48	11,91
11	13,8389	0,6154	4,46	12,08	9,94	13,1353	0,0148	0,85	1,98	1,62
12	12,9387	0,7534	2,33	14,30	11,76	13,1215	0,3913	0,95	10,16	8,36
13	13,4289	2,0108	1,37	22,51	18,51	13,3466	0,0273	0,75	2,64	2,17
14	14,2428	1,1888	7,51	16,32	13,42	13,0162	1,4545	1,75	19,75	16,24
15	14,0357	1,7131	5,95	19,88	16,35	13,2007	0,1214	0,36	5,63	4,63
16	13,3203	0,0051	0,55	1,14	0,94	13,3545	0,6068	0,81	12,43	10,23
17	13,6283	1,6710	2,87	20,22	16,63	14,0807	0,6835	6,29	12,51	10,29
18	15,2518	1,5520	15,13	17,41	14,32	13,1902	0,4681	0,43	11,06	9,09
19	13,3798	0,0366	1,00	3,05	2,51	12,7633	0,6565	3,66	13,53	11,13
20	14,3604	0,2727	8,40	7,75	6,38	13,4773	0,2989	1,73	8,65	7,11
21	13,9192	0,6896	5,07	12,72	10,46	12,7405	0,1183	3,83	5,75	4,73
22	12,6570	0,4200	4,46	10,91	8,98	13,3098	0,0998	0,47	5,06	4,16
23	13,4808	0,2267	1,76	7,53	6,19	12,9961	0,1442	1,90	6,23	5,12
24	13,6072	0,9768	2,71	15,48	12,73	13,7868	0,4199	4,07	10,02	8,24
25	13,9654	0,9444	5,42	14,83	12,20	14,3760	0,5010	8,52	10,49	8,63
26	12,7241	1,2113	3,95	18,44	15,16	13,1012	1,6522	1,11	20,91	17,20
27	14,0064	0,6927	5,73	12,67	10,42	13,0166	0,7482	1,74	14,16	11,65
28	14,1897	0,8908	7,11	14,18	11,66	12,8599	0,2688	2,93	8,59	7,07
29	13,8599	0,9537	4,62	15,02	12,35	14,1161	1,1810	6,55	16,41	13,50
30	13,5595	0,0787	2,35	4,41	3,63	13,0419	0,3415	1,55	9,55	7,86
Média	13,6540	0,7302	4,60	12,11	9,96	13,3658	0,4322	3,06	9,23	7,59

Legenda: Em que \bar{Y} é a estimativa do volume médio por parcela; $S_{\bar{y}}^2$ é a variância da média; |Exa. %| é a exatidão em módulo; $\pm E\%$ o erro de amostragem, S7 e S8 são procedimentos descritos na tabela 2.

Tabela 8A - Estimativa das 30 simulações dos procedimentos de amostragem S15-A e S15-B.

Simulação	S15-A					S15-B				
	\bar{Y}	$S_{\bar{y}}^2$	Exa. %	$\pm E\%$ (t=5%)	$\pm E\%$ (t=10%)	\bar{Y}	$S_{\bar{y}}^2$	Exa. %	$\pm E\%$ (t=5%)	$\pm E\%$ (t=10%)
1	14,1771	1,2583	7,02	16,86	13,87	12,6777	0,0020	4,30	0,74	0,61
2	13,6127	0,0325	2,75	2,82	2,32	15,1322	0,4958	14,22	9,92	8,16
3	14,2646	0,3554	7,68	8,91	7,33	13,4179	0,1279	1,28	5,68	4,67
4	12,6691	0,1073	4,37	5,51	4,53	13,9112	0,1835	5,01	6,56	5,40
5	13,5203	0,0662	2,06	4,06	3,34	13,7661	0,3191	3,91	8,75	7,19
6	14,2567	0,6060	7,62	11,64	9,57	13,5006	0,6624	1,91	12,85	10,57
7	13,9085	0,0580	4,99	3,69	3,04	13,5366	0,0235	2,18	2,42	1,99
8	13,7548	0,2862	3,83	8,29	6,82	14,0100	0,2096	5,75	6,96	5,73
9	14,1103	0,1250	6,51	5,34	4,39	13,9831	0,8333	5,55	13,91	11,44
10	13,1370	0,1914	0,84	7,10	5,84	13,0043	0,1264	1,84	5,83	4,79
11	13,8526	0,0408	4,57	3,11	2,56	13,6335	3,7946	2,91	30,45	25,05
12	14,3820	1,0479	8,56	15,17	12,48	13,1993	0,1361	0,37	5,96	4,90
13	12,7453	0,0791	3,79	4,70	3,87	13,2902	0,3582	0,32	9,60	7,89
14	12,7605	0,0303	3,68	2,91	2,39	14,0133	0,4118	5,78	9,76	8,03
15	14,1186	0,1036	6,57	4,86	4,00	13,6181	0,1282	2,80	5,60	4,61
16	13,3844	0,8191	1,03	14,41	11,85	13,1021	0,4003	1,10	10,29	8,46
17	13,1683	0,0083	0,60	1,47	1,21	13,6952	0,2119	3,38	7,16	5,89
18	14,9558	0,1148	12,89	4,83	3,97	13,5379	0,0128	2,19	1,78	1,47
19	12,8751	0,2368	2,81	8,06	6,63	14,0606	0,5538	6,14	11,28	9,28
20	13,7362	0,2513	3,69	7,78	6,40	13,5905	0,9609	2,59	15,37	12,64
21	14,6796	0,3858	10,81	9,02	7,42	12,1064	0,1659	8,62	7,17	5,90
22	13,4887	0,4009	1,82	10,01	8,23	12,3600	0,2622	6,70	8,83	7,26
23	13,7531	1,1598	3,81	16,69	13,73	14,8040	0,6840	11,75	11,91	9,79
24	12,5059	0,3899	5,60	10,64	8,75	13,4690	0,5384	1,67	11,61	9,55
25	14,6587	0,3864	10,65	9,04	7,43	13,1791	0,5593	0,52	12,10	9,95
26	13,8426	0,1190	4,49	5,31	4,37	14,8257	0,7376	11,91	12,35	10,15
27	13,0084	0,5814	1,81	12,49	10,28	13,7308	0,1743	3,65	6,48	5,33
28	13,6119	0,8853	2,75	14,73	12,12	13,4672	0,4731	1,66	10,89	8,95
29	13,8655	0,2638	4,66	7,89	6,49	13,8884	0,9204	4,84	14,72	12,11
30	13,7892	0,1028	4,09	4,96	4,08	13,7004	0,0534	3,42	3,60	2,96
Média	13,6864	0,3498	4,88	8,08	6,64	13,6071	0,4840	4,27	9,35	7,69

Legenda: Em que \bar{Y} é a estimativa do volume médio por parcela; $S_{\bar{y}}^2$ é a variância da média; |Exa. %| é a exatidão em módulo; $\pm E\%$ o erro de amostragem, S9-A e S9-B são procedimentos descritos na tabela 2.

Tabela 9A - Estimativa das 30 simulações dos procedimentos de amostragem S16 e S17.

Simulação	S16					S17				
	\bar{Y}	$S_{\bar{y}}^2$	Exa. %	$\pm E\%_{(t=5\%)}$	$\pm E\%_{(t=10\%)}$	\bar{Y}	$S_{\bar{y}}^2$	Exa. %	$\pm E\%_{(t=5\%)}$	$\pm E\%_{(t=10\%)}$
1	13,7362	0,0685	3,69	4,06	3,34	12,9226	0,0688	2,45	4,33	3,56
2	13,0451	0,4798	1,53	11,32	9,31	14,1837	0,2730	7,07	7,85	6,46
3	14,0386	0,2268	5,97	7,23	5,95	13,1018	0,2568	1,10	8,24	6,78
4	13,6985	1,0406	3,40	15,87	13,05	13,5882	0,0853	2,57	4,58	3,77
5	14,0080	0,0362	5,74	2,89	2,38	13,9265	0,0742	5,12	4,17	3,43
6	14,2639	0,7846	7,67	13,24	10,89	13,3236	0,2763	0,57	8,41	6,92
7	13,5242	0,2495	2,09	7,87	6,47	13,1458	0,1361	0,77	5,98	4,92
8	13,7110	1,1288	3,50	16,52	13,58	12,6254	0,4344	4,70	11,13	9,15
9	13,6636	0,2350	3,14	7,56	6,22	13,3444	0,2568	0,73	8,09	6,66
10	13,5851	0,3516	2,55	9,30	7,65	13,6407	0,0166	2,97	2,02	1,66
11	13,7742	0,9106	3,97	14,77	12,14	12,7878	0,0175	3,47	2,20	1,81
12	13,9911	1,1038	5,61	16,01	13,16	12,8915	0,2595	2,69	8,42	6,93
13	14,8803	0,1374	12,32	5,31	4,37	12,9222	0,3786	2,46	10,15	8,35
14	15,5224	3,8710	17,17	27,02	22,22	13,6287	0,0317	2,88	2,79	2,29
15	14,5542	0,8959	9,86	13,86	11,40	13,7378	0,0549	3,70	3,63	2,99
16	13,6331	0,7543	2,91	13,58	11,17	13,6317	0,2212	2,90	7,35	6,05
17	14,0450	0,5580	6,02	11,34	9,32	14,0492	0,0004	6,05	0,30	0,25
18	13,2092	0,5134	0,29	11,56	9,51	13,5700	0,6367	2,43	12,53	10,31
19	13,5218	0,2122	2,07	7,26	5,97	13,2917	0,4204	0,33	10,40	8,55
20	12,7192	0,5636	3,99	12,58	10,35	13,2844	0,1299	0,28	5,78	4,76
21	14,0083	0,4633	5,74	10,36	8,52	13,7849	0,0680	4,05	4,03	3,32
22	13,6418	0,3002	2,97	8,56	7,04	13,5708	0,1226	2,44	5,50	4,52
23	13,8842	0,0342	4,80	2,84	2,34	13,5252	0,4533	2,09	10,61	8,73
24	12,7326	1,3964	3,89	19,78	16,27	13,5132	0,7337	2,00	13,51	11,11
25	13,1193	0,2179	0,97	7,58	6,24	13,4355	0,0467	1,42	3,43	2,82
26	14,1136	0,4674	6,54	10,32	8,49	12,3884	0,6812	6,49	14,20	11,68
27	15,3389	0,1318	15,78	5,04	4,15	13,6578	0,3653	3,09	9,43	7,76
28	14,5835	1,2899	10,08	16,60	13,65	13,1509	0,1353	0,73	5,96	4,90
29	14,9031	0,2650	12,50	7,36	6,06	12,5249	0,3033	5,46	9,37	7,71
30	14,1195	0,1526	6,58	5,90	4,85	13,2563	0,1327	0,06	5,86	4,82
Média	13,9190	0,6280	5,78	10,78	8,87	13,3469	0,2357	2,77	7,01	5,76

Legenda: Em que \bar{Y} é a estimativa do volume médio por parcela; $S_{\bar{y}}^2$ é a variância da média; |Exa. %| é a exatidão em módulo; $\pm E\%$ o erro de amostragem, S10 e S11 são procedimentos descritos na tabela 2.

Tabela 10A - Estimativa das 30 simulações dos procedimentos de amostragem S18-A e S18-B.

Simulação	S18-A					S18-B				
	\bar{Y}	$S_{\bar{y}}^2$	Exa. %	$\pm E\%_{(t=5\%)}$	$\pm E\%_{(t=10\%)}$	\bar{Y}	$S_{\bar{y}}^2$	Exa. %	$\pm E\%_{(t=5\%)}$	$\pm E\%_{(t=10\%)}$
1	12,9457	0,0332	2,28	3,00	2,47	13,0169	0,7561	1,74	14,24	11,71
2	12,5933	0,0436	4,94	3,53	2,91	15,4267	3,8360	16,45	27,06	22,26
3	13,9164	0,0671	5,05	3,97	3,26	13,7010	1,0138	3,42	15,66	12,88
4	14,6351	0,1147	10,47	4,93	4,06	14,1799	0,2344	7,04	7,28	5,99
5	12,7512	0,0161	3,75	2,12	1,75	14,0441	0,0245	6,01	2,38	1,96
6	13,8901	0,0581	4,85	3,70	3,04	14,3664	0,1267	8,44	5,28	4,34
7	13,2402	0,2429	0,06	7,93	6,53	14,2694	0,0910	7,71	4,51	3,71
8	12,9672	0,2754	2,12	8,63	7,09	13,4138	0,1373	1,25	5,89	4,84
9	13,8460	0,3418	4,52	9,00	7,40	13,1192	0,1197	0,97	5,62	4,62
10	14,4000	0,7167	8,70	12,53	10,31	13,7029	0,0291	3,44	2,65	2,18
11	13,3604	0,0458	0,85	3,41	2,81	14,2325	0,0088	7,43	1,41	1,16
12	13,9250	0,1013	5,11	4,87	4,01	14,0278	0,0801	5,89	4,30	3,54
13	13,4422	0,5173	1,47	11,41	9,38	14,6517	1,0187	10,60	14,68	12,08
14	14,8013	0,0107	11,73	1,49	1,22	15,3961	3,6577	16,22	26,48	21,78
15	12,8970	0,6500	2,65	13,32	10,96	13,8787	0,5403	4,76	11,29	9,28
16	14,1835	0,5045	7,06	10,67	8,78	14,7550	0,1954	11,38	6,38	5,25
17	13,4471	0,1619	1,50	6,38	5,25	14,0980	0,1277	6,42	5,40	4,44
18	13,4797	0,2819	1,75	8,40	6,91	12,8329	0,2345	3,13	8,04	6,62
19	13,0963	0,1296	1,14	5,86	4,82	13,9145	1,5897	5,03	19,31	15,88
20	13,4285	1,0075	1,36	15,93	13,10	13,2263	0,0300	0,16	2,79	2,30
21	13,5786	0,4576	2,50	10,62	8,73	14,3000	0,8006	7,94	13,34	10,97
22	13,1876	0,6475	0,45	13,01	10,70	13,4863	0,3198	1,80	8,94	7,35
23	12,9390	0,0157	2,33	2,06	1,70	13,6713	0,1145	3,20	5,28	4,34
24	13,1130	0,1384	1,02	6,05	4,97	12,1228	0,0761	8,49	4,85	3,99
25	13,8675	0,0944	4,68	4,72	3,88	13,8570	0,3392	4,60	8,96	7,37
26	13,8492	0,0074	4,54	1,33	1,09	13,5785	1,0845	2,50	16,35	13,44
27	13,2208	0,1747	0,20	6,74	5,54	14,2082	1,0074	7,25	15,06	12,38
28	13,4060	0,0362	1,19	3,02	2,49	12,6399	0,1051	4,59	5,47	4,50
29	14,5710	0,4907	9,99	10,25	8,43	13,7329	0,1241	3,66	5,47	4,50
30	14,2378	0,0401	7,47	3,00	2,47	13,3877	0,2481	1,06	7,93	6,52
Média	13,5739	0,2474	3,86	6,73	5,53	13,8413	0,6024	5,75	9,41	7,74

Legenda: Em que \bar{Y} é a estimativa do volume médio por parcela; $S_{\bar{y}}^2$ é a variância da média; |Exa. %| é a exatidão em módulo; $\pm E\%$ o erro de amostragem, S12-A e S12-B são procedimentos descritos na tabela 2.

Tabela 11A - Estimativa das 30 simulações dos procedimentos de amostragem S19 e S20.

Simulação	S19					S20				
	\bar{Y}	$S_{\bar{y}}^2$	Exa. %	$\pm E\%_{(t=5\%)}$	$\pm E\%_{(t=10\%)}$	\bar{Y}	$S_{\bar{y}}^2$	Exa. %	$\pm E\%_{(t=5\%)}$	$\pm E\%_{(t=10\%)}$
1	13,6457	1,0290	3,00	15,84	13,03	13,1424	0,6099	0,80	12,67	10,42
2	13,8841	0,2689	4,80	7,96	6,55	14,1015	0,0384	6,44	2,96	2,44
3	13,9913	0,6835	5,61	12,59	10,36	14,0207	0,4925	5,83	10,67	8,77
4	13,7843	1,0604	4,05	15,92	13,10	13,7749	0,0642	3,98	3,92	3,22
5	13,5249	2,0780	2,09	22,72	18,68	14,2494	0,8530	7,56	13,82	11,36
6	13,3442	0,0344	0,73	2,96	2,44	13,9580	0,2624	5,36	7,82	6,43
7	13,3486	1,3090	0,76	18,27	15,03	14,3647	0,2026	8,43	6,68	5,49
8	13,0686	0,1414	1,35	6,13	5,04	13,3088	0,4027	0,46	10,16	8,36
9	13,4225	1,3483	1,32	18,44	15,17	13,6228	0,1449	2,83	5,96	4,90
10	13,6559	0,4811	3,08	10,83	8,90	12,7553	0,3090	3,72	9,29	7,64
11	14,1063	0,8250	6,48	13,72	11,29	14,0561	1,2626	6,10	17,04	14,01
12	13,2876	0,8512	0,30	14,80	12,17	12,8858	0,5488	2,73	12,25	10,08
13	14,0945	0,1861	6,39	6,52	5,36	13,7003	0,0946	3,42	4,78	3,93
14	13,9381	0,6069	5,21	11,91	9,80	14,7936	0,8801	11,67	13,52	11,12
15	13,9607	1,3241	5,38	17,57	14,45	14,0879	0,8136	6,34	13,65	11,22
16	14,5821	3,5176	10,07	27,41	22,55	13,3507	0,3989	0,78	10,08	8,29
17	14,2761	2,0137	7,76	21,19	17,43	12,4598	0,2194	5,95	8,01	6,59
18	12,9285	0,7313	2,41	14,10	11,60	12,8787	0,0063	2,79	1,31	1,08
19	13,8217	0,4596	4,33	10,45	8,60	14,4424	0,1474	9,02	5,67	4,66
20	13,9471	0,7561	5,28	13,29	10,93	14,9278	0,0851	12,68	4,17	3,43
21	13,6733	0,4528	3,21	10,49	8,63	12,6269	0,1440	4,69	6,40	5,27
22	14,3065	1,0990	7,99	15,62	12,85	12,1662	0,3370	8,16	10,17	8,36
23	13,6964	1,7943	3,39	20,85	17,14	12,9058	0,2647	2,58	8,50	6,99
24	13,3192	0,0270	0,54	2,63	2,16	12,6445	0,2258	4,55	8,01	6,59
25	13,7381	0,4741	3,70	10,68	8,79	13,0492	0,0869	1,50	4,82	3,96
26	13,5036	0,0763	1,93	4,36	3,59	13,1099	0,3277	1,04	9,31	7,65
27	13,7921	2,6154	4,11	24,99	20,56	12,2302	0,4206	7,68	11,30	9,30
28	13,7363	0,9387	3,69	15,03	12,37	12,2431	0,3971	7,58	10,97	9,02
29	13,8177	2,4906	4,30	24,34	20,02	15,0633	0,1132	13,70	4,76	3,92
30	13,4667	1,8588	1,65	21,58	17,75	13,5963	0,0869	2,63	4,62	3,80
Média	13,7221	1,0511	3,83	14,44	11,88	13,4839	0,3413	5,37	8,44	6,94

Legenda: Em que \bar{Y} é a estimativa do volume médio por parcela; $S_{\bar{y}}^2$ é a variância da média; |Exa. %| é a exatidão em módulo; $\pm E\%$ o erro de amostragem, S19 e S20 são procedimentos descritos na tabela 2.

Tabela 12A - Estimativa das 30 simulações dos procedimentos de amostragem S21-A e S21-B.

Simulação	S21-A					S21-B				
	\bar{Y}	$S_{\bar{y}}^2$	Exa. %	$\pm E\%(t=5\%)$	$\pm E\%(t=10\%)$	\bar{Y}	$S_{\bar{y}}^2$	Exa. %	$\pm E\%(t=5\%)$	$\pm E\%(t=10\%)$
1	14,2819	1,4975	7,81	18,26	15,02	12,2108	0,3915	7,83	10,92	8,98
2	13,3545	0,8475	0,81	14,69	12,08	13,0656	0,2460	1,37	8,09	6,66
3	13,4677	0,0719	1,66	4,24	3,49	14,2208	0,0988	7,34	4,71	3,88
4	14,1385	3,6682	6,72	28,87	23,75	13,2754	0,0051	0,21	1,15	0,95
5	14,2111	0,2176	7,27	7,00	5,75	13,3709	0,6449	0,93	12,80	10,53
6	13,8192	0,7623	4,31	13,47	11,08	13,2825	0,2557	0,26	8,12	6,67
7	12,9544	0,0336	2,21	3,01	2,48	13,0913	0,4152	1,18	10,49	8,63
8	13,9579	0,2260	5,36	7,26	5,97	11,8680	0,3519	10,41	10,65	8,76
9	12,5912	0,2097	4,96	7,75	6,38	12,1196	0,3769	8,52	10,80	8,88
10	13,1592	0,4871	0,67	11,30	9,30	12,8231	0,2258	3,21	7,90	6,50
11	14,5287	0,0434	9,67	3,06	2,51	12,2711	0,5381	7,37	12,74	10,48
12	14,2593	0,1281	7,64	5,35	4,40	11,8444	0,9347	10,59	17,40	14,31
13	11,6746	0,2302	11,88	8,76	7,20	12,7856	0,2541	3,49	8,40	6,91
14	12,2748	0,6337	7,34	13,82	11,37	13,0816	0,0181	1,25	2,19	1,80
15	13,0352	0,1028	1,60	5,24	4,31	13,3984	0,2608	1,14	8,12	6,68
16	13,7592	0,5522	3,86	11,51	9,47	13,0214	0,1997	1,71	7,31	6,02
17	13,7084	0,5918	3,48	11,96	9,84	14,7124	0,1018	11,06	4,62	3,80
18	13,9071	0,0792	4,98	4,31	3,55	12,6490	0,0650	4,52	4,30	3,53
19	13,1318	0,1378	0,88	6,03	4,96	15,3083	1,2952	15,55	15,85	13,03
20	13,1279	0,2256	0,90	7,71	6,34	13,7283	1,4101	3,63	18,44	15,16
21	14,0908	0,7148	6,36	12,79	10,52	13,1285	0,5527	0,90	12,07	9,93
22	13,9687	0,6746	5,44	12,53	10,31	12,7215	0,1122	3,97	5,61	4,62
23	14,5990	0,2035	10,20	6,59	5,42	13,5053	0,2328	1,94	7,61	6,26
24	13,3991	0,1343	1,14	5,83	4,79	13,5818	0,4014	2,52	9,94	8,18
25	13,9100	0,9249	5,00	14,74	12,12	13,6080	0,1200	2,72	5,43	4,46
26	13,5950	0,8907	2,62	14,80	12,17	13,4088	2,3109	1,22	24,16	19,87
27	14,3214	0,0152	8,10	1,83	1,51	13,3891	0,0555	1,07	3,75	3,09
28	14,0066	0,2376	5,73	7,42	6,10	14,0180	0,2471	5,81	7,56	6,22
29	14,1296	0,3222	6,66	8,56	7,04	15,0236	1,3694	13,40	16,60	13,66
30	14,0122	1,8871	5,77	20,90	17,19	13,5262	0,6115	2,10	12,32	10,13
Média	13,6458	0,5584	5,03	9,99	8,21	13,2680	0,4701	4,57	9,67	7,95

Legenda: Em que \bar{Y} é a estimativa do volume médio por parcela; $S_{\bar{y}}^2$ é a variância da média; |Exa. %| é a exatidão em módulo; $\pm E\%$ o erro de amostragem, S21-A e S21-B são procedimentos descritos na tabela 2.

Tabela 13A - Estimativa das 30 simulações dos procedimentos de amostragem S22 e S23.

Simulação	S22					S23				
	\bar{Y}	$S_{\bar{y}}^2$	Exa. %	$\pm E\%_{(t=5\%)}$	$\pm E\%_{(t=10\%)}$	\bar{Y}	$S_{\bar{y}}^2$	Exa. %	$\pm E\%_{(t=5\%)}$	$\pm E\%_{(t=10\%)}$
1	13,5633	0,0834	2,38	4,54	3,73	13,2468	0,2656	0,01	8,29	6,82
2	13,6988	0,2778	3,40	8,20	6,75	13,4121	0,2127	1,24	7,33	6,03
3	13,9923	0,5219	5,62	11,00	9,05	12,4812	0,4886	5,79	11,94	9,82
4	13,6435	0,2554	2,99	7,90	6,49	13,8418	0,0823	4,48	4,42	3,63
5	13,4662	0,9596	1,65	15,50	12,75	13,8667	0,1789	4,67	6,50	5,35
6	12,7292	0,0297	3,91	2,89	2,37	14,1137	0,0087	6,54	1,41	1,16
7	12,7679	0,1943	3,62	7,36	6,05	13,2049	0,0425	0,32	3,33	2,74
8	14,7177	3,5902	11,10	27,44	22,57	14,0606	0,1938	6,14	6,67	5,49
9	13,2827	0,0536	0,26	3,71	3,05	13,2789	0,1610	0,24	6,44	5,30
10	13,2505	0,1954	0,02	7,11	5,85	13,5633	0,4474	2,38	10,51	8,65
11	15,2238	0,3321	14,92	8,07	6,64	14,3023	0,0494	7,96	3,31	2,73
12	14,2823	0,1291	7,81	5,36	4,41	13,1262	0,2294	0,92	7,78	6,40
13	14,1094	0,8180	6,50	13,66	11,24	11,8932	0,2090	10,23	8,19	6,74
14	13,7316	1,1259	3,65	16,47	13,55	13,0799	0,0942	1,27	5,00	4,11
15	13,8066	1,1502	4,22	16,56	13,62	12,9466	0,3889	2,27	10,27	8,44
16	14,4832	0,4213	9,33	9,55	7,86	13,2342	0,1432	0,10	6,09	5,01
17	13,4785	0,0086	1,74	1,47	1,21	13,1698	0,1335	0,59	5,91	4,86
18	13,6886	0,1573	3,33	6,18	5,08	13,4897	0,7268	1,83	13,47	11,08
19	13,7322	0,5849	3,66	11,87	9,76	13,4986	0,2676	1,89	8,17	6,72
20	13,5337	0,1693	2,16	6,48	5,33	13,0838	0,9198	1,24	15,62	12,85
21	12,2618	0,5174	7,44	12,50	10,28	12,9388	0,5537	2,33	12,26	10,08
22	13,8385	0,4521	4,46	10,36	8,52	13,1560	0,2511	0,69	8,12	6,68
23	13,8416	0,5590	4,48	11,51	9,47	14,3799	0,2658	8,55	7,64	6,28
24	14,6617	0,5413	10,67	10,70	8,80	12,9908	0,4267	1,94	10,72	8,81
25	13,1528	0,3122	0,72	9,05	7,45	14,1135	0,0469	6,53	3,27	2,69
26	13,3124	0,3736	0,49	9,79	8,05	13,4297	0,5880	1,37	12,17	10,01
27	13,9177	0,0756	5,06	4,21	3,46	13,2378	0,0563	0,08	3,82	3,14
28	13,9920	0,5880	5,62	11,68	9,61	13,1820	0,0262	0,50	2,62	2,15
29	13,5122	0,1943	2,00	6,95	5,72	14,0080	0,1976	5,74	6,76	5,56
30	14,4300	0,0568	8,92	3,52	2,90	13,6597	0,0751	3,11	4,28	3,52
Média	13,7368	0,4909	4,74	9,39	7,72	13,3997	0,2577	3,03	7,41	6,09

Legenda: Em que \bar{Y} é a estimativa do volume médio por parcela; $S_{\bar{y}}^2$ é a variância da média; |Exa. %| é a exatidão em módulo; $\pm E\%$ o erro de amostragem, S22 e S23 são procedimentos descritos na tabela 2.

Tabela 14A - Estimativa das 30 simulações dos procedimentos de amostragem S24-A e S24-B.

Simulação	S24-A					S24-B				
	\bar{Y}	$S_{\bar{y}}^2$	Exa. %	$\pm E\%(t=5\%)$	$\pm E\%(t=10\%)$	\bar{Y}	$S_{\bar{y}}^2$	Exa. %	$\pm E\%(t=5\%)$	$\pm E\%(t=10\%)$
1	13,2716	0,3479	0,18	9,47	7,79	11,9112	0,4947	10,09	12,59	10,35
2	12,7017	0,0348	4,12	3,13	2,58	14,4100	0,0079	8,77	1,31	1,08
3	13,3477	0,1349	0,75	5,87	4,82	13,7533	0,2944	3,82	8,41	6,92
4	12,4750	0,0121	5,83	1,88	1,55	13,7735	0,3339	3,97	8,94	7,36
5	12,9677	0,3995	2,11	10,39	8,54	13,4761	0,1776	1,72	6,67	5,48
6	12,6950	0,1339	4,17	6,14	5,05	13,0162	0,2202	1,75	7,68	6,32
7	12,7530	0,0126	3,73	1,88	1,54	13,3391	0,0078	0,69	1,41	1,16
8	12,2437	0,6973	7,58	14,54	11,96	13,8124	0,0516	4,26	3,51	2,88
9	12,7714	0,1406	3,60	6,26	5,15	12,9417	0,0015	2,31	0,64	0,52
10	12,4228	0,2430	6,23	8,46	6,96	13,4380	0,2530	1,44	7,98	6,56
11	12,9934	0,5317	1,92	11,96	9,84	13,1079	0,1848	1,06	6,99	5,75
12	13,3997	0,2646	1,15	8,18	6,73	13,3905	0,2761	1,08	8,36	6,88
13	12,4182	0,6414	6,26	13,75	11,31	12,8624	0,1108	2,91	5,52	4,54
14	14,6312	1,8465	10,44	19,80	16,28	12,5699	0,0379	5,12	3,30	2,72
15	13,2857	0,0017	0,29	0,65	0,54	12,6939	0,3256	4,18	9,58	7,88
16	13,0284	0,5693	1,66	12,34	10,15	12,0704	0,3520	8,89	10,48	8,62
17	13,2353	0,3835	0,09	9,97	8,20	13,3452	0,6177	0,74	12,55	10,32
18	14,0968	0,0918	6,41	4,58	3,77	12,8360	0,2358	3,11	8,06	6,63
19	13,9132	2,0907	5,02	22,15	18,22	13,2811	0,1268	0,25	5,72	4,70
20	14,4120	0,0680	8,79	3,86	3,17	13,6719	0,1133	3,20	5,25	4,32
21	14,4881	0,1257	9,36	5,22	4,29	14,0796	0,0548	6,28	3,55	2,92
22	13,9499	0,2724	5,30	7,97	6,56	13,4053	0,1436	1,19	6,03	4,96
23	13,8335	0,2859	4,42	8,24	6,78	14,7345	1,9440	11,22	20,17	16,59
24	13,2842	0,1938	0,27	7,06	5,81	12,5402	0,1107	5,34	5,66	4,65
25	13,4278	0,3250	1,36	9,05	7,44	13,5581	0,0375	2,34	3,05	2,50
26	13,8070	0,2108	4,22	7,09	5,83	13,9011	0,0559	4,93	3,63	2,98
27	13,5539	0,0693	2,31	4,14	3,41	12,9353	0,3721	2,36	10,05	8,27
28	14,1327	0,1018	6,68	4,81	3,96	15,3188	0,2935	15,63	7,54	6,20
29	14,2943	0,1487	7,90	5,75	4,73	14,6810	0,2278	10,82	6,93	5,70
30	14,0873	0,1447	6,34	5,75	4,73	14,4338	0,3832	8,95	9,14	7,52
Média	13,3974	0,3508	4,28	8,01	6,59	13,4430	0,2616	4,61	7,02	5,78

Legenda: Em que \bar{Y} é a estimativa do volume médio por parcela; $S_{\bar{y}}^2$ é a variância da média; |Exa. %| é a exatidão em módulo; $\pm E\%$ o erro de amostragem, S24-A e S24-B são procedimentos descritos na tabela 2.