

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

DONEY PEREGO

**COMPONENTES DA VARIÂNCIA DO ESTOQUE MADEIREIRO EM UMA
FLORESTA DE PRODUÇÃO NA AMAZÔNIA**

CURITIBA

2017

DIONEY PEREGO

**COMPONENTES DA VARIÂNCIA DO ESTOQUE MADEIREIRO EM UMA
FLORESTA DE PRODUÇÃO NA AMAZÔNIA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial para a obtenção da graduação no curso de Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Behling
Co-Orientadora: Profa. Dra. Ana Paula Dalla Corte
Co-Orientador: Prof. Dr. Allan Libanio Pelissari
Co-Orientador: Prof. Dr. Sebastião Amaral dos Santos

CURITIBA

2017

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Amarildo e Ivanilde, que sempre estiveram do meu lado me apoiando, incentivando e acreditando nas minhas escolhas, a minha irmã Franciele, que além de irmã é uma grande amiga que amo tanto, e a Deus, por possibilitar essa oportunidade na minha vida.

A todos os docentes, que de alguma forma passaram por minha vida acadêmica, em especial ao professor Alexandre Behling, à professora doutora Ana Paula Dalla corte, ao professor mestre Décio José Figueiredo, à professora doutora Daniela Biondi Batista, ao professor doutor Alessandro Camargo Ângelo e ao professor Allan Libanio Pelissari, que me proporcionaram grandes oportunidades extracurriculares durante a graduação, acreditando e confiando no meu potencial.

Aos meus amigos Barbara Lima, Lana Flávia Massuquetto, Roger Galvão, Renata Coutinho Burda, Júlia Diogo Sydow e Gabriela da Motta Labres Bueno, que me acompanharam durante a graduação e que levarei a amizade para o resto da minha vida.

Ao meu amigo e parceiro Murilo José Trento, sempre me auxiliando às vésperas de provas e trabalhos.

À Glória Vidal por todo o incentivo e apoio durante toda a elaboração do TCC.

Ao Vinicius Costa Cysneiros, por todo apoio tanto na elaboração do TCC como na elaboração de um artigo. Além de proporcionar todo o intermédio com a empresa Amata para disponibilização dos dados.

À empresa Amata, pelo apoio dado na disponibilização dos dados, possibilitando a elaboração do trabalhos.

RESUMO

Ao realizar um inventário incorre-se em duas principais fontes de erros de amostragem, a primeira fonte de erro é devido ao erro de amostragem, ao passo que a segunda fonte de erro é inerente da equação de regressão. O presente trabalho teve o objetivo de avaliar a composição dos erros da variância, em diferentes intensidades amostrais (0,3%; 0,6%; 0,9%; 1,2%; 1,5%; 1,8%; 2,1%; 2,4%; 2,7% e 3%) na estimativa de estoque madeireiro em uma área de manejo florestal na floresta amazônica. O estudo foi realizado por meio de uma base dados de uma unidade de produção anual (UPA) da Floresta Nacional do JAMARI, no estado de Rondônia, que possui uma área de 1.640 ha. Todos os indivíduos com diâmetro à altura do peito (d) igual ou maior que 40 cm foram medidos e georreferenciados. Os dados utilizados para o ajuste da equação foram provenientes de uma base de dados compostas por 5.231 árvores cubadas na mesma área de estudo. Na primeira fase do inventário, a partir de 80 unidades amostrais, o erro padrão atendeu o limite de erro de 20%, com um intervalo de confiança de 95%, com um aumento do número de unidades amostrais, ocorreu um decréscimo no erro padrão. O erro da segunda fase do inventário (devido a equação de regressão) representou um pequeno percentual da variância total, sendo o maior valor obtido de 0,98%. No presente estudo não foi evidenciado a necessidade de considerar o erro devido a equação de regressão, pois sua parte na composição da variância foi baixa.

Palavras chave: Propagação do erro; variância da regressão; variância das unidades amostrais.

ABSTRACT

Performing a forest inventory has two major sources of sampling errors, the first source is due to the sample plots, and the second one is inherent in the regression equation. The present paper aims to analyze the composition of error of variance, in different plot's intensities (0,3%; 0,6%; 0,9%; 1,2%; 1,5%; 1,8%; 2,1%; 2,4%; 2,7% and 3%), to estimates the timber stock in an area of forest management in the Amazon. The study was carried out using a database in an annual production unit (APU) from Nacional Forest of JAMARI, in the state of Rondônia that has an area of 1.640 ha. All individuals with breast height diameter equal to or greater than 40 cm were cubed and georeferenced. The database used to adjust the regression equation came from another database, which had 5.231 trees measured in the same study area. In the first phase of the inventory, from 80 sample units, the standard error met the error limit of 20%, with a 95% confidence interval, with an increase in the number of sample units, a decrease in the standard error occurred. The error of the second phase of the inventory (due to the regression equation) represents a small percentage of the total variance, with the highest value obtained being 0.98%. In the present study it was not evidenced the need to consider the error due to the regression equation, since its part in the composition of the variance was low.

Key words: Error propaging, variance of regression, variance of plots units.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. ESTATÍSTICA DESCRITIVA DAS DIFERENTES UNIDADES AMOSTRAIS NA FLONA DO JAMARI, RONDÔNIA.....	28
TABELA 2- COMPONENTES DA ERRO EM DIFERENTES INTENSIDADES AMOSTRAIS NA FLONA DO JAMARI, RONDÔNIA.....	30

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. LOCALIZAÇÃO DA FLORESTA NACIONAL DO JAMARI, RONDÔNIA.	21
FIGURA 2. DELIMITAÇÃO ÁREA EFETIVA DE MANEJO FLORESTAL NA FLONA DO JAMARI, RONDÔNIA.....	23
FIGURA 3. ÁREA MANEJO FLORESTAL EFETIVA COM AS INFORMAÇÕES DAS ÁRVORES COM DIÂMETRO A ALTURA DO PEITO IGUAL OU SUPERIOR A 40 CM NA FLONA DO JAMARI, RONDÔNIA.....	24
FIGURA 4. DEFINIÇÃO DA ORIENTAÇÃO DO PONTO EM RELAÇÃO AO VÉRTICE DAS PARCELAS UTILIZADO NA ALOCAÇÃO DE PARCELAS EM DIFERENTES INTENSIDADES AMOSTRAIS NA FLONA DO JAMARI, RONDÔNIA.....	24
FIGURA 5. INTERCECÇÃO DOS DADOS DAS ÁRVORES COM AS UNIDADES AMOSTRAIS (20 UA) EM UMA DE MANEJO FLORESTAL NA FLONA DO JAMARI, RONDÔNIA.....	25
FIGURA 6. EVOLUÇÃO DO ERRO RELATIVO DA AMOSTRAGEM (%) EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE UNIDADES AMOSTRAIS NA FLONA DO JAMARI, RONDÔNIA.....	29
FIGURA 7- EVOLUÇÃO DA VARIÂNCIA SUBESTIMADA EM DIFERENTES UNIDADES AMOSTRAIS NA FLONA DO JAMARI, RONDÔNIA	31

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVOS	11
2.1. OBJETIVO GERAL	11
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
3.1 INVENTÁRIO FLORESTAL	12
3.2. AMOSTRAGEM	12
3.2.1. Métodos de amostragem	13
3.3. PROCESSOS DE AMOSTRAGEM	14
3.4. INVENTÁRIO FLORESTAL NA FLORESTA AMAZÔNICA	14
3.5. COMPOSIÇÃO DA VARIÂNCIA NO INVENTÁRIO FLORESTAL	16
4. MATERIAL E MÉTODOS	21
4.1. LOCAL DE ESTUDO	21
4.2. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	22
4.3. 1ª FASE DO INVENTÁRIO FLORESTAL	22
4.4. 2ª FASE DO INVENTÁRIO FLORESTAL	25
4.5. COMPOSIÇÃO DA VARIÂNCIA	26
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5.1. 1ª FASE DO INVENTÁRIO FLORESTAL	28
5.2. 2ª FASE DO INVENTÁRIO FLORESTAL	29
5.3. COMPOSIÇÃO DA VARIÂNCIA	30
6. CONCLUSÕES	32
7. RECOMENDAÇÕES	33
8. ANÁLISE CRÍTICA DO DESENVOLVIMENTO DO TCC	34
9. AVALIAÇÃO DO ORIENTADOR	Erro! Indicador não definido.
REFERÊNCIAS	35

1. INTRODUÇÃO

Veríssimo (2005) relata que o Brasil é reconhecido pela sua elevada diversidade florestal, sendo uma das maiores do mundo, devido a existência de diferentes ecossistemas em um mesmo território. O autor ainda comenta que as florestas naturais brasileiras correspondem a aproximadamente 65% de toda a extensão do país (5,5 milhões de km²).

Pelanda (2010) afirma que as florestas brasileiras representam quase 10% de toda as florestas do mundo, com um elevado potencial a ser explorado pelo país. Dessa forma, o manejo florestal visa garantir a conservação bem como a utilização de tais recursos de forma sustentável, garantindo assim a continuidade para as próximas gerações.

O Serviço Brasileiro Florestal (2017) define Manejo Florestal Sustentável como:

”[...]a administração da floresta para obtenção de benefícios econômicos, sociais e ambientais, respeitando-se os mecanismos de sustentação do ecossistema objeto do manejo e considerando-se, cumulativa ou alternativamente, a utilização de múltiplas espécies madeireiras, de múltiplos produtos e subprodutos não-madeireiros, bem como a utilização de outros bens e serviços florestais[...].”

Para haver um melhor embasamento para a elaboração de um Plano de Manejo Florestal Sustentável, torna-se necessário o conhecimento dos recursos existentes na floresta em questão, porém, como muitas vezes torna-se impraticável a mensuração total dos recursos florestais de uma área (censo florestal), tanto inviável economicamente quanto pelo tempo despendido, surge-se a importância do inventário florestal.

Inventário Florestal é definido como o ramo da ciência que tem por objetivo avaliar variáveis quantitativas e qualitativas das florestas e suas inter-relações, para servir de embasamento para elaboração de planos de utilização dos recursos florestais, além de auxiliar na elaboração de propostas de planos de desenvolvimento e política florestal (QUEIROZ, 2012).

O Inventário Florestal pode ser empregado sob três maneiras diferentes em locais onde a legislação permite o manejo florestal: i) para inventários de reconhecimento, para análise de áreas potenciais de manejo ii) no Plano Anual de Outorga Florestal iii) Para análise de áreas que estão em processo de licitação para concessão florestal.

Os inventários florestais consistem em duas fases: sendo a primeira referente a distribuição das unidades amostrais, onde são mensurados algumas variáveis como diâmetro à altura do peito (d) e altura (h) das árvores presentes nas amostras. A segunda fase consiste na seleção de um número menor de árvores, onde essas são mensuradas quanto ao seu volume (v) e também a variável diâmetro (d) por meio da cubagem. Essas árvores são utilizadas para estimar a relação entre o volume e o diâmetro por meio de regressão. Essa relação, então, é aplicada nos dados obtidos na primeira fase da amostragem, o que possibilita calcular a média do estoque do volume por unidade de área.

Cunia (1965) relata que ao realizar tal estrutura de amostragem, incorremos em duas principais fontes de erros de amostragem. 1) devido à seleção aleatória das parcelas na primeira fase, tamanho da amostra e a variação inerente entre as unidades amostrais e 2) associado à amostragem da segunda fase, ou seja, devido ao erro da equação de regressão, que também é devido ao processo de seleção das árvores, tamanho da amostra e pela variação dos valores de volume em função do diâmetro.

Tomando a estrutura experimental para o inventário apresentado em Cunia (1965), então, em um inventário do volume em uma floresta nativa o erro de amostragem é, no mínimo, constituído por dois componentes: devido a seleção aleatória das parcelas e devido ao erro da equação de regressão. Assim, a seguinte questão foi formulada: Qual a influência dos componentes apresentados na composição do erro em um inventário comercial em florestas nativas? Essa questão norteia os objetivos da presente pesquisa que estão apresentados na sequência.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL.

Avaliar os erros de amostragem provenientes da primeira e da segunda fase do inventário florestal na estimativa do estoque madeireiro em uma área de manejo florestal na Amazônia brasileira em diferentes níveis de intensidade amostral.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obter a composição dos erros de amostragem total, da primeira fase e da segunda fase do inventário florestal; e
- Avaliar a composição da variância amostral em diferentes unidades amostrais e determinar qual é a variância subestimada, valendo-se da abordagem tradicional.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 INVENTÁRIO FLORESTAL

Sanquetta et al. (2014) salientam que o inventário florestal consiste numa atividade de elevada importância para os recursos naturais, pois é imprescindível ter um conhecimento do potencial de tais recursos. O inventário florestal pode ser conceituado como uma atividade a qual visa tanto a obtenção de informações qualitativas quanto quantitativas dos recursos florestais de uma área (PÉLLICO NETTO & BRENA, 1997).

Oliveira et al. (2014) relatam que para haver uma correta quantificação e qualificação dos recursos existentes da floresta amazônica faz-se necessário a utilização do Inventário Florestal. Os mesmos afirmam que a maioria dos inventários realizados na região amazônica apresentam a análise de estoque volumétrico de madeira como enfoque para subsidiar dados de análise de viabilidade econômica de planos de manejo florestal.

Informações como diâmetro à altura do peito (DAP) e altura da árvore são fundamentais para a realização do Inventário Florestal. A medição do DAP à 1,3 m do solo foi convencionalizada para haver uma padronização do ponto de medida do diâmetro, além de ser uma posição cômoda para manejar os instrumentos.

3.2. AMOSTRAGEM

No ramo da engenharia florestal é comum a tomada de decisões a partir de medição de amostras, pois a medição de todas as árvores da área (censo) é uma atividade inviável economicamente, além de demandar um tempo elevado. Segundo Péllico Netto e Brena (1997), muitas decisões no mundo são tomadas a partir da análise de apenas parte do problema, ou seja, por amostras.

Portanto, o Inventário Florestal está intimamente ligado à teoria da amostragem, pois as florestas são muitas vezes extensas, apresentam acesso

restrito, além do fato que muitas vezes são necessários resultados em um curto espaço de tempo.

3.2.1. Métodos de amostragem

O método de amostragem é entendido como a abordagem que será realizada a unidade amostral, por meio de uma metodologia previamente definida, cuja medição determinará os indivíduos que farão parte da unidade amostral (PÉLLICO NETTO & BRENA, 1997).

Sanquetta et al. (2009) exaltam que os principais métodos de amostragem são: área fixa, Bitterlich, Prodan, Strand e 3-P de Grosenbaugh. Com exceção ao primeiro método, cuja seleção e medição dos indivíduos é realizada proporcionalmente ao tamanho da unidade amostral, os demais são conhecidos como métodos de área variável.

A área fixa é um dos métodos com maior facilidade de execução, além de possibilitar uma elevada gama de estimativas. Com relação a forma das unidades amostrais em áreas fixas, elas podem ser: circulares, quadradas e retangulares. As parcelas circulares apresentam a vantagem de apresentar menor perímetro e menor problemas com o número de árvores marginais, em relação aos outros formatos.

Unidades amostrais quadradas apresentam grande funcionalidades em plantios com espaçamentos bem definidos. Para espaçamentos irregulares é necessário a utilização de balizas. De acordo com Sanquetta et al. (2009), a área ideal das amostras fica entre 400 m² a 900 m², com os lados medindo de 20 m a 30 m.

Péllico Netto e Brena (1997) comentam que as parcelas retangulares tem sido utilizadas por captar melhor a heterogeneidade e variabilidade da florestas. O tamanho recomendado por Sanquetta et al. (2009) é entre 1.000 m² e 10.000 m². O Inventário Florestal Nacional utiliza o modelo conglomerado cruz de malta com as dimensões das subunidades sendo (20 m x 100 m), estando distantes do ponto central a 50 m (SFB, 2017)

3.3. PROCESSOS DE AMOSTRAGEM

Os processos de amostragem compreendem o tipo de abordagem que será realizado na população, podendo ser de forma aleatória, sistemática e mista. Os processos mais usados nos inventários florestais são: aleatória simples; estratificada; sistemática; dois estágios; conglomerados; e múltiplos inícios aleatórios (PÉLLICO NETTO & BRENA, 1997). Tais processos serão apresentados a seguir:

- Amostragem Aleatória Simples: Processo indicado para florestas homogêneas, pequenas e de fácil acesso. Considera que todas as unidades amostrais têm a mesma possibilidade de serem selecionadas na amostra.
- Amostragem Estratificada: Processo indicado para florestas que apresentam estratos distintos, pois reduz a variabilidade da variável de interesse.
- Amostragem Sistemática: Nesse processo, apenas a primeira amostra é escolhida aleatoriamente, as demais são distribuídas atendendo um padrão de distribuição.
- Amostragem em dois estágios: Processo que aloca as unidades amostrais primárias e posteriormente subdivide-as em unidades amostrais secundárias.
- Amostragem em Conglomerado: semelhante à amostragem em dois estágios, porém com o segundo estágio organizado sistematicamente.
- Amostragem em múltiplos inícios aleatórios: É um processo de amostragem sistemático com múltiplos inícios aleatórios, enquanto que no sistemático existe apenas um início aleatório.

3.4. INVENTÁRIO FLORESTAL NA FLORESTA AMAZÔNICA

Cavalcanti et al. (2009) em seu estudo alocaram diferentes tamanhos de unidades amostrais em uma área de 1.000 ha de Floresta Tropical no Acre, com o intuito de definir um tamanho ideal para as parcelas para subsidiar o Serviço Florestal Brasileiro na definição de uma metodologia de inventário florestal em

áreas passíveis de concessão florestal. Os autores relatam que foi realizado o censo de toda a área para árvores com diâmetro à altura do peito acima de 40 cm, onde foram instaladas unidades amostrais que variaram de 0,25 à 2 ha. A largura das parcelas foi fixada em 50 m, por ser a mesma largura adotada para o censo, ao passo que o comprimento variou de 50 a 400 m.

As parcelas foram distribuídas em uma distância mínima entre si de 100 m. Assim, percebeu-se que com o aumento do tamanho da área diminuiu o coeficiente de variação (CV), sendo que a partir da amostra de tamanho 0,75 ha o CV começou a estabilizar-se. Os autores ainda relatam que parcelas menores que 0,75 ha tendem a superestimar as variáveis, enquanto que parcelas maiores que 0,75 ha subestimam as variáveis.

Para o Erro Amostral (%), apenas a parcela de 2 ha atendeu ao limite de erro menor que 10%. Por fim, os autores concluíram que, a partir de 0,75 ha, o CV e o erro amostral se estabilizam, sendo um tamanho de área ideal, visto que unidades de área com 1 e 2 ha demandam maiores deslocamentos e geram maiores custos operacionais.

Ubialli et al. (2009) realizaram um estudo na Floresta Amazônica testando diferentes tamanhos e formas de parcelas, avaliando sua acuracidade. O estudo foi realizado em uma área de 120 ha no Mato Grosso, onde foi executado o censo do local para posterior comparação com os resultados das parcelas. Foram testadas 22 diferentes tamanhos e formas de parcelas, tendo suas áreas variando de 400 à 10.000 m², com formas retangulares e quadradas. As parcelas com 2.500 m² apresentaram bons resultados, ocorrendo em erros reais abaixo de 7%, independente da forma, para estimativa da área basal.

Parcelas de 5.000 m² à 10.000 m² apresentaram os maiores erros comparados com as demais parcelas, tal fato deve-se ao baixo número de unidades amostrais alocados, gerando um elevado erro padrão.

Oliveira et al. (2014), ao testarem diferentes tamanhos e formas de parcelas em uma área localizada na Amazônia Ocidental, relataram que não houve diferença nas estimativas das variáveis entre as diferentes formas de parcelas. Porém, os autores recomendam a utilização de parcelas retangulares, devido a maior praticidade de instalação em campo e pela facilidade de controle das bordaduras

da parcela, além de que a parcela retangular engloba uma maior variação da floresta.

Um estudo realizado na Floresta Nacional do Tapajós, que apresenta uma área de 5.306,04 ha, avaliou o tamanho e a distância ideal entre as subunidades dos conglomerados. O estudo mostrou que, para árvores com diâmetro à altura do peito (DAP) superior à 25 cm, os tamanhos ideais das subunidades devem variar de 0,25 a 0,33 ha, estando distantes do ponto central de 50 a 100 m, diminuindo assim a autocorrelação entre as subunidades (QUEIROZ et al., 2011).

3.5. COMPOSIÇÃO DA VARIÂNCIA NO INVENTÁRIO FLORESTAL.

Cunia (1986a) relata que estimativas de biomassa apresentam duas principais fontes de erro em inventários florestais contínuo, o primeiro sendo devido as parcelas amostrais e o outro devido as equações de regressões que são utilizadas para estimar a variável de interesse. Geralmente as pesquisas consideram apenas a primeira fonte de erro em seu cálculo. Alguns erros de amostragem geralmente são apresentados em estudos, porém outras fontes, como erros de mensuração e os causados pela incerteza do modelo, geralmente não são incorporados (CLARK & KELLNER, 2012).

O entendimento dos principais geradores de fontes de incertezas pode ser uma técnica apropriada para melhorar os métodos e a acurácia dos resultados de estimativas. Ainda existem poucos estudos que quantifiquem erros de medição e erros causados pela incerteza com estimativas de biomassas (HOLDAWAY et al., 2014).

Wayson et al. (2015) considera importante ter-se conhecimento das principais fontes de erro, em pequenas áreas inventariadas, pois podem servir como base para a tomada de decisão. O autor ainda relata que pequenas variações diamétricas, podem gerar uma grande variância na biomassa estimada, devido a sua elevada heterocedasticidade.

Valendo-se das concepções apresentadas por Cunia (1986a) para pesquisas com biomassa, a variância total é composta pela variância das parcelas e pela variância da equação. Evidentemente, tal concepção pode ser aplicada para a variável volume.

Cunia (1986a) propôs combinar o erro da regressão com o erro de amostragem, conforme as seguintes equações:

$$w = b_1 z_1 + b_2 z_2 + \dots + b_n z_n \quad (1)$$

$$\hat{y} = b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_n x_n \quad (2)$$

Em que:

w = estimador do volume do fuste de árvores para a unidade de área hectare;

b = coeficiente da regressão;

z = são as variáveis aleatórias mensuradas na primeira fase (no presente caso refere-se ao número de árvores e diâmetro à altura do peito); e

\hat{y} = é a regressão do volume de árvore y em função das características da árvore x_1, x_2, \dots, x_m (no presente caso em função do diâmetro à altura do peito).

O cálculo da variância de w foi realizado por meio da equação 3.

$$S_{ww} = [b]'[S_{zz}][b] + [z]'[S_{bb}][z] \quad (3)$$

Em que:

Z = Matriz das estatísticas da primeira fase (número de árvores e valores para a variável diâmetro à altura do peito);

S_{zz} = Matriz de covariância da estatística da primeira fase (número de árvores e valores para a variável diâmetro à altura do peito);

b = Estimativa do vetor $[\beta]$ proveniente da segunda fase do inventário; e

S_{bb} = Matriz de covariância dos coeficientes de regressão da segunda fase do inventário.

Ao analisar a equação, pode-se perceber que a primeira parte representa o erro de amostragem e a segunda parte representa o erro devido ao erro da equação de regressão.

A variação de $w = [b]'[z]$ e o erro percentual do componente correspondente pode ser calculado conforme (4)

$$\%erro_1 = \frac{\sqrt{[b]'[S_{zz}][b]}}{[b]'[z]} \quad (4)$$

Em que:

$\%erro_1$ = Erro percentual da primeira fase;

z = Matriz das estatísticas da primeira fase (número de árvores e valores para a variável diâmetro à altura do peito);

S_{zz} = Matriz de covariância da estatística da primeira fase (número de árvores e valores para a variável diâmetro à altura do peito); e

b = Estimativa do vetor $[\beta]$ proveniente da segunda fase do inventário.

Assim, o erro em porcentagem da segunda fase pode ser estimado conforme (5):

$$\%erro_2 = \frac{\sqrt{[\bar{x}]' [S_{bb}] [\bar{x}]}}{[b]' [\bar{x}]} \quad (5)$$

Em que:

$\%erro_2$ = Erro percentual da primeira fase;

$$[\bar{x}]' = \left[\frac{\sum x_1}{n} \quad \frac{\sum x_2}{n} \quad \dots \quad \frac{\sum x_m}{n} \right] = \frac{X'}{n}, ;$$

S_{bb} = Matriz de covariância dos coeficientes de regressão da segunda fase do inventário; e

b = Estimativa do vetor $[\beta]$ proveniente da segunda fase do inventário.

Vários pesquisadores usaram a temática apresentada por Cunia (1986a) e demonstraram a importância de se considerar as diversas fontes de erros em inventários florestais. Algumas das pesquisas estão sumarizadas a seguir.

Chave et al. (2004) demonstra em um estudo realizado em uma floresta tropical no Panamá, o erro de estimativas de biomassa de carbono individuais chegaram a erros de 47%, sendo 31% do erro causado somente pelo erro da equação, o restante foram causados por erros de medição

Djomo et al. (2011) realizaram uma pesquisa em uma floresta tropical em Camarões, para analisar a propagação de incertezas em estimativas de estoque de carbono. O estudo mostrou que o erro da incerteza em equações alométricas contribuiu para 30% do total do erro das estimativas de carbono.

Holdway et al. (2014) realizaram um estudo na Nova Zelândia, usando um sistema chamado "*Land Use and Carbon Analysis System*" e uma rede de dados de uma floresta natural, para quantificar os erros de medição de dados da árvore, como diâmetro da base da árvore, altura da árvore e identificação de espécies e dados da parcela como área da parcela e número de árvores, em condições de campo normais. Também foi avaliado a incerteza gerada ao utilizar os modelos

para estimativas de biomassa, realizando uma análise de sensibilidade para identificar as principais fontes de incerteza para estimativas de carbono, para demonstrar o que acontece quando não são consideradas tais fontes de incerteza para avaliar o estoque de carbono em uma área. Os autores concluíram que as incertezas do modelo contribuíram muito pouco para o erro, sendo menor que 0,1%, da incerteza total do estudo. Contrastando com estudos de outros pesquisadores que encontraram de 10-30% da incerteza total na estimativa de carbono.

Porém Holdway et al. (2014) relatam que seu resultado pode ser reflexo da metodologia utilizada, enquanto nesse estudo foi utilizado o erro padrão da média, nos outros estudos foi utilizado o desvio padrão da regressão, o qual tenderia a superestimar a incerteza da população. Os autores ainda ressaltam que, para utilizar equações alométricas de outros estudos para propagar o erro de estimativas de biomassa, necessita-se o conhecimento de informações de ajuste detalhadas como os intervalos de confiança, a soma dos quadrados do erro, o coeficiente de determinação, entre outros.

Em um estudo conduzido por Shettles et al. (2015), na Floresta Nacional de Willamette e na Floresta Nacional de Deschutes, em Oregon, consideraram as três fontes de erro em um inventário florestal: Erro de amostragem, erro de medição e erro inerente ao modelo. Para a estimativa do erro de medição, os autores realizaram a derrubada de algumas árvores e realizaram a medição da altura e compararam com o valor obtido com a árvore em pé. Também foi realizada uma interação entre os erros de medição com o erro inerente ao modelo, a partir do desvio padrão do erro de medição. A fim de avaliar apenas o erro inerente ao modelo, utilizou-se algumas estatísticas como: raiz quadrada do erro quadrático médio, erro quadrático médio relativo e a média do valor estimado. Alguns modelos chegaram a gerar 53% de erro.

Chave et al. (2004), em seu estudo com uma floresta no Panamá, obtiveram 47 % de desvio padrão total do erro, para árvores acima de 10 cm de DAP, sendo 31% devido ao modelo e 16% devido a erros de medição. Os autores concluíram que existe uma fonte de erro intrínseca no modelo de regressão, devido a amostra disponível para construir o modelo. Para reduzir o erro, o autor acrescentou mais uma variável na equação, a massa específica das árvores, reduzindo para 13% da média.

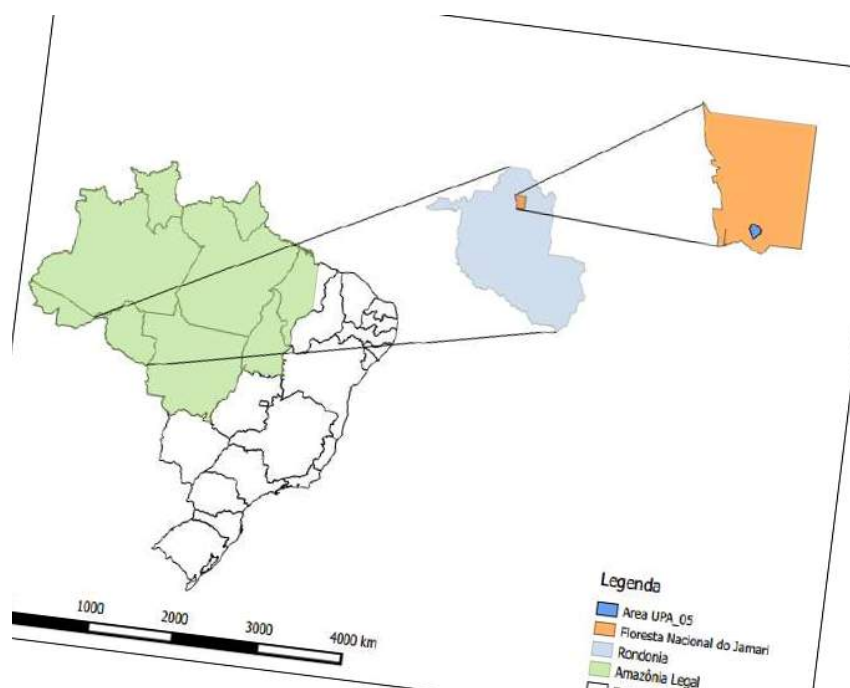
Ketterings et al (2001) realizaram um estudo em uma floresta secundária mista na Indonésia, para estimar o tamanho do erro introduzido ao utilizar equações de biomassa. Ao assumir que não houveram erro de medição, os autores relacionaram três tipos de erro existentes: *i)* devido a variabilidade de diversos valores de biomassa para os mesmos valores de diâmetro *ii)* devido a utilização de pequenas amostras para ajustar os parâmetros e *iii)* erro devido à relação usada, que pode não ser correta ou os valores dos parâmetros utilizados não são apropriados. Os pesquisadores concluíram que a incerteza nas estimativas de biomassa, em grande parte, foi devida ao erro de dispersão da biomassa da árvore individual de diâmetro semelhante, e em menor proporção, pelos parâmetros utilizados. As incertezas aumentaram consideravelmente quando modelos similares foram aplicados para árvores de diâmetros específicos.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. LOCAL DE ESTUDO

O estudo foi realizado na Floresta Nacional do Jamari, no estado de Rondônia, entre as coordenadas geográficas 09° 00' 00" a 09° 30' 00" S e 62° 44' 05" a 63° 16' 64" W. A área total da FLONA é de aproximadamente 220.000 hectares (AMATA, 2013; CYSNEIROS, 2016). Na Figura 1 está representado a localização da área onde foi realizado o estudo.

FIGURA 1. LOCALIZAÇÃO DA FLORESTA NACIONAL DO JAMARI, RONDÔNIA.



FONTE: CYSNEIROS (2016)

A FLONA apresenta o relevo de plano a suave ondulado, com uma parte acentuada na região leste, e inserida nas bacias hidrográficas dos Rios Jamari, Candeias, Preto e Jacundá (ZACHOW, 1991; MMA/IBAMA, 2005; CYSNEIROS, 2016).

De acordo com a classificação de Köppen, a região está enquadrada no clima Aw, Tropical Chuvoso, com precipitação anual média de 2.400 mm e temperatura média anual de 25 °C (MMA/IBAMA, 2005; CYSNEIROS, 2016).

A composição da fitofisionomia da FLONA varia entre Floresta Ombrófila Aberta e Floresta Ombrófila Densa (RADAM, 1978; ZACHOW, 1991; MMA/IBAMA, 2005; IBGE, 2012; CYSNEIROS, 2016), sendo a primeira floresta pública do Brasil a entrar em regime de concessão florestal. A FLONA do Jamari foi subdividida em três Unidades de Manejo Florestal, onde cada uma foi licitada à empresas privadas do setor (SFB, 2015).

4.2. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Para a realização do estudo, foi utilizada uma base de dados estabelecida por CYSNEIROS (2016). Onde foi realizado o censo florestal de uma área de 1.640 hectares, conduzido entre os anos de 2014 e 2015 pela empresa AMATA.

No censo florestal, todos os indivíduos arbóreos com diâmetro à 1,3 m de altura do solo (DAP) igual ou superior a 40 cm foram mensurados. Todas as espécies e indivíduos foram identificados e também georreferenciados com a utilização de um GPS.

A partir do banco de dados contendo informações geográficas das árvores, foram plotadas as parcelas onde foi obtido o número de árvores por parcela $\left(\frac{n}{2.500 \text{ m}^2}\right)$ e seus respectivos diâmetros. Para isso, foi utilizado o *software* ArcGIS 10.4, em que foi gerado um arquivo de extensão *shapefile* com tais informações.

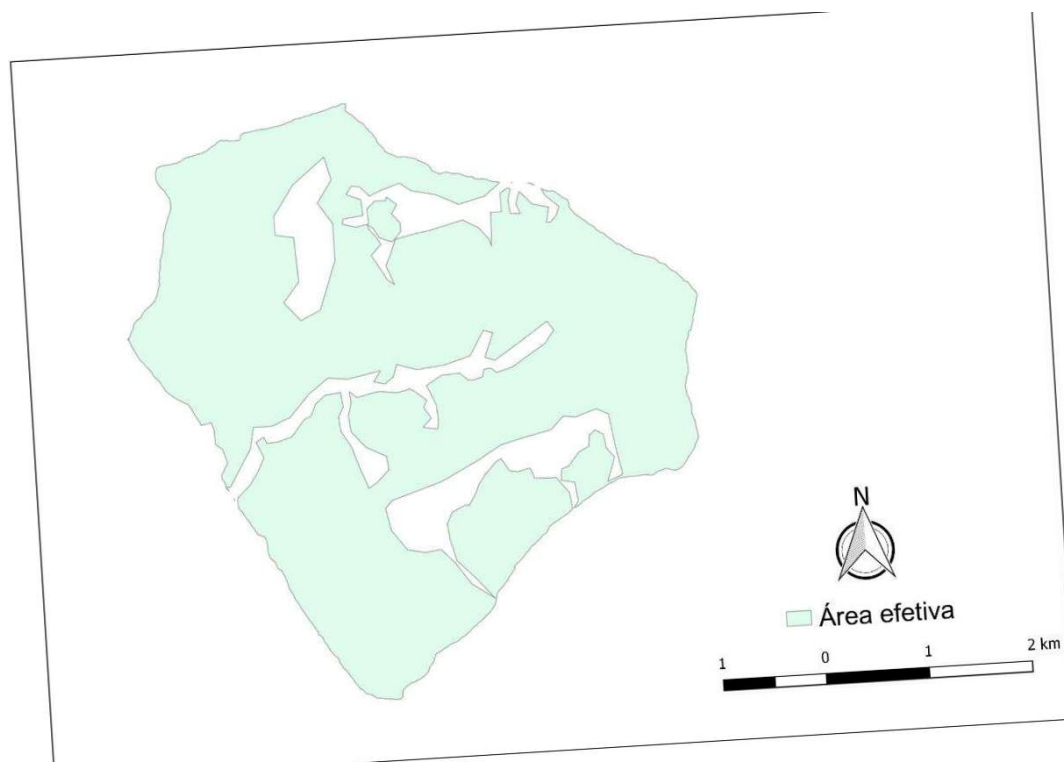
4.3. 1ª FASE DO INVENTÁRIO FLORESTAL

O processo de amostragem utilizado foi o de aleatória simples por meio do método de área fixa. Para a execução dos testes do processo de amostragem aleatória simples, adotou-se parcelas de tamanho de 50 m x 50 m, totalizando uma área de 2.500 m². As intensidades de amostragem testadas foram: 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180 e 200 unidades amostrais na área total, o que equivale a: 0,3 %, 0,6 %, 0,9 %, 1,2 %, 1,5 %, 1,8%, 2,1%, 2,4%, 2,7% e 3%, respectivamente.

A partir da obtenção dos pontos distribuídos espacialmente, foi possível a delimitação da área efetiva do estudo. Com a área delimitada, utilizou-se a

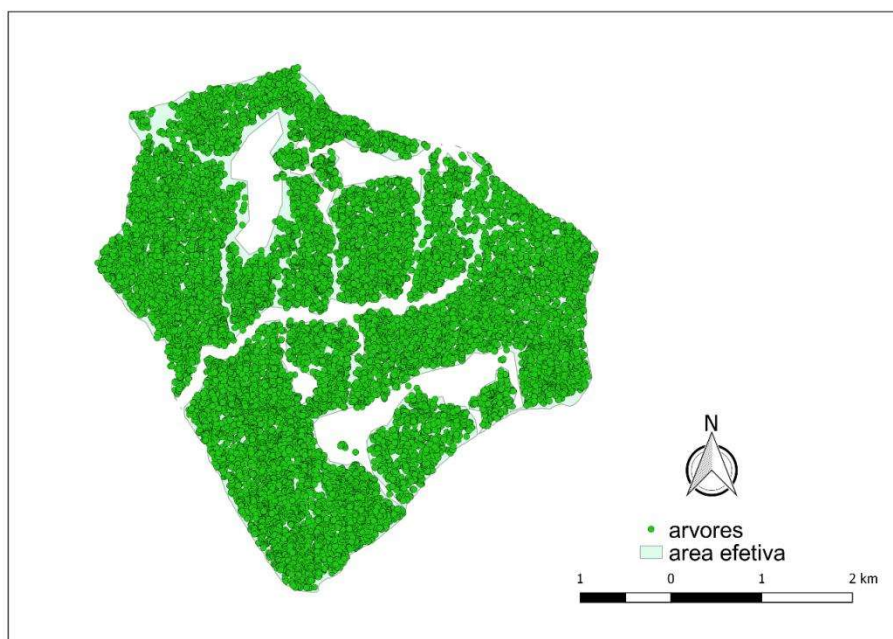
ferramenta aleatorizar pontos, com as intensidades amostrais pré-estabelecidas (20,40,60,80,100,120,140,160,180 e 200 unidades amostrais). Para cada intensidade amostral foi gerado uma nova nuvem de pontos aleatórios, garantindo a interdependência das amostras

FIGURA 2. DELIMITAÇÃO ÁREA EFETIVA DE MANEJO FLORESTAL NA FLONA DO JAMARI, RONDÔNIA



FONTE: ELABORADO PELO AUTOR (2017).

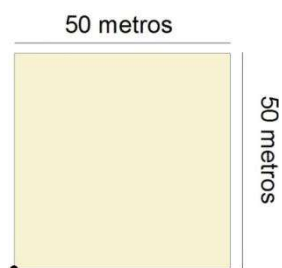
FIGURA 3. ÁREA MANEJO FLORESTAL EFETIVA COM AS INFORMAÇÕES DAS ÁRVORES COM DIÂMETRO A ALTURA DO PEITO IGUAL OU SUPERIOR A 40 CM NA FLONA DO JAMARI, RONDÔNIA



FONTE: ELABORADO PELO AUTOR (2017).

Ao término da aleatorização, com a ferramenta criar feições, definiu-se um polígono com medidas 50 m x 50 m, para utilizar como parcela do inventário. Para alocar a parcela, definiu-se, como padrão, o ponto aleatorizado no vértice inferior esquerdo da parcela.

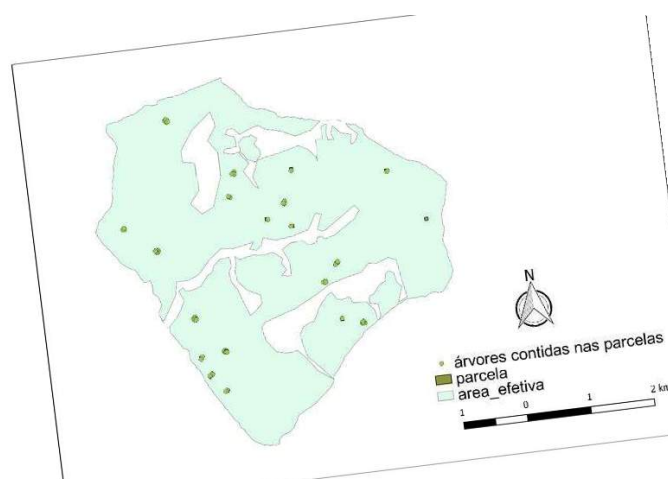
FIGURA 4. DEFINIÇÃO DA ORIENTAÇÃO DO PONTO EM RELAÇÃO AO VÉRTICE DAS PARCELAS UTILIZADO NA ALOCAÇÃO DE PARCELAS EM DIFERENTES INTENSIDADES AMOSTRAIS NA FLONA DO JAMARI, RONDÔNIA



FONTE: ELABORADO PELO AUTOR (2017)

Depois de alocar todas as parcelas para os diferentes níveis de intensidade amostral, a ferramenta de geoprocessamento “interseccionar” foi aplicada com o intuito de gerar um arquivo *shape* a partir da intersecção das árvores da área.

FIGURA 5. INTERCECÇÃO DOS DADOS DAS ÁRVORES COM AS UNIDADES AMOSTRAIS (20 UA) EM UMA DE MANEJO FLORESTAL NA FLONA DO JAMARI, RONDÔNIA



FONTE: ELABORADO PELO AUTOR (2017).

4.4. 2ª FASE DO INVENTÁRIO FLORESTAL

O ajuste da equação foi obtido a partir da cubagem rigorosa, pelo método de Smalian de uma fonte de 5.231 árvores de 33 espécies comerciais. Esses dados foram coletados por meio da cubagem em romaneio de árvores exploradas na Unidade de Produção Anual em 2014 e 2015, na FLONA do Jamari.

O modelo utilizado para o ajuste da regressão volumétrica (v), em função da variável d (cm), está apresentado em (6).

$$y = \beta_1 * X_1 + \beta_2 * X_2 \quad (6)$$

Em que:

y = Volume individual estimado em m^3 ;

β_1 e β_2 = coeficientes provenientes do ajuste da equação;

X_1 = 1; e

X_2 = variável diâmetro em centímetros elevada ao quadrado.

Para a determinação dos coeficientes β_1 e β_2 , foi utilizado o método dos mínimos quadrados ponderados, utilizando como fator de ponderação a variável $\frac{1}{d^2}$.

4.5. COMPOSIÇÃO DA VARIÂNCIA

Com os volumes individuais calculados a partir da equação ajustada, foi realizado o somatório do volume total de cada parcela ($m^3/2500 m^2$), contendo também a informação de indivíduos por parcela ($n/2500 m^2$). Para os cálculos dos erros, foi utilizado a metodologia de Cunia (1986a), explanada no item 3.5, fazendo as devidas adaptações para a variável volume.

As estimativas volumétricas foram compostas da combinação das estatísticas da segunda fase, que consistem nos coeficientes da equação ajustada, com as estatísticas da primeira fase, que consiste no tamanho da parcela e variância entre parcelas para a variável analisada.

A variância da primeira fase do inventário foi calculada com base na seguinte equação:

$$S_{zz}^2 = [b]'[S_{zz}][b] \quad (7)$$

Em que:

S_{zz}^2 = Variância da primeira fase;

S_{zz} = Matriz de covariância da estatística da primeira fase (número de árvores e valores para a variável diâmetro à altura do peito); e

b = Estimativa do vetor $[\beta]$ proveniente da segunda fase do inventário.

Para o cálculo da variância da segunda fase, necessitou-se calcular a matriz de covariância S_{bb} , obtida no momento do ajuste da regressão volumétrica. Com isso, a variância da segunda fase pode ser obtida pela seguinte equação:

$$S_{bb}^2 = [z]'[S_{bb}][z] \quad (8)$$

Em que:

S_{bb}^2 = Variância da segunda fase do inventário;

Z = Matriz das estatísticas da primeira fase (número de árvores e valores para a variável diâmetro à altura do peito); e

S_{bb} = Matriz de covariância dos coeficientes de regressão da segunda fase do inventário.

Obtida as variâncias da primeira e da segunda fase, pode-se calcular a variância total, pela soma de ambas:

$$S_{ww}^2 = [b]'[S_{zz}][b] + [z]'[S_{bb}][z] \quad (9)$$

Em que:

S_{ww}^2 = Variância total;

Z= Matriz das estatísticas da primeira fase (número de árvores e valores para a variável diâmetro a altura do peito);

S_{bb} = Matriz de covariância dos coeficientes de regressão da segunda fase do inventário;

S_{zz} = Matriz de covariância da estatística da primeira fase (número de árvores e valores para a variável diâmetro a altura do peito); e

b= Estimativa do vetor $[\beta]$ proveniente da segunda fase do inventário.

A análise da composição da variância foi calculada para as diferentes unidades amostrais.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. 1ª FASE DO INVENTÁRIO FLORESTAL

Por meio da análise dos valores apresentados na Tabela 1, evidenciou-se que para um intervalo de confiança de 95%, com limite de erro relativo da amostragem de 20%, o número de unidades amostrais utilizadas neste estudo foi suficiente a partir de 80 unidades amostrais, obtendo um valor de 18,48%. O menor valor obtido foi com 200 unidades amostrais, sendo de 11,71%.

TABELA 1. ESTATÍSTICA DESCRITIVA DAS DIFERENTES UNIDADES AMOSTRAIS NA FLONA DO JAMARI, RONDÔNIA

u.a	\bar{v}	s^2	s	sx	cv (%)	i.a	s^2x	S_{xy} (%)	ICI	ICS
20	115,48	6723,81	82,00	18,34	71,00	51,00	336,19	33,23	77,11	276,87
40	83,99	6489,05	80,55	12,74	95,91	90,00	162,23	30,67	58,22	201,76
60	80,39	4448,89	66,70	8,61	82,97	68,00	74,15	21,43	63,16	206,77
80	84,26	4896,83	69,98	7,82	83,05	68,00	61,21	18,48	68,68	220,97
100	83,06	5948,92	77,13	7,71	92,86	85,00	59,49	18,43	67,75	217,49
120	86,63	6109,70	78,16	7,14	90,23	80,00	50,91	16,31	72,50	230,19
140	71,03	4529,07	67,30	5,69	94,75	88,00	32,35	15,83	59,79	189,24
160	85,51	4159,63	64,50	5,10	75,43	57,00	26,00	11,78	75,44	234,50
180	74,75	4812,99	69,38	5,17	92,81	85,00	26,74	13,65	64,55	202,13
200	82,55	4805,74	69,32	4,90	83,98	70,00	24,03	11,71	72,88	226,27

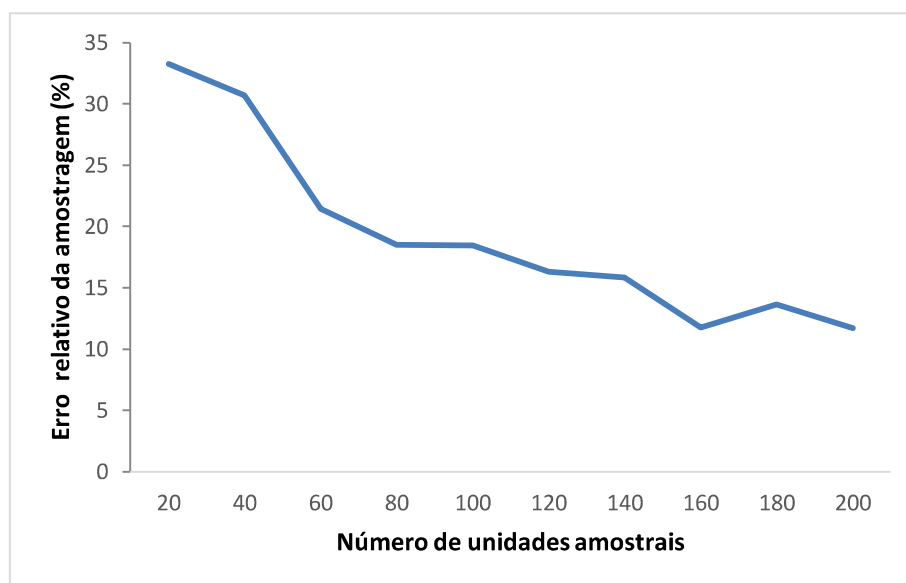
Em que: U.A. = número de unidades amostrais; \bar{v} = volume médio ($m^3 ha^{-1}$), v médio = volume médio por hectare ($m^3 ha^{-1}$), S^2 = variância ($(m^3)^2$), S = desvio padrão (m^3), S_x = erro padrão (m^3), CV = coeficiente de variação ($(m^3)^2$), $i.a$ = intensidade amostral (n^0 . Amostras), S^2x = Variância da média ($(m^3)^2$), S_{xy} = erro de amostragem relativo (%), ICI = intervalo de confiança inferior ($m^3 ha^{-1}$), ICS = intervalo de confiança superior ($m^3 ha^{-1}$)

Foi constatado elevados valores de variância (Tabela 01) e, por consequência, do erro padrão. Tal fato ocorre devido as elevadas diferenças de número de árvores alocadas nas diferentes parcelas, há parcelas que não continham nenhuma árvore acima de 40 cm de DAP, já outras continham um elevado número de árvores. Isso acarretou em um elevado valor para a variância e para o erro padrão.

Na Figura 6 está apresentado o S_{xy} (%) em função das diferentes unidades amostrais, percebe-se que há uma tendência de diminuição do erro com o aumento do número de unidades amostrais. Bonetes (2003) analisando tamanho de parcelas e intensidade amostral para estoque em uma floresta ombrófila mista, relatou que o aumento da intensidade de amostragem resultou na redução dos erros de amostragem para a maioria dos tamanhos das unidades amostrais utilizadas.

Entre 20 e 60 unidades amostrais, houve queda brusca no erro relativo do inventário e, a partir de então, a redução do S_{xy} (%) tornou-se menor, com uma suavização na curva, isso indicou que o esforço de aumento do tamanho amostral não acarretou em significativa elevação da precisão do inventário, ou seja, mesmo alocando mais recursos como mão de obra, tempo e dinheiro para a realização de uma maior quantidade de parcelas, a eficiência do inventário não responderá da mesma maneira.

FIGURA 6. EVOLUÇÃO DO ERRO RELATIVO DA AMOSTRAGEM (%) EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE UNIDADES AMOSTRAIS NA FLONA DO JAMARI, RONDÔNIA



FONTES: ELABORADO PELO AUTOR (2017)

5.2. 2ª FASE DO INVENTÁRIO FLORESTAL

A equação ajustada apresentou um coeficiente de determinação (R^2) de 58,53%, sendo os coeficientes β_1 e β_2 :

$$y = 0,339658 + 0,001062 * DAP^2$$

A matriz de covariância dos coeficientes β_1 e β_2 foi:

$$[S_{bb}] = \begin{bmatrix} 0,007664 & -1,086 * 10^{-6} \\ -1,086 * 10^{-6} & 1,956 * 10^{-10} \end{bmatrix}$$

5.3. COMPOSIÇÃO DA VARIÂNCIA

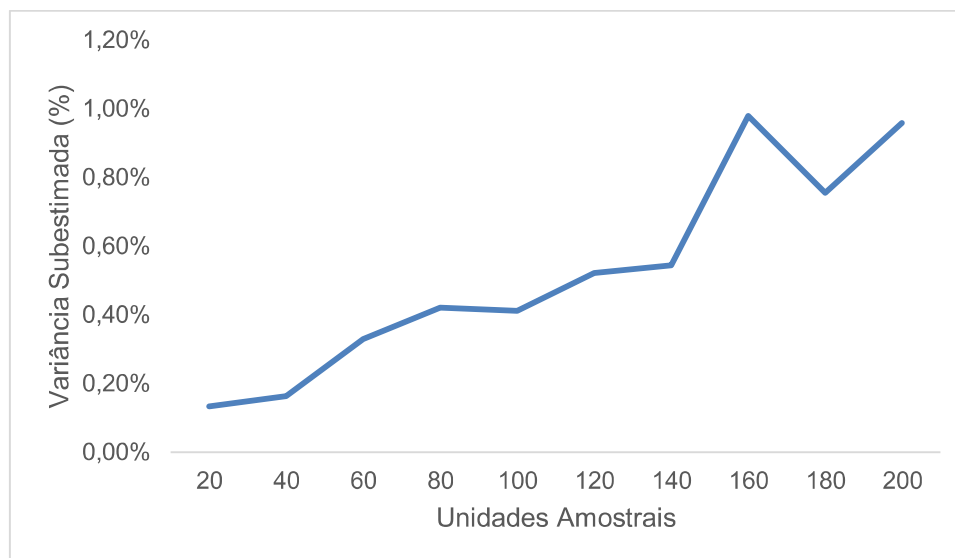
Na Tabela 2 está sumarizada os valores de variância devido as duas fases do Inventário Florestal nas diferentes intensidades amostrais testadas, bem como o percentual que ela representa na variância total.

TABELA 2- COMPONENTES DA ERRO EM DIFERENTES INTENSIDADES AMOSTRAIS NA FLONA DO JAMARI, RONDÔNIA

UA	Variância 1ª fase	Variância 2ª fase	Variância total	Variância 1ª Fase (%)	Variância 2ª Fase (%)
20	354,0	0,475	354,475	99,87%	0,13%
40	166,0	0,271	166,271	99,84%	0,16%
60	75,4	0,249	75,649	99,67%	0,33%
80	62,0	0,262	62,262	99,58%	0,42%
100	60,1	0,248	60,348	99,59%	0,41%
120	51,3	0,269	51,569	99,48%	0,52%
140	32,6	0,179	32,779	99,46%	0,55%
160	26,2	0,259	26,459	99,02%	0,98%
180	26,9	0,205	27,105	99,24%	0,76%
200	24,1	0,234	24,334	99,04%	0,96%

Na Figura 7 está apresentado a variância subestimada em função das diferentes unidades amostrais, percebe-se que há uma tendência de aumento do erro com o aumento do número de unidades amostrais

FIGURA 7- EVOLUÇÃO DA VARIÂNCIA SUBESTIMADA EM DIFERENTES UNIDADES AMOSTRAIS NA FLONA DO JAMARI, RONDÔNIA



FONTE: ELABORADO PELO AUTOR (2017)

Os valores obtidos de composição de variância contrastam com os obtidos por Chave et al. (2004), Djolmo et al. (2011) e Shettles et al. (2015). Esse autores evidenciaram que o erro proporcionado pelo modelo representou de 30% até 56% do total do erro do inventário. Porém, os valores encontrados neste estudo são compatíveis com os resultados publicados por Holdway et al. (2014), que observaram valores próximos a 0,1% do erro.

Tais valores podem ser explicados pela elevada variação de volume existentes entre as parcelas, gerando uma elevada variância entre os dados. Algumas parcelas chegaram a apresentar 12 árvores com DAP superior a 40 cm, enquanto existiram parcelas que não apresentaram nenhuma árvore acima desse porte. Em termos volumétricos a variação foi entre 0 e $97,93 \frac{m^3}{2500m}$. Outro fato que pode ter gerado essa elevada discrepância de valores aos encontrados por Chave et al. (2004), é a abordagem distinta para o objetivo de quantificar a composição do erro.

Por se tratar de uma floresta nativa com diferentes estratos, árvores de diversas idades e, por conseguinte, com grande variação de diâmetros, a redução do erro de dispersão, como apresentado por Ketterings et al. (2001), não se faz necessária a consideração do erro do modelo para a ponderação da equação.

6. CONCLUSÕES

- A intensidade amostral mínima para atender o limite de erro pré-estabelecido de 20%, para a presente amostragem, é de 80 unidades amostrais.
- O erro devido a primeira fase do inventário representa aproximadamente 99% do erro total do inventário.
- O erro devido a segunda fase do inventário é menor que 1%.
- Para determinada área de estudo, não apresentou representatividade na composição do erro total do inventário.

7. RECOMENDAÇÕES

Valendo-se da metodologia de Cunia (1986a), realizada para análise de composição do erro para a variável biomassa, é possível estimar a composição do erro para qualquer variável de interesse.

Para plantios florestais homogêneos a contribuição do erro da segunda fase, conforme apresentado por alguns pesquisadores aqui citados, apresenta um valor significativo.

Utilizando tal metodologia, e analisando todas as fontes de erro de um inventário, permite-se elencar as principais fontes servindo como base para realizar ações preventivas para diminuição do erro total

8. ANÁLISE CRÍTICA DO DESENVOLVIMENTO DO TCC

Durante a elaboração deste trabalho, percebe-se a importância de um bom planejamento do cronograma, estabelecendo objetivos e metas necessárias para alcançar os objetivos. Ao otimizar o tempo, consegue-se uma melhor execução do trabalho, alcançando um melhor resultado.

No setor florestal, por haver muitas áreas de atuação, percebe-se ainda que muitas áreas, mesmo que bem estabelecidas, carecem de estudos em determinados temas, que podem ser de extrema importância, no âmbito acadêmico ou no âmbito empresarial, sendo uma oportunidade ótima para os engenheiros florestais formados, pois pode-se mostrar opções para atender essa lacuna de informação, assim garantindo um maior espaço no mercado.

REFERÊNCIAS

BONETES, L. **Tamanho de parcelas e intensidade amostral para estimar o estoque e índices fitossociológicos em uma Floresta Ombrófila Mista.** Dissertação (mestrado em ciências florestais) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

CHAVE, J.; CONDIT, R.; AGUIAR, S.; HERNANDEZ, A.; LAO, S.; PEREZ, R. Error propagation and scaling for tropical forest biomass estimates. **Philosophical Transactions of the royal society** b, n. 359, p. 409–20, 2004.

CUNIA, T. Error of Forest Inventory Estimates: Its Main Components. Estimating Tree Biomass Regressions and Their Error. Broomall: **USDA, Forest Service, Northeastern Forest Experimental Station.** pp. 1-13, 1986.

CUNIA, T. Some theory on the reliability of volume estimates in a forest inventory sample. **Forest Science**, v. 11, p. 115-128, 1965.

CYSNEIROS, V.C. **Estratégias para Modelagem do Volume Comercial em Florestas Tropicais.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná. 2016.

DJOMO, A.N.; KNOHL, A.; GRAVENHORST, G. Estimations of total ecosystem carbon pools distribution and carbon biomass current annual increment of a moist tropical forest. **Forest Ecology and Management**, 261:1448–59, 2001.

HOLDAWAY, R.J.; MCNEILL, S.J.; MASON, N.W.H.; CARSWELL, F.E. Propagating uncertainty in plot-based estimates of forest carbon stock and carbon stock change. **Ecosystems**, n. 17, p. 627-640, 2014.

KETTERINGS, Q.M.; COE, R.; NOORDWIJK, M.V.; AMBAGAU, Y.; PALM, C.A. Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forests. **Forest Ecology and Management**, n. 146, p. 199-209, 2001.

OLIVEIRA, M. M.; HIGUCHI, N.; CELES, C. H.; HIGUCHI, F. G. Tamanho e forma de parcelas para inventários florestais de espécies arbóreas na Amazônia Central. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 3, p. 645 – 643, 2014.

PELANDA, A.K. **Avaliação dos custos diretos de programas com abordagem gradual para a obtenção da certificação FSC.** Curitiba, 2010. Monografia. Universidade Federal Do Paraná.

PÉLLICO NETTO, S.; BREDA, D.A. **Inventário Florestal.** Curitiba: UFPR, 1997. 316p.

QUEIROZ, W.T. Amostragem em Inventario Florestal. Belém, PA: **Edufra**, 2012.441p

QUEIROZ, W. T.; PÉLLICO NETTO, S.; VALENTE, M. D. R.; PINHEIRO, J. G. Análise estrutural da unidade conglomerada em cruz de malta na Floresta Nacional do Tapajós, Estado do Pará, Brasil. **Floresta**, v. 41, n. 1, p. 9 – 18, 2011.

SANQUETTA, C.R.; CORTE, A.P.D.; RODRIGUES, A.L.; WATZLAWICK, L.F. **Inventários Florestais: Planejamento e Execução**. 3. Ed. Curitiba: Multi-Graphic Gráfica e Editora, 2014. 409p.

SFB - SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Inventário Florestal Nacional**. Disponível em: <<http://www.florestal.gov.br/inventario-florestal-nacional>>. Acessado em: 20/08/2017.

SFB - **SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO**. (2015). Lei 11.184/06 Disponível em: <www.sfb.gov.br>.

SHETTLES, M.; TEMESGEN, H.; GRAY, A.N.; HILKER, T. Comparison of uncertainty in per unit area estimates of aboveground biomass for two selected models sets. **Forest Ecology and Management**, v. 354, p. 18-25, 2015.

UBIALLI, J. A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; MACHADO, S. A.; ARCE, J. E. Comparação de métodos e processos de amostragem para estimar a área basal para grupos de espécies em uma floresta ecotonal da região norte mato-grossense. **Acta Amazonica**, v. 39, n. 2, p. 305 – 314, 2009.

WAYSON, C.A.; JOHNSON, K.D.; COLE, J.A.; OLGUIN, M.I. CARRILLO, O.I.; BIRDSEY, R.A. Estimating uncertainty of allometric biomass equations with incomplete fit error information using a pseudo-data approach: methods. **Annals of Forest Science**, v. 72, p. 825-834, 2015.