



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

JOÃO GUIMARÃES PINHEIRO

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DAS ESTIMATIVAS POR RAZÃO EM INVENTÁRIO
FLORESTAL NA AMAZÔNIA A PARTIR DA AMOSTRAGEM EM
CONGLOMERADOS**

BELÉM-PA

2011



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

JOÃO GUIMARÃES PINHEIRO

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DAS ESTIMATIVAS POR RAZÃO EM
INVENTÁRIO FLORESTAL NA AMAZÔNIA A PARTIR DA AMOSTRAGEM EM
CONGLOMERADOS**

**Dissertação apresentada à Universidade
Federal Rural da Amazônia, como parte
das exigências do Curso de Mestrado em
Ciências Florestais, para obtenção do título
de Mestre. Orientador: Prof. Dr. Fernando
Cristovam da Silva Jardim.**

BELÉM-PA

2011

Pinheiro, João Guimarães

Análise da eficiência das estimativas por razão em inventário florestal na Amazônia a partir da amostragem em conglomerados/ João Guimarães Pinheiro. - Belém, 2011.

50 f.:il.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural da Amazônia, 2011.

1. Inventário florestal - estimativa por Razão 2. Amostragem em conglomerado

CDD – 634.9285



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

JOÃO GUIMARÃES PINHEIRO

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DAS ESTIMATIVAS POR RAZÃO EM
INVENTÁRIO FLORESTAL NA AMAZÔNIA A PARTIR DA AMOSTRAGEM EM
CONGLOMERADOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Ciências Florestais, para obtenção do título de Mestre.

APROVADO em 25 de Março de 2011

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Fernando Cristovam da Silva Jardim
Orientador

Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

Prof. Dr. Edson Marcos Leal Soares Ramos
1º examinador

Universidade Federal do Pará – UFPA

Prof. Dr. Paulo Cerqueira dos Santos
Universidade Federal do Pará – UFPA
2º examinador

Prof. Dr. Maria de Nazaré Martins Maciel
Universidade Federal do Pará – UFPA
3º examinador

AGRADECIMENTOS

A Deus, que em todos os momentos da minha vida me ajudou a vencer os obstáculos, ficam aqui meus agradecimentos;

Aos meus pais, Felisberto Bordalo Pinheiro e Marly Carmona Guimarães (*in memoriam*), principalmente à minha mãe, que me criou e mostrou os caminhos corretos da vida, sem seus ensinamentos minha mãe, eu não estaria aqui próximo de obter mais uma conquista;

À minha irmã Edilene e aos meus sobrinhos queridos Rafael e Beatriz pelo apoio, amizade e por acreditarem sempre em mim;

A empresa CIKEL BRASIL VERDE MADEIRA LTDA, por ter disponibilizado os dados para a execução do presente trabalho e pelo apoio no sentido de facilitar a compreensão dos dados. Agradeço, especialmente, à Eng. Florestal Sandra Deuzuite Balieiro da Silva e a Téc. em Geoprocessamento Eliane Assunção Ribeiro e ao Eng. Florestal Josué Evandro Ribeiro Ferreira, que de forma incondicional se colocaram à disposição para contribuir com o sucesso deste trabalho;

Ao CNPQ - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela concessão de bolsa de estudo.

Ao meu amigo Mário Diego, pela sua valorosa contribuição na elaboração do presente trabalho;

Ao professor Paulo Contente, pela sua competência, contribuição e atenção a mim e ao meu trabalho e demais professores da Universidade Federal Rural da Amazônia, com os quais tive o imenso prazer de conviver por este período e aprender não só o conteúdo do mestrado, mas também, entender que profissionalismo e ética são fundamentais na longa caminhada da vida;

Ao professor Waldenei Travassos de Queiroz meus agradecimentos especiais, pela sua dedicação, paciência, por acreditar em mim e contribuir positivamente para essa conquista.

SUMÁRIO

	RESUMO	9
	ABSTRACT	10
1	CONTEXTUALIZAÇÃO	11
2	HIPÓTESE	14
2.1	OBJETIVOS	14
2.1.1	Objetivo Geral	14
2.1.2	Objetivos Específicos	14
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1	TÉCNICAS DE AMOSTRAGEM	15
3.1.1	Amostragem Simples ao Acaso (ASA)	15
3.1.2	Amostragem Estratificada	17
3.1.3	Amostragem em Conglomerados	18
3.1.4	Amostragem em conglomerado por razão em inventários florestais	21
4	MATERIAL E MÉTODOS	23
4.1	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	23
4.2	RELEVO E HIDROGRAFIA REGIONAL	24
4.3	CLIMA	24
4.4	GEOLOGIA	25
4.5	SOLOS	25
4.6	DOMÍNIOS DE ECOSISTEMAS REGIONAL	26
4.7	INVENTÁRIO FLORESTAL 100%	27
4.7.1	Espacialização das árvores do inventário	27
4.7.2	Equação Utilizada no Cálculo dos Volumes das Árvores	28
4.7.3	Processamento dos Dados	28
4.8	CORRELAÇÃO LINEAR DE PEARSON	32
4.9	COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO INTRACONGLOMERADO	33
4.10	ESTIMATIVAS	33
4.10.1	Variância da média da amostra em conglomerados a partir da soma das oito subparcelas	34
4.10.2	Variância da média da amostra em conglomerados por razão a partir da soma das oito subparcelas	34
4.10.3	Variância da média da amostra em conglomerados a partir da subparcela	35
4.10.4	Variância da média da amostra em conglomerados por razão a partir da subparcela	35
4.10.5	Limite de Erro	36
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
5.1	VOLUME TOTAL POR SUBPARCELA	37
5.2	VOLUME TOTAL POR CONGLOMERADO	39
5.3	COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO LINEAR DE PEARSON	41
5.4	COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO INTRACONGLOMERADO	42
5.5	CONGLOMERADO (soma 8 subparcelas)	42
5.6	CONGLOMERADO (Soma 8 subparcelas/Razão)	43
5.7	CONGLOMERADO A PARTIR DA SUBPARCELA	43
5.8	ONGLOMERADO A PARTIR DA SUBPARCELA/RAZÃO	44
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	46
	REFERÊNCIAS	47

TABELAS

Tabela 1 – Estatísticas Descritivas do Volume Total (VT) por Subparcela, referente aos dados do inventário realizado na Fazenda Martins, município de Portel em 2009.....	38
Tabela 2 - Estatísticas Descritivas do Volume Total (VT) por Conglomerado, referente aos dados do inventário realizado na Fazenda Martins, município de Portel em 2009.	39
Tabela 3 – Limites de erro (%) das estimativas, referente aos dados do inventário realizado na Fazenda Martins, município de Portel em 2009.	45

FIGURAS

Figura 1 - Formas Estruturais de Conglomerados aplicados em diversos inventários florestais.	Erro! Indicador não definido.
Figura 2 - Localização da área de estudo e área amostrada.....	23
Figura 3 - Unidade de produção anual 08 na fazenda Martins – Portel com 1400 ha.Unidade de produção anual 08 na fazenda Martins – Portel com 1400 ha.	29
Figura 4 - Instalações das unidades secundárias a partir de amostra sistemática.Instalações das unidades secundárias a partir de amostra sistemática.	29
Figura 5 - Espacialização das árvores dentro do Cluster.....	Erro! Indicador não definido.
Figura 6 - Unidade secundária (Subparcela) Ampliada.....	31
Figura 7 - Box Plot do Volume Total por Subparcela referente aos dados do inventário realizado na Fazenda Martins, município de Portel em 2009.....	38
Figura 8 - Box Plot do Volume Total por Conglomerado referente aos dados do inventário realizado na Fazenda Martins, município de Portel em 2009....	Erro! Indicador não definido.
Figura 9 - Volume Total e Número Médio de Árvores da amostra de conglomerados referente aos dados do inventário realizado na Fazenda Martins, município de Portel em 2009.....	41

RESUMO: Realizou-se a aplicação da Amostragem em Conglomerados em dados referentes a um Inventário Florestal de uma área de 1400 ha, realizado na fazenda Martins, município de Portel, sob responsabilidade da empresa Cikel, tendo como variável resposta o Volume Total (VT) de madeira. Os dados foram obtidos a partir de um inventário a 100,0%, onde todos os indivíduos com $DAP \geq 30$ cm tiveram suas características mensuradas, foi criado um banco de dados que serviu de suporte para a criação de mapa georreferenciado, de onde por meio de apoio computacional foram instalados os conglomerados e a subparcelas, com o objetivo de retirar uma amostra de 30 conglomerados em meio a uma população de 56; os quais selecionados de forma aleatória para então se calcular as estimativas necessárias para os objetivos do presente trabalho. Compararam-se duas estimativas a partir da Amostragem por Conglomerados, cada uma delas com e sem o uso do estimador Razão, a primeira considerando como unidade de observação o Conglomerado, ou seja, correspondente à soma das oito subparcelas, com e sem o uso do estimador Razão, a segunda considerando como unidade de observação a subparcela, com e sem o uso do estimador Razão. O objetivo foi verificar qual metodologia produz resultados mais precisos no sentido de estimar o volume total de madeira na área. Tanto no primeiro como no segundo caso, o estimador Razão foi mais eficiente em 120,71% e 82,70% respectivamente, comprovando que a estimativa por Razão cuja variável auxiliar é o número de árvores, produz resultados mais eficientes.

Palavras-chave: Inventário Florestal, Estimativa por Razão, Amostragem em Conglomerados

ABSTRACT: This work analyzes the estimates' efficiency of the Total Volume of data regarding an inventory of 100.0%, from a forest with an area of 1400 ha at Fazenda Martins, municipality of Portel PA. All individuals with $DAP \geq 30$ cm had their characteristics measured, and a database was created to be served as support to the creation of a geo-reference map, from where through computer support were installed the clusters and the subplots, aiming to get a sample of 30 clusters among a population of 56; who were selected with no choice to be calculated the necessary estimative to the aims of this work. Methods were made with and without the use of the Ratio estimator (using the auxiliary variable number of trees) from cluster sampling, considering as sample unit: the subplot and the cluster as only one plot (sum of cluster's subplots). It is calculated four estimates, divided into two groups: one with cluster as single plot (sum of cluster's subplots) and another with the subplots. It was made the estimate in each group from the procedure without considering the Ratio Estimator and other considering the Ration estimator to be able to compare them. The Ration estimator presents better results when compared to the procedure without auxiliary variable, therefore, being considered more efficient.

Key-words: Ration Estimation, Cluster Sampling and Forest Inventory.

1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A Amazônia é o maior conjunto de florestas tropicais do planeta, abrigando uma diversidade indescritível de flora e fauna. Estende-se por nove países da América do Sul, dos quais o Brasil fica com 60% do total. O futuro da Amazônia é questão de constantes debates a nível nacional e internacional.

Assegurar o desenvolvimento da região e ao mesmo tempo garantir a conservação de seu imenso patrimônio natural é o caminho sustentável que muitos ativistas ambientais procuram seguir. Os altíssimos índices de depreciação e devastação da floresta, atualmente observados, são agravados pela ação de indivíduos que se beneficiam dos ganhos provenientes da exploração desordenada, o que acelera ainda mais a degradação.

Nas últimas décadas, a Amazônia vem passando por transformações decorrentes, entre outros fatores, do desmatamento, do crescimento urbano, da mineração, represas e uma exploração generalizada de seus recursos naturais. A busca desenfreada pelo lucro imediato levou madeireiras e agropecuários a explorarem a floresta de maneira insustentável e ilegal, sem se preocuparem com as possíveis consequências futuras (REZEK, 2005).

O avanço das fronteiras agrícolas e o descontrole da política ambiental causaram, até o ano de 2004, a perda de cerca de 15% da cobertura original da floresta amazônica brasileira (SERRA; FERNÁNDEZ, 2004). Entre os anos de 2003 e 2004, o Ministério do Meio Ambiente anunciou a segunda maior taxa de desmatamento da história desta floresta brasileira: foram desmatadas 26.140 km², uma área equivalente a dezessete vezes o tamanho da cidade de São Paulo (MMA, 2006).

De acordo com Coutinho (2001), em cinquenta anos a Floresta Amazônica estará devastada, caso o ritmo atual de destruição não seja freado, mas é necessário levar em conta que mais de quatorze milhões de pessoas moram na região e que imensas riquezas estão guardadas lá e não se deve tentar colocar a Amazônia num patamar de intocabilidade, uma vez que seria um absurdo para um país pobre como o Brasil se dar ao luxo de desprezar esse imenso potencial, mas o aproveitamento racional desses recursos além de ser factível é fundamental, uma vez que o planeta clama por sustentabilidade, e o manejo florestal entra

como uma saída para este problema, uma vez que atende aos dois lados, a retirada das riquezas e a continuidade da floresta.

O manejo florestal sustentável (MFS), segundo a FAO (Food and Agriculture Organization), engloba o "manejo e conservação da base dos recursos naturais e a orientação tecnológica, que proporcionam a realização e a satisfação contínua das necessidades humanas para a atual e futuras gerações." As operações delineadas para atenderem os requisitos de sustentabilidade podem, simultaneamente, reduzir custos em função de um planejamento melhorado e controle técnico (HIGUCHI, 2000).

O manejo florestal adequado garante a continuidade da produção, uma rentabilidade satisfatória, reduz o desperdício de madeira, permite maior segurança no trabalho, respeita as leis, dá oportunidade de adquirir o "selo verde" com conseqüente valorização da produção, garante a conservação florestal e presta um grande serviço ambiental ao planeta (AMARAL et al., 1998).

Assim, tendo a Amazônia brasileira um potencial econômico fundamentalmente baseado na riqueza da sua base de recursos naturais. Um grande dilema coloca-se, então, para o governo que não pode deixar de tirar proveito desse potencial sem, por outro lado, conhecê-lo plenamente (MARGULIS, 2003).

Uma saída para contornar esse problema, seria um esforço brasileiro para a realização de um Inventário Florestal Nacional (IFN) tendo como exemplo muitos países como a Suécia, Finlândia, Suíça, Holanda, Espanha, Estados Unidos e México. O Brasil possuidor da maior floresta natural sabe o tamanho, mas não conhece a fundo seu conteúdo, carecendo de informações que sirvam de suporte na tomada de decisões relativas ao seu manejo e exploração.

O Serviço Florestal Brasileiro (SFB) é o coordenador do Inventário Florestal Nacional (IFN) e tem como objetivo o levantamento periódico de informações sobre a área e as condições da cobertura florestal brasileira, tanto nativa quanto plantada. Os resultados subsidiarão o Estado e a Sociedade para o desenvolvimento e avaliação das políticas públicas e projetar o uso e conservação de florestas. A metodologia do IFN foi desenvolvida a partir de um processo participativo, atingindo uma padronização nacional, com possibilidade de adequações às peculiaridades dos biomas brasileiros.

Neste sentido, no momento em que o planeta clama por soluções que corroborem para mitigar os danos ambientais oriundos do desmatamento e da exploração florestal predatória, fazer o seu Inventário Florestal Nacional é mais do que necessário, é primordial.

De acordo Galdino (2007), a forte pressão internacional no sentido de se fazer uso racional dos recursos naturais em especial à madeira é intensa, as nações unidas demonstram preocupação quando é feito anúncio de aumento da exploração na Amazônia. Dado o exposto, a aplicação de técnicas adequadas de manejo dos recursos naturais, baseada em princípios técnicos e científicos que permitam maximizar os processos exploratórios e conciliar essas atividades com o desenvolvimento econômico e social das regiões detentoras de tais recursos, é fundamental para garantir às futuras gerações o uso dos bens ambientais, diante desse pressuposto, estão sendo elaborados estudos para determinar técnicas de amostragem mais adequadas com a finalidade de se obter resultados mais eficientes que corroborem o equilíbrio entre a exploração de recursos naturais e a sustentabilidade.

Para Husch (1971), a amostragem em inventários florestais pode produzir resultados mais confiáveis que uma contagem total dos indivíduos da floresta, esta afirmação se sustenta no fato de ao se medir apenas parte da floresta (amostra), um maior esmero é dado às mensurações, pois as mesmas se dão em menor número, tornando o trabalho menos cansativo e mais fácil de ser supervisionado. O resultado é uma provável diminuição dos erros não amostrais.

Entretanto, fazer um Inventário com os objetivos e a abrangência de um IFN em um país com as dimensões e peculiaridades do Brasil é uma tarefa difícil, demorada e requer uma grande quantidade de recursos financeiros e humanos para sua execução. Estudar uma forma mais eficiente de calcular estimativas de volume de madeira é de suma importância para o Brasil não continuar alheio ao potencial dos seus recursos florestais. A partir desta perspectiva, o presente trabalho busca ampliar os conhecimentos a respeito dos processos de amostragem aplicados a inventários florestais na Amazônia.

Neste contexto este trabalho visa analisar a eficiência das estimativas em inventários florestais na Amazônia a partir da utilização da amostragem em conglomerados por Razão.

2 HIPÓTESE

A hipótese básica desta dissertação é que a eficiência das estimativas em inventários florestais na Amazônia é mais precisa na Amostragem em Conglomerados por Razão é utilizada, quando comparada às técnicas comumente utilizadas na região.

2.1 OBJETIVOS

2.1.1 Objetivo Geral

Avaliar a eficiência da estimativa por Razão em Inventários Florestais na Amazônia a partir da utilização da amostragem em conglomerados.

2.1.2 Objetivos Específicos

- i) Efetuar uma Análise por Conglomerado considerando como observação a soma das oito subparcelas;
- ii) Efetuar uma Análise por Razão em Conglomerado considerando como observação a soma das oito subparcelas e como variável auxiliar o número de árvores;
- iii) Efetuar uma Análise por Conglomerado considerando como observação a subparcela;
- iv) Efetuar uma Análise por Razão em Conglomerado a partir da subparcela considerando como variável auxiliar o número de árvores.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 TÉCNICAS DE AMOSTRAGEM

De acordo com Gonzaga (2005), os produtos florestais têm amplas utilizações nas mais diversas finalidades, conforme a necessidade e imaginação humanas, sendo indispensáveis para o bem estar do ser humano. Nesse contexto, surge um desafio: o de explorar os recursos florestais sem devastar, fazendo uso racional da floresta de forma a mantê-la produzindo ao longo do tempo. A forma de se obter esse resultado é empregar o manejo florestal, cuja condição *sinequanon* para tal, é a realização do inventário florestal, onde a amostragem é uma ferramenta indispensável para sua execução.

Existem inúmeras técnicas de amostragem na área florestal, cada uma adequada à determinada finalidade, como por exemplo Amostragem Aleatória Simples (AAS), Amostragem Estratificada (AE), Amostragem em Conglomerados (AC), cabendo salientar algumas vantagens e/ou desvantagens, conforme descrito a seguir.

3.1.1 Amostragem Simples ao Acaso (ASA)

O extinto Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF) realizou um Inventário Florestal a nível nacional nas décadas de 70 e 80, o qual teve como foco principal os recursos madeireiros, porém o mesmo não foi satisfatório, pois não abrangeu todos os interesses de estudos possíveis. Atualmente, o governo federal, por meio do Plano Nacional de Florestas (PNF), do Ministério do Meio Ambiente (MMA), tem a tarefa de executar um novo inventário nacional agora não mais parcial nem restritivo, mas amplo e irrestrito, que possa ter resultados a quantificação e qualificação do patrimônio florestal brasileiro.

De acordo com Rollet e Queiróz (1978), os dois maiores inventários florestais realizados na Amazônia Brasileira foram os inventários da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação - FAO (1956 a 1961) e os inventários do Projeto RADAMBRASIL (1968 a 1977). O programa FAO foi dedicado principalmente ao estudo de uma região localizada ao sul do rio Amazonas, situada entre os rios Madeira e Capim, compreendendo uma faixa de 150 km de largura por 1500 km de comprimento, no sentido

oeste-leste, onde foram estudadas 1388 unidades amostrais de 01 ha. O projeto RADAMBRASIL abrangeu a bacia amazônica brasileira em sua totalidade com mais de 2000 ha de amostra levantados.

A classificação dos Inventários Florestais é dada em função dos objetivos almejados, da sua abrangência, da forma como os dados podem ser obtidos, da maneira como a população é abordada no tempo e do grau de detalhamento dos resultados esperados. É necessária atenção quanto à representatividade dos dados coletados para não comprometer sua validade estatística e cautela no momento de decidir o método de coleta, pois existem técnicas que não utilizam amostragem, podendo dar margem a críticas e contestações (PÉLLICO; BRENA, 1997).

De acordo com Scolforo (1993), nem sempre é possível enumerar completamente todos os indivíduos de uma população florestal, os levantamentos são feitos levando em conta a Teoria Estatística da Amostragem, por meio da qual se obtém estimativas da população baseado em amostras. Assim, a amostragem por conglomerados é recomendada como uma forma de contribuição para a eficiência dos inventários florestais, pois nas florestas existem recursos que vão muito além da madeira, cabendo um estudo minucioso de sua composição.

Amostragem Aleatória Simples é baseada na seleção probabilística das amostras, a partir da qual cada indivíduo tem a mesma chance de participar da amostra. Soares (2006) cita que as unidades de amostra podem ser selecionadas com ou sem reposição. Em um inventário florestal, a amostra por acaso pode produzir uma estimativa não tendenciosa da média populacional, fornecendo informações necessárias para avaliação do erro de amostragem, porém apresenta algumas desvantagens, tais como:

- i) É necessário um sistema de seleção casual das unidades amostrais. Em relação às florestas grandes, isso pode vir a ser dispendioso;
- ii) Pode haver dificuldade de locomoção em campo devido a posicionamentos dispersos, unidades amostrais selecionadas em áreas extensas e de difícil acesso;
- iii) O tempo utilizado para o deslocamento entre as unidades amostrais torna a amostragem dispendiosa e em certos casos corrobora com a improdutividade;

iv) É possível haver a probabilidade de uma distribuição desuniforme das unidades amostrais, resultando numa amostragem irregular e possivelmente não representativa da população.

3.1.2 Amostragem Estratificada

A Amostragem Estratificada é adequada quando a área de interesse for não homogênea, pois é possível haver povoamentos com diferentes idades, espécies, espaçamentos, topografias e outras fontes de variação, neste caso a amostragem estratificada será mais eficiente que a amostragem simples ao acaso (SHIVER; BORDERS, 1996).

A Amostragem Estratificada consiste em dividir a população em sub-populações no que se refere à homogeneidade das características de interesse, denominadas de *estrato*, por meio do qual se realiza a distribuição das unidades amostrais de forma aleatória (casual).

Quanto aos inventários florestais, a amostragem estratificada se tornará mais eficiente se a variabilidade dentro de cada estrato for menor que aquela, considerando-se a população.

A Amostragem estratificada apresenta algumas vantagens em relação à amostra aleatória simples, tais como:

- i) É possível se obter estimativas por estrato e para a população;
- ii) Com um mesmo tamanho de amostra, a amostragem estratificada apresenta estimativas mais precisas (com menor erro de amostragem);
- iii) É necessário um menor tamanho de amostra para uma mesma precisão quando comparada à amostragem aleatória simples, resultando num menor custo com a coleta dos dados.

A Amostragem Estratificada apresenta algumas desvantagens, tais como:

- i) A unidade amostral deve pertencer a um único estrato, existem situações onde os estratos são bem definidos como em plantios, por exemplo, mas em florestas naturais isso pode não ser tão fácil assim;
- ii) É necessário conhecer a área do estrato, acontece algumas vezes de ser muito difícil se conhecer a área total da floresta, ainda mais a área do estrato.

3.1.3 Amostragem em Conglomerados

Segundo Queiroz (1998), a amostragem em conglomerados foi criada em função da redução do tempo de trabalho. Sua aplicabilidade abriu a possibilidade de contribuir na redução dos custos do inventário, onde as unidades amostrais distribuídas de forma aleatória podem ficar no formato de um grupo, principalmente se a população for de difícil acesso e se para chegar ao ponto amostral exige-se um tempo maior. Essa é uma vantagem, principalmente no momento histórico atual, quando cada vez mais se deseja fazer uso racional dos recursos florestais, visando o aproveitamento máximo com o menor impacto possível, daí a importância de se trabalhar com amostras.

Trata-se de uma variação da amostragem em dois estágios, o segundo estágio é colocado de forma sistemática dentro do primeiro, reduzindo o custo de amostragem e locomoção uma vez que as unidades secundárias (segundo estágio) ficam próximas uma das outras. Este processo de amostragem foi bastante estudado na década de 70 do século XX pelo professor e pesquisador da Universidade Federal do Paraná Sylvio Péllico, mostrando que a técnica apresenta resultados excelentes em inventários florestais na Amazônia.

Para Queiroz (1998), a amostragem por conglomerados ou grupos é uma variação de qualquer processo de amostragem, pois em vez de utilizar unidades de amostra individuais, se utiliza um grupo ou conglomerado de pequenas subunidades.

A amostragem por conglomerado pode ser classificada em:

- a) Estágio único → É quando são levantadas todas as subunidades ou unidades secundárias;

b) Dois estágios → É aplicada quando há necessidade de fazer subamostragem para seleção das subunidades a serem enumeradas.

A amostragem por conglomerados pode evoluir para mais estágios, de acordo com os objetivos do trabalho.

Como a amostragem por conglomerados em dois estágios é apropriada em inventários amostrais nos trópicos, será feito seu uso no presente trabalho.

Quando os conglomerados são selecionados de forma aleatória na floresta, é possível definir que a amostragem consista em reunir em grupos as subunidades de amostra, procedimento que em uma amostra inteiramente aleatória se dispersaria na floresta. Dessa forma, as subunidades restringem-se a uma área específica denominada subpopulação. Esse procedimento torna o trabalho de campo mais flexível, sem deixar de permitir a determinação da estimativa do erro de amostragem para o inventário florestal.

Assim sendo, Queiroz (1998) apresenta algumas vantagens da utilização da Amostragem por Conglomerados, são elas:

a) Oferece melhor controle no trabalho de campo, uma vez que as unidades subunidades dos conglomerados são menores;

b) É percebida uma maior quantidade de variabilidade da variável resposta em questão, pois o conglomerado é formado por uma série de subunidades, as quais explicam a variabilidade dentro dos conglomerados;

c) Em florestas tropicais, onde o acesso é difícil, a aplicação da amostragem por conglomerados é vantajosa, principalmente quando apresenta uma forma estrutural para ser completamente enumerada no expediente de um dia de trabalho.

Queiroz (1998), afirma que a amostragem por conglomerado apresenta mais uma importante vantagem, que é a sensível redução dos custos, haja vista ser mais dispendioso efetuar a medição de unidades amostrais distribuídas esparsamente na floresta, que medir o equivalente quando as unidades estão resumidas em subpopulações. Por outro lado, em inventários florestais nos trópicos, quando as subunidades do conglomerado são definidas sistematicamente e dimensionadas de forma tal que um conglomerado seja enumerado em um dia de trabalho, o custo da inventariação será reduzido sensivelmente, entretanto, o cálculo do erro de amostragem sofre uma pequena tendência, pois, apesar dos conglomerados serem sorteados inteiramente ao acaso, tem-se que as subunidades são tomadas sistematicamente.

A forma estrutural de conglomerados tem sido alvo de diversos estudos, podendo-se encontrar na literatura as seguintes estruturas:

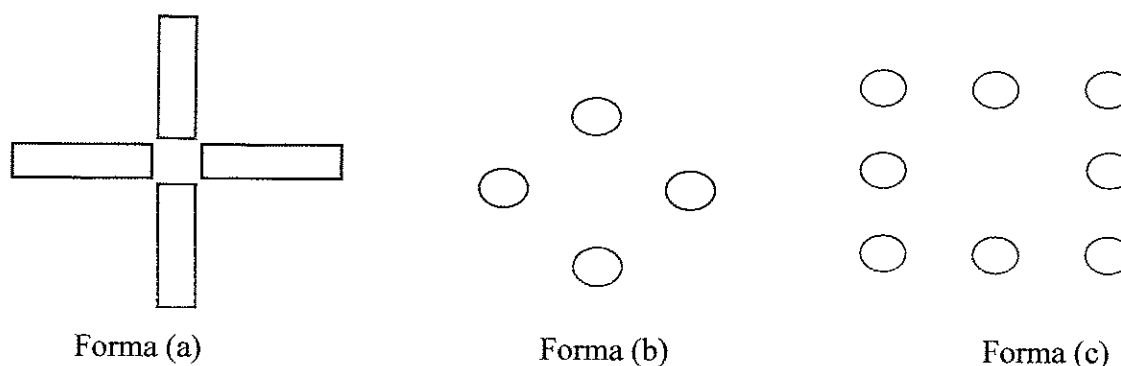


Figura 1- Formas Estruturais de Conglomerados aplicados em diversos inventários florestais.

Queiroz (1977) estuda de forma detalhada a estrutura cruzada com subunidades retangulares (Forma a), chegando às seguintes conclusões:

- a) A área considerada ideal para a subunidade fica em torno de 0,32 ha;
- b) À medida que é aumentada a distância entre as subunidades e o ponto central, o coeficiente de correlação decresce de forma que a variação entre as subunidades dentro dos conglomerados atinja o seu limite inferior. Essa situação faz com que o número de subunidades que foi corretamente dimensionado, atinja o seu valor mínimo ideal, evidentemente, na medição de um número de conglomerados o menor possível.

Péllico Netto (1971) efetuou um inventário florestal na região do Alto Turi no município de Santa Helena, estado do Maranhão, em uma área de 160.980 ha, a unidade amostral conglomerada possuía forma de Cruz de Malta com área de 0,25 ha (10 x 250 m). A distância de cada subparcela em relação ao ponto central foi de 10 metros.

Flores (2010) realizou um estudo na área de manejo florestal sustentável que mede 1400 ha, pertencente à empresa madeireira Cikel Brasil Verde Madeiras Ltda., localizada em região de floresta ombrófila densa, no alto Pacajá, município de Portel, Estado do Pará, utilizou a forma estrutural conglomerada cruzada com oito subparcelas com o objetivo de pesquisar cinco tamanhos diferentes de subparcela, pelo Método da Curvatura Máxima, com o objetivo de definir o tamanho ideal.

Para realização do estudo do tamanho ótimo e distância ao centro do conglomerado foram utilizadas as variáveis respostas: VT: Volume Total de madeira com casca para árvores com $DAP \geq 30$ cm. Considerando as 77 espécies encontradas na área de manejo da Cikel Brasil Verde Madeiras Ltda.

O tamanho escolhido, considerado ideal está localizado próximo à região de máxima curvatura que foi de 0,10 ha, uma vez definido o tamanho da subparcela, foi analisada a

distância ideal ao ponto central para as cinco distâncias diferentes, tendo como resultado mais eficiente a distância de 50 metros

3.1.4 Amostragem em conglomerado por razão em inventários florestais

De acordo com Soares (2006) é possível se fazer uso do estimador de razão, o qual é aplicado quando a variável em estudo no inventário é de difícil obtenção, tornando necessário o uso de uma variável auxiliar, esta sendo de fácil obtenção, cujo valor total na população possa ser conhecido de forma a se estimar a variável de interesse.

Para Cochran (1977) em pequenas amostras, a distribuição de $\hat{R}$ (Razão) é assimétrica sendo uma estimativa tendenciosa de R , porém, quando se trata de amostras de tamanho ≥ 30 ; a distribuição de $\hat{R}$ tende para uma distribuição normal, tornando a tendência estatística praticamente desprezível.

Trata-se de uma variação da Amostragem em Conglomerados em dois estágios, onde o princípio é o mesmo da amostragem Simples ao Acaso por Razão, onde é levado em conta o número de árvores dentro dos conglomerados.

De acordo com Queiroz (1998), é comum acontecer em levantamentos por amostragem surgir à necessidade de se obter estimativas da relação entre duas variáveis aleatórias: X e Y , sendo estas correlacionadas em cada unidade da amostra. É possível obter estimativas da variável Y associada à variável X . O objetivo de se obter a estimativa por razão é obter as seguintes informações:

- a) Obter a estimativa da razão ($\hat{R}$) entre as variáveis Y e X ;
- b) Obter a estimativa da média $\bar{Y}_R$ por meio da variável auxiliar X ;
- c) Obter a estimativa do total Y_R por meio da variável auxiliar X .

O objetivo mais relevante para o uso da estimativa por razão se dá no momento em que se quer obter maior precisão das estimativas, fazendo uso da correlação existente entre X e Y , principalmente quando os valores de X e Y não sofrem grandes variações entre as

unidades amostrais, da mesma forma quando o tamanho da amostra é igual ou superior a 30 unidades.

Após ter realizado as considerações teóricas sobre o tema, no capítulo a seguir são apresentadas às informações sobre a caracterização da área de estudo, atinentes à localização, ao relevo e hidrografia, clima, geologia, solos e domínios de ecossistemas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área amostrada é denominada Unidade de Produção Anual 08 (UPA 08), destacada em amarelo na Figura 2, cuja área possui 1400 ha, com ocorrência de 77 espécies florestais, com 28834 indivíduos ($DAP \geq 30\text{cm}$), localizada na fazenda Martins, pertencente ao grupo Martins Agropecuária S/A, sendo arrendada para fins de exploração florestal sustentável pela empresa Cikel Brasil Verde Madeira Ltda, no Município de Portel, Estado do Pará, entre as Latitudes $2^{\circ}44'45''\text{S}$ e $3^{\circ}12'34''\text{S}$ entre as Longitudes $49^{\circ}49'50''\text{W}$ e $50^{\circ}18'19''\text{W}$ (FERREIRA; SILVA; LAGES, 2009).

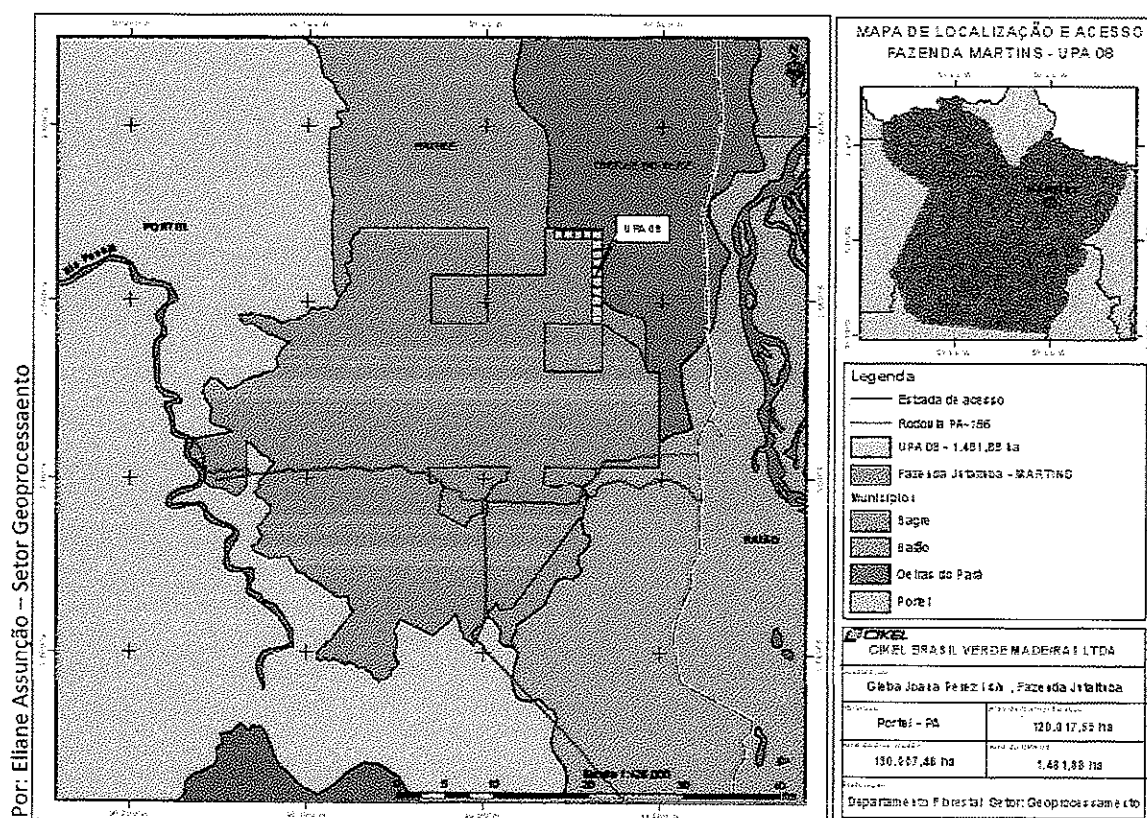


Figura 2 - Localização da área de estudo e área amostrada.
Fonte: Cikel Brasil Verde Madeiras Ltda.

4.2 RELEVO E HIDROGRAFIA REGIONAL

De acordo com a descrição do projeto RADAM (1974) a área de manejo está localizada na região classificada como planalto rebaixado da Amazônia (Baixo Amazonas) numa região de baixos platôs, com vegetação de emergentes (Folha SA 22 - Belém). O planalto rebaixado da Amazônia é a extensa superfície do Pediplano Pleistocênico que limita as margens do rio com a planície amazônica; ao sul com a depressão periférica do Sul e ao norte com o Planalto da bacia sedimentar do Amazonas.

Segundo Ferreira, Silva e Lages (2009), o município apresenta uma rica hidrografia, com a ocorrência de inúmeras cachoeiras que dificultam a navegação em vários pontos. Quanto ao aproveitamento econômico dos rios regionais, o maior destaque é o rio Pacajá que banha a cidade de Portel; ele é navegável, no município, em toda sua extensão e durante o ano inteiro. Na área de estudo existem os rios Pacajá, Moconha, Castanha, Arraia, Jacundá, além de muitos outros pequenos igarapés e grotões.

A principal forma de acesso à região é pelo rio Pacajá que liga à área a sede do Município de Portel. Outra via de acesso é a estrada que liga a fazenda à cidade de Tucuruí pela rodovia Transcimetá, à altura do Km 50 ou Ramal do 50 (FERREIRA; SILVA; LAGES, 2009).

4.3 CLIMA

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é tropical úmido (Amw), caracterizado por apresentar chuvas do tipo monção, isto é, quando apesar de oferecer uma estação seca de pequena duração, possui umidade suficiente para alimentar a floresta tropical. Mantém elevados índices pluviométricos (cerca de 2.400 mm de chuva), alta temperatura média do ar (26°C), e umidade relativa superior a 85% (RADAM, 1974).

Para IBGE (1990), as chuvas apesar de regulares, não se distribuem igualmente durante o ano, sendo caracterizado com uma divisão nítida em um período com chuvas abundantes de janeiro a julho, e outro, com baixas precipitações, de agosto a dezembro. Ainda, segundo IBGE (1990), a região apresenta pequenos déficits hídricos com valores

situados entre 111 mm e o período tem de três a cinco meses secos, sendo caracterizado entre setembro e dezembro, na região que compreende Breves, Porto de Moz e Cametá.

4.4 GEOLOGIA

Conforme SUDAM (1974), a região ao Norte é de origem do período Quaternário, com sedimentos de areia e argila formadas pelos rios, ou às vezes pelo mar. Ao Sul é Terciário, com sedimentos principalmente de argila, com areia e camadas de pedras de areia.

Segundo IBGE (1990), as rochas da cobertura sedimentar mesozóica constituem a formação Alter do Chão de idade cretácea e que representa a unidade de mapeamento de maior distribuição na área do planalto da bacia sedimentar do Amazonas. Esta formação sustenta os relevos do planalto rebaixado da Amazônia na qual a área do plano está inserida.

4.5 SOLOS

De acordo com EMBRAPA (1999), o solo predominante da região é o Latossolo Amarelo Distrófico, textura argilosa e o Latossolo Amarelo Distrófico Concrecionário, textura argilosa. Nas áreas de campos naturais ocorre o Espodossolo Cárbicos Hidromórficos e o Espodossolo Ferrocárbico. Nas áreas de várzea são encontrados Neossolos Quartzarênico (areia quartzozas).

Os Latossolos são encontrados na terra firme. O Latossolo Amarelo Distrófico é encontrado nos platôs e Latossolo Amarelo Distrófico Concrecionário é encontrado nas bordas dos platôs próximos aos canais de drenagem, compreendem solos constituídos por material mineral, com horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer um dos tipos de horizontes diagnóstico superficial, exceto o H hístico. São solos em avançado estágio de intemperização, muito evoluídos, como resultado de enérgicas transformações no material constitutivo (EMBRAPA, 1999).

Os Argissolos, na área em questão, são encontrados em áreas de relevo acidentado e compreendem solos constituídos por material mineral, que têm como características diferenciais argila de atividade baixa e horizonte B textural (Bt), imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte superficial, exceto o hístico, sem apresentar, contudo, os requisitos

para se enquadrarem nas classes dos Alissolos, Planossolos, Plinissolos ou Gleissolos (EMBRAPA, 1999).

4.6 DOMÍNIOS DE ECOSSISTEMAS REGIONAL

De acordo com os levantamentos do RADAM (1974), predomina no município de Portel a Floresta Ombrófila, ocupada por platôs e planícies aluviais. A Ombrófila densa apresenta-se nas áreas sedimentares dos baixos platôs, com cobertura arbórea emergentes, representada pelas comunidades de sucupira, maçaranduba e louros como espécies dominantes e raros angelins e cedros.

Nas áreas de planícies aluviais, com vegetação variando em função do regime das águas e as áreas de alagamento periódico, a vegetação florestal é representada na maior parte por vegetação latifoliada, caracterizada pelas comunidades de mandioqueira (*Qualea spp.*), anani (*Symphonia spp.*), ucuúba (*Virola spp.*), macacaúba (*Platymiscium spp.*), andiroba (*Carapa spp.*), acapú (*Vouacapoua spp.*), maçaranduba (*Manilkara spp.*), açacú (*Hura spp.*), breus (*Protium spp.*) e vegetação mista de açai (*Euterpe oleracea*) buriti (*Mauritia flexuosa*) (SUDAM, 1974).

Foram encontrados em área de manejo florestal sustentável, Fazenda Jutaituba-Martins, localizada na região Portel, cerrados com florestas de galeria em drenagem densa e esparsa, caracterizado pela presença de murucú (*Byrsonima densa*) e sumaumeira (*Ceiba pentandra*) (FERREIRA; SILVA; LAGES, 2009).

Levantamentos florestais realizados pela missão FAO na Amazônia - 1956/1961, na região de Portel encontraram um volume de 50m³/ha de madeira, para indivíduos com DAP acima de 45cm, pertencentes a espécies classificadas como produtoras de madeira serrada, laminados e compensados. Enquanto que em levantamentos realizados pela SUDAM – 1974, na região de Caxiuanã, o volume encontrado para o mesmo grupo foi de 63 m³/ha (FERREIRA; SILVA; LAGES, 2009).

Algumas das principais espécies florestais comercializadas na região são os Angelins (*Dinizia spp.*), Sucupira (*Diplotropis spp.*), Cupiúba (*Goupia glabra*), Louro (*Ocotea spp.*), Maçaranduba (*Manilkara huberi*), Maparajuba (*Manilkara paraensis*) e o Piquiá (*Caryocar vitiosum*). Entre os produtos não-madeireiros, o destaque é dado a produtos como a Castanha-

do-Brasil, óleos de copaíba (*copaifera spp.*), andiroba (*Carapa guianensis Aubl.*), açaí (*Euterpe oleracea*) e outros (FERREIRA; SILVA; LAGES, 2009).

4.7 INVENTÁRIO FLORESTAL 100%

Os dados do inventário florestal 100% da área de estudo, utilizados nesta pesquisa foi realizado por Ferreira, Silva e Lages (2009) para fins de exploração florestal de forma sustentável pela empresa CIKEL BRASIL VERDE MADEIRAS LTDA, a partir de $DAP \geq 30\text{cm}$ das espécies consideradas comerciais, potenciais e estoque consideradas pela empresa. Este inventário revelou que as espécies comerciais apresentaram volumes de 17 a 50 m^3/ha .

Entre as espécies comerciais mais importantes observadas neste ambiente, destacam-se: Maçaranduba (*Manilkara huberi*), Maparajuba (*Manilkara paraensis*), Angelim vermelho (*Dinizia excelsa*), Ipê (*Tabebuia serratifolia*), Cupiuba (*Goupia glabra*), Piquiá (*Caryocar villosum*), Tauari (*Couratari sp.*), Acapú (*Vouacapoua americana*), Jatobá (*Hymenea courbaril*) Timborana (*Piptadenia suaveolens*) e Faveiras (*Parkia spp.*). Vale ressaltar que a área apresentou grande quantidade de Angelins (*Dinizia spp.*) com 1512 indivíduos, sendo um dos volumes mais representativos (0,62 m^3/ha).

A localização de cada árvore inventariada na UPA - 08 foi tomada, conforme descrito por Amaral et al. (1998), de modo que a equipe de campo registra a posição das árvores no sentido da “picada” (Norte - Sul) tendo como referência as distâncias em metros tomadas nos eixos X e Y. Essas coordenadas cartesianas são somadas com um ponto de coordenadas conhecidas na propriedade obtidas com Global Position System (GPS) geodésico para correção de suas posições.

4.7.1 Espacialização das árvores do inventário

As coordenadas obtidas foram inseridas em software de informação geográfica (ArcGis 9.2) para gerar um banco de dados do inventário florestal 100% contendo shape de

pontos com a posição real de cada árvore no espaço, e ainda uma tabela de atributos com os campos: nome da espécie, Circunferência à Altura do Peito (CAP), Altura (H) e posição X e Y. Os campos CAP e Altura (H) que foram usadas para obter o volume total de madeira por espécie a partir de uma equação de volume ajustada para a área.

4.7.2 Equação Utilizada no Cálculo dos Volumes das Árvores

Devido a AMF MARTINS não possuir até o início deste estudo uma equação de volume para estimar a volumetria da área, decidiu-se então utilizar o modelo ajustado ajustado por Ferreira, Silva e Lages (2009) para a AMF Rio Capim, que fica a uma distância média de 250Km da área de estudo, possuindo característica florísticas semelhantes. O modelo escolhido foi de S. H. SPURR (1952), representado pelo modelo não linear, dado por:

$$V = b_0 + b_1 \times d^2 \times h.$$

Onde V = Volume estimado; b_0 = constante, que representa a interceptação da reta com o eixo vertical; b_1 = constante, que representa a declividade da reta; d = diâmetro e h = altura comercial.

Este modelo foi escolhido por apresentar um bom conjunto de índices: $r^2 = 0,97$; $s(\bar{x})=0,48$; $F=7619,90$; $CV\%=10,52$; $P < 0,001$. Onde: r^2 = coeficiente de determinação; $S(y.x)$ = erro padrão de estimativa; F = teste F; CV = coeficiente de variação; P = probabilidade. Após o processo de ajustamento obteve-se o seguinte modelo: $V = - 0,0152 + 0,000052 \times d^2 \times h$. Utilizou-se este modelo estimar a volumetria da base de dados do inventário florestal 100% da UPA-08 da AMF Martins.

4.7.3 Processamento dos Dados

A instalação dos conglomerados foi realizada de forma virtual utilizando-se o Sistema de Informação Geográfica ARCGIS 9.3 (ESRI, 1991), com as extensões ET Hawth's Tools, assim como ferramentas de edição vetorial, para a criação do "grid" (grade) de 10x10m para orientar a alocação dos conglomerados no shape da UPA 08, conforme Figura 2.

Na Figura 3 são representados os 56 Conglomerados medindo 500 x 500 m. Totalizando 25 hectares cada, que juntos totalizam 1400 ha.

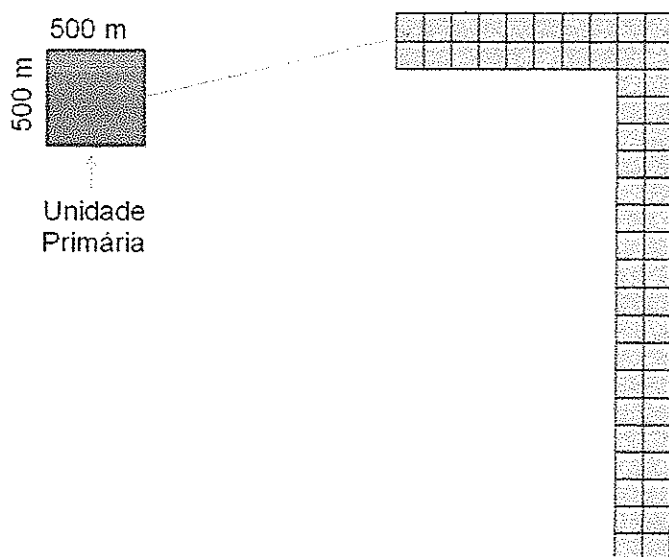


Figura 3 - Unidade de produção anual 08 na fazenda Martins – Portel com 1400 ha. Unidade de produção anual 08 na fazenda Martins – Portel com 1400 ha.

Na Figura 4 são representadas as subunidades, oito em cada conglomerado, no sentido: Norte, Sul, Leste e Oeste, todos na mesma sequência, cada subparcela mede 20 x 50 mts; totalizando 1000 m²; onde a soma em cada conglomerado é de 8000 m² (0,8 ha).

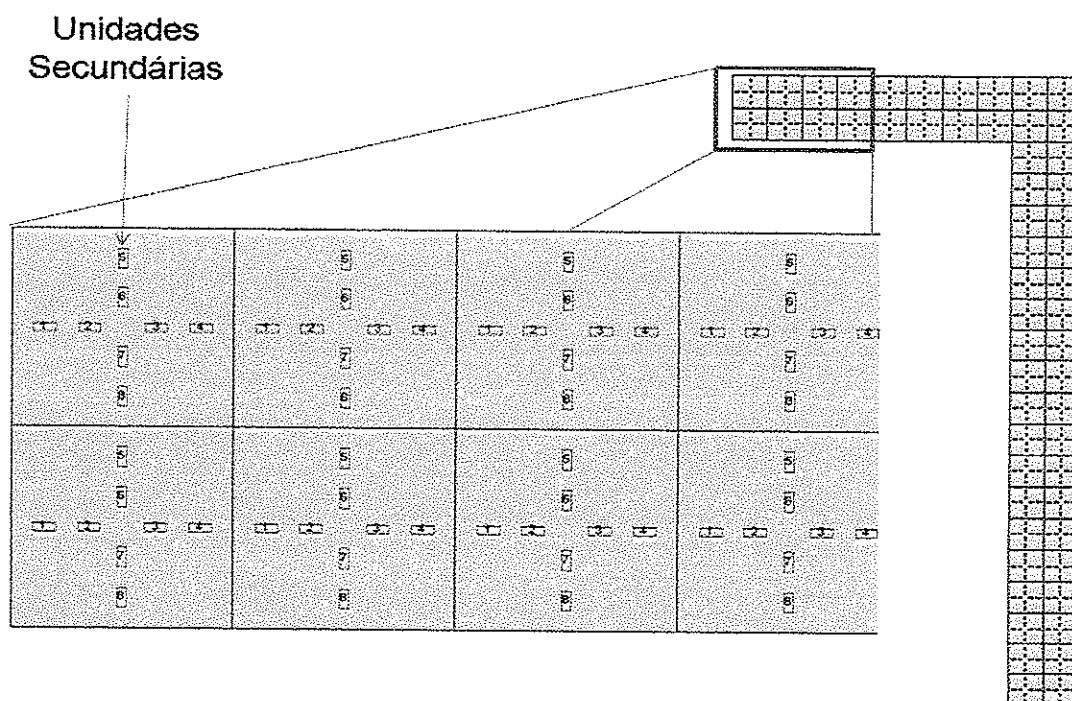


Figura 4 - Instalações das unidades secundárias a partir de amostra sistemática. Instalações das unidades secundárias a partir de amostra sistemática.

A Figura 5 é a ampliação de um conglomerado, onde é possível visualizar as árvores, as que ficaram na área rosa, fazem parte da amostra em estudo.

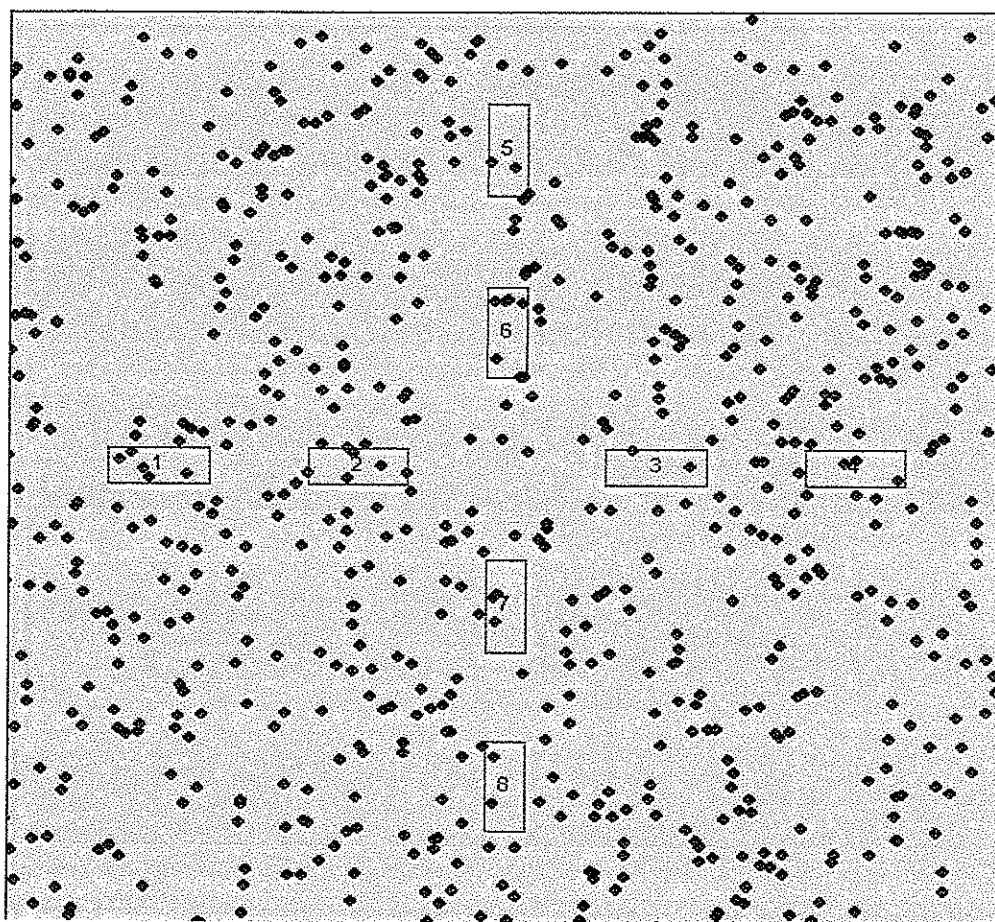


Figura 5 - Espacialização das árvores dentro do Cluster.

A Figura 6 é uma ampliação de uma subparcela, onde é possível se ter o distanciamento exato das árvores, uma vez que o grid mede 10 metros, e também é possível se identificar as árvores, tanto as que fazem parte da amostra quanto as que ficaram fora da subparcela.

4.8 Correlação Linear de Pearson

Segundo (DANCEY; REIDY, 2006) Entende-se como Correlação o relacionamento entre duas variáveis, a análise de correlação dá a medida de associação entre elas, se uma associação significativa existe entre duas variáveis, isto não quer dizer que uma variável cause a outra, mas sim que ambas possuem relacionamento, que pode ser medido pela direção, se é positiva ou negativa e pela força ou magnitude, variando de menos um a mais um, onde valores próximos da unidade indicam correlação forte, próximo de zero, ausência de correlação e o sinal serve pra indicar relação direta ou inversa entre as variáveis.

$$r = \frac{N \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[N \sum X^2 - (\sum X)^2][N \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}} \quad (\text{eq. 1})$$

Onde:

r = Coeficiente de Correlação Linear de Pearson;

N = Número de pares (duplas) formados de X e Y ;

X = Escore bruto da variável X ;

Y = Escore bruto da variável Y .

4.9 Coeficiente de Correlação Intraconglomerado.

De acordo com Queiroz (1998) o Coeficiente de Correlação Intraconglomerado é capaz de explicar o grau de homogeneidade entre subunidades dentro dos conglomerados, sendo de extrema importância para delinear a estrutura amostral do conglomerado, pois quanto mais próximas estiverem locadas as subunidades entre si, maior será o coeficiente. Quanto menor for o coeficiente de correlação melhor, pois maior será a independência entre as subunidades.

$$\hat{\delta} = \frac{(n-1)m(QME) - (nm-1)\hat{V}(y)}{(nm-1)(m-1)\hat{V}(y)} \quad (eq.2)$$

O Coeficiente de Correlação Intraconglomerado mede o grau de homogeneidade da variável resposta é avaliado pelo coeficiente de correlação Intraconglomerado. Péllico Netto e Brena (1997) recomendam como limite aceitável $\hat{\delta} < 0,40$; pois acima deste valor, a estratificação é mais apropriada, mostrando que os conglomerados são independentes.

Os dados obtidos no censo geraram os valores populacionais:

A média populacional do volume de madeira considerando todas as árvores com DAP ≥ 30 cm é igual a $\bar{Y} = 57,6869$ m³/ha com variância $V_{(y)} = 1027,18$ (m³/ha).

A média populacional do número de árvores considerando todas com DAP ≥ 30 cm é igual a $\bar{X}_N = 21,75$ árvores/ha.

4.10 ESTIMATIVAS

Para o cálculo das estimativas é feito uso de quatro fórmulas divididas em dois grupos: um para a soma das subparcelas e o outro a partir da subparcela, sendo que em cada grupo são feitos dois cálculos, um com o uso do estimador razão e o outro sem, formando assim quatro estimativas, melhor detalhadas nos itens subseqüentes.

4.10.1 Variância da média da amostra em conglomerados a partir da soma das oito subparcelas.

Segundo Queiroz (2010) a Equação 3 é utilizada para o cálculo da variância da média da amostra em conglomerados a partir da soma das oito subparcelas:

$$\hat{V}(\bar{y}) = \frac{\hat{V}(y)}{n} \left(\frac{N-n}{N} \right) \quad . \quad (\text{eq. 3})$$

$\hat{V}(y)$ = Variância amostral do volume de Madeira;

n = Tamanho da amostra;

N = Tamanho da população.

4.10.2 Variância da média da amostra em conglomerados por razão a partir da soma das oito subparcelas.

Segundo Queiroz (2010) para o cálculo da variância da média da amostra em conglomerados por razão a partir da soma das oito subparcelas é utilizada a Equação 4:

$$\hat{V}(\hat{R}) = \frac{N-n}{nN\bar{x}^2} \left(\hat{V}(y) + \hat{R}^2 \hat{V}(x) - 2\hat{R}V(x, y) \right) \quad . \quad (\text{eq. 4})$$

N : Número total de subparcelas possíveis de serem alocadas na área;

n : Número de unidades de amostra;

$\bar{x}$ = Número médio amostral de árvores por subparcela;

$y.$ = Volume total amostral de madeira na área;

$x.$ = Número total amostral de árvores na amostra;

$\hat{R} = \frac{y.}{x.}$ Estimativa da razão.

$\hat{V}(y)$ = Variância do volume de madeira;

$\hat{V}(x)$ = Variância do número de árvores;

$V(x, y)$ = Covariância entre x e y

4.10.3 Variância da média da amostra em conglomerados a partir da subparcela

Segundo Queiroz (2010) a Equação 5 é utilizada para o cálculo da variância da média da amostra em conglomerados a partir da subparcela:

$$\hat{V}(\bar{y}) = (1 - f_1) \cdot \frac{V_1(\bar{y})}{n} + f_2(1 - f_2) \cdot \frac{V_2(\bar{y})}{mn} \quad (\text{eq. 5})$$

$\hat{V}_1(\bar{y})$: Variância da média amostral dentro dos conglomerados;

$\hat{V}_2(\bar{y})$ = Quadrado médio dentro dos conglomerados;

m : Número de subparcelas possíveis a serem alocadas dentro de uma unidade de conglomerado;

n : Número de conglomerados amostrados;

$f_1 = \frac{n}{N}$. Razão entre o número de conglomerados amostrados e o número total de conglomerados possíveis;

$f_2 = \frac{m}{M}$. Razão entre o número de subparcelas alocadas em uma unidade conglomerada e o número de subparcelas possíveis de serem alocadas dentro de uma unidade conglomerada.

4.10.4 Variância da média da amostra em conglomerados por razão a partir da subparcela.

Queiroz (2010) utiliza a Equação 6 para o cálculo da variância da média da amostra em conglomerados por razão a partir da subparcela:

$$\hat{V}(\bar{y}_R) = \frac{1}{\bar{x}^2} \frac{N-n}{nN} \frac{\sum_{i=1}^n y_i^2 - 2\bar{y}_R \sum_{i=1}^n x_i y_i + \bar{y}_R^2 \sum_{i=1}^n x_i^2}{n-1} + \frac{f_1(1-f_2)}{n^2 m \bar{x}^2} \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2 \hat{V}(y_{li}) \quad (\text{eq. 6})$$

$\hat{V}(\bar{y}_R) ::$ Estimativa da variância da média amostral por Razão.

$\hat{V}(y_{li}) =$ Variância da variável de interesse das subparcelas dentro do *i-ésimo* conglomerado;

$\bar{y}_R =$ Razão entre o volume total dos conglomerados e o número total de árvores

$\bar{x} =$ Média de arvores nos conglomerados amostrados

$y_i ::$ Variável de interesse para o *i-ésimo* conglomerado (Volume Total de madeira);

$x_i ::$ Valor da variável auxiliar (Número de árvores);

$n ::$ Número de conglomerados amostrados;

$N ::$ número total de conglomerados;

$m ::$ Número de subparcelas dentro de cada conglomerado.

$f_1 = \frac{n}{N}$. Razão entre o número de conglomerados amostrados e o número total de conglomerados possíveis;

$f_2 = \frac{m}{M}$. Razão entre o número de subparcelas alocadas em uma unidade conglomerada e o número de subparcelas possíveis de serem alocadas dentro de uma unidade conglomerada.

4.10.5 Limite de Erro

De acordo com Queiroz (2010) a Equação 7 é utilizada para o cálculo do limite de erro da variância da média da amostra em conglomerados a partir da subparcela:

$$LE = \frac{t x S(\bar{y})}{\bar{y}} . \quad (\text{eq. 7})$$

t = Valor de t tabelado;

$S(\bar{y})$ = Variância da media;

$\bar{y}$ = Volume médio.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 VOLUME TOTAL POR SUBPARCELA

Para análise da eficiência das estimativas em inventários florestais na Amazônia a partir da Amostragem em Conglomerados foram calculadas estatísticas descritivas do Volume Total (VT) com o intuito de se fazer uma avaliação inicial dos dados em questão, tais como: Média, Desvio Padrão, Coeficiente de Variação, etc. É possível observar, por exemplo, que as médias das subparcelas tem valores bem próximos, com exceção das subparcelas 4; 6 e 8; que tem valores um pouco abaixo das demais.

Tabela 1 – Estatísticas Descritivas do Volume Total (VT) por Subparcela, referente aos dados do inventário realizado na Fazenda Martins, município de Portel em 2009.

Subparcela VT	N	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação %	Mínimo	Mediana	Máximo
1	30	9,4	9,3	99,2	0,0	7,3	40,6
2	30	9,4	12,6	134,3	0,0	5,0	49,6
3	30	6,2	6,7	107,3	0,0	4,4	32,0
4	30	4,8	7,2	150,0	0,0	2,3	38,3
5	30	6,9	6,3	91,7	0,0	6,4	27,6
6	30	5,1	4,5	87,7	0,0	3,9	20,0
7	30	6,3	7,1	112,6	0,0	5,9	33,0
8	30	5,3	6,2	116,5	0,0	3,4	24,7

Fonte: Departamento de Georreferenciamento da Cikel

As Oito Subparcelas da Figura 3 apresentaram valores extremos “Outlier’s”, uma explicação para este fenômeno é a presença de espécies florestais tradicionalmente muito volumosas, tais como Angelim, Sumaúma entre outros, como as mesmas são comercializáveis e o objetivo desta análise é avaliar todas as espécies com DAP > 0,030 m, então optou-se por manter as mesmas na análise.

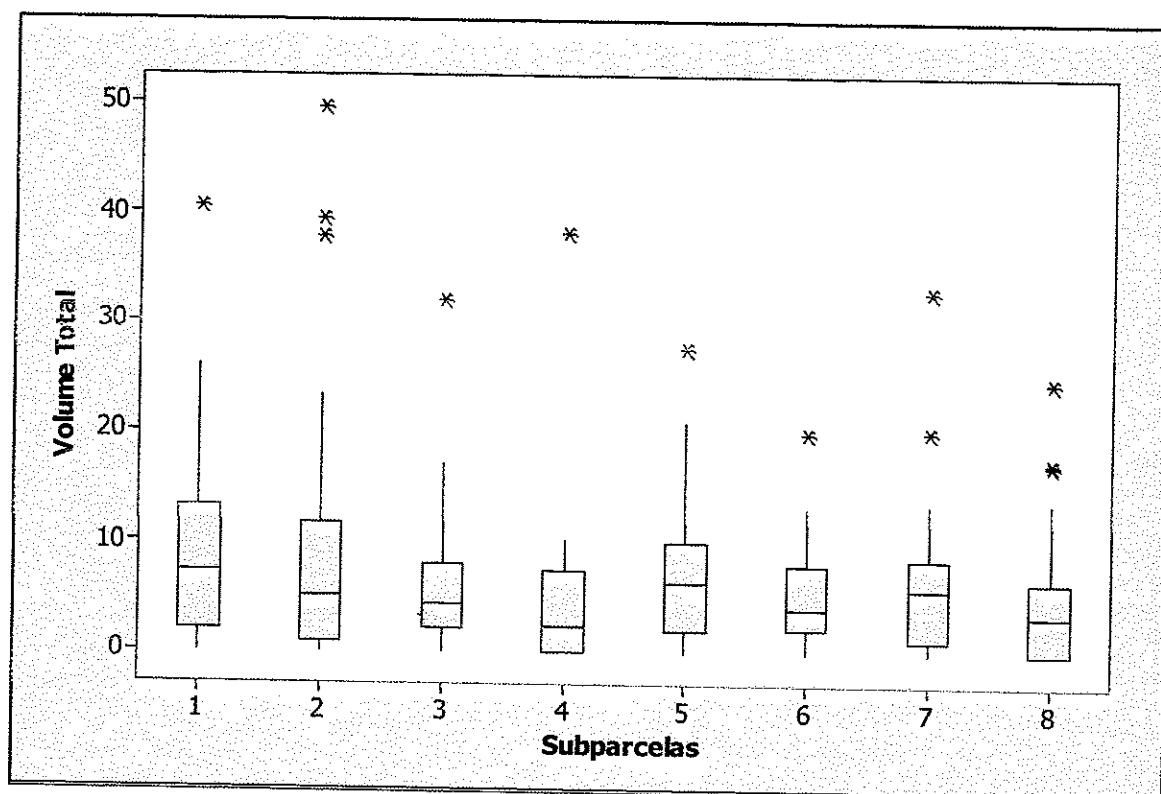


Figura 7 - Box Plot do Volume Total por Subparcela referente aos dados do inventário realizado na Fazenda Martins, município de Portel em 2009.

Fonte: Departamento de Georreferenciamento da Cikel

Nota: * Indica a presença de outlier's, que são valores discrepantes.

5.2 VOLUME TOTAL POR CONGLOMERADO

A Tabela 2 mostra as estatísticas descritivas dos trinta conglomerados amostrados, de onde cabe salientar que há uma discrepância em relação à média de Volume Total, com valores que vão de 1,9 a 14,2; gerando uma amplitude de 12,3.

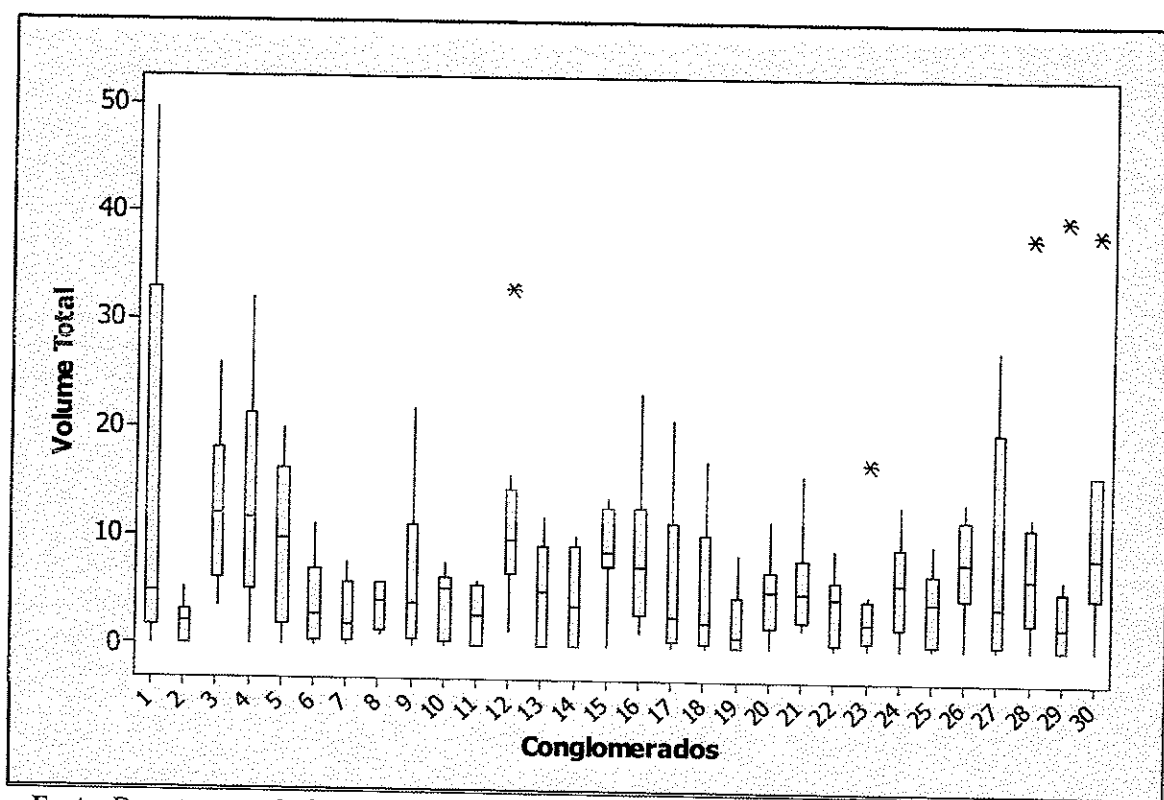
A partir da análise descritiva é possível observar que, o comportamento das informações no que diz respeito à distribuição dos dados na área em estudo, conforme a Tabela 4 que sugere a existência de variabilidade entre os volumes totais dos conglomerados, partindo de valores compreendidos no intervalo de 1,0 até valores acima de 14,0 m³, gerando amplitudes altas, situação bastante comum em florestas da região dada sua variabilidade natural.

Tabela 2 - Estatísticas Descritivas do Volume Total (VT) por Conglomerado, referente aos dados do inventário realizado na Fazenda Martins, município de Portel em 2009.

Cluster VT	N	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação %	Mínimo	Mediana	Máximo
1	8	14,2	19,5	137,1	0,0	4,8	49,6
2	8	1,9	1,9	97,0	0,0	2,0	5,1
3	8	12,6	7,5	59,2	3,4	12,0	26,0
4	8	13,3	10,4	78,2	0,0	11,6	32,0
5	8	9,7	7,4	76,2	0,0	9,8	20,0
6	8	3,9	3,9	100,8	0,0	2,7	11,1
7	8	2,8	2,9	105,2	0,0	1,8	7,6
8	8	3,6	2,2	59,5	0,9	4,1	5,8
9	8	6,2	7,6	122,3	0,0	3,9	21,8
10	8	4,0	3,0	74,9	0,0	5,1	7,6
11	8	2,7	2,6	96,2	0,0	2,8	6,0
12	8	11,8	9,5	80,9	1,2	9,8	33,0
13	8	4,7	4,6	97,7	0,0	5,0	11,8
14	8	4,4	4,6	104,5	0,0	3,6	10,2
15	8	8,8	4,3	48,8	0,0	8,6	13,8
16	8	8,7	7,2	83,2	1,3	7,5	23,2
17	8	6,4	7,3	114,7	0,0	2,9	20,9
18	8	5,3	6,3	118,9	0,0	2,2	17,1
19	8	2,3	3,1	133,8	0,0	0,9	8,5
20	8	5,1	3,6	70,8	0,0	5,2	11,6
21	8	6,1	4,6	76,2	1,7	5,0	15,8
22	8	4,0	3,3	82,1	0,0	4,7	9,1
23	8	3,9	5,5	141,6	0,0	2,3	17,0
24	8	5,9	4,4	74,2	0,0	6,0	13,1
25	8	4,0	3,4	85,2	0,0	4,3	9,5
26	8	7,9	4,5	57,2	0,0	8,0	13,4
27	8	8,4	11,2	132,6	0,0	3,9	27,6
28	8	9,6	12,1	125,3	0,0	6,4	37,9
29	8	7,0	13,4	190,8	0,0	2,8	39,5
30	8	11,0	12,1	110,8	0,0	7,8	38,3

Fonte: Departamento de Georreferenciamento Cikel

Dos Trinta Conglomerados amostrados da Figura 8; cinco apresentam valores extremos “Outlier’s”, uma explicação para este fenômeno é a presença de espécies florestais tradicionalmente muito volumosas, tais como Angelim, Sumaúma entre outros, como as mesmas são comercializáveis e o objetivo desta análise é avaliar todas as espécies com DAP $> 0,030$ m, então se optou por manter as mesmas na análise.



Fonte: Departamento de Georreferenciamento Cikel

Figura 8 - Box Plot do Volume Total por Conglomerado referente aos dados do inventário realizado na Fazenda Martins, município de Portel em 2009.

É possível perceber a partir da Figura 9 que os dados referentes ao Volume Médio e ao Número Médio de Árvores apresentam um comportamento semelhante, característico de variáveis correlacionadas, o Coeficiente de Correlação de Pearson de 0,902 ($p < 0,001$) indica

que há uma correlação positiva, forte e altamente significativa entre as variáveis, ou seja, quando aumenta o Volume de Madeira, aumenta o Número de Árvores e quando diminui o Volume de Madeira, diminui o Número de Árvores, pois de acordo com Queiroz (1998), é necessário que haja correlação entre as variáveis para que se faça uso do estimador Razão.

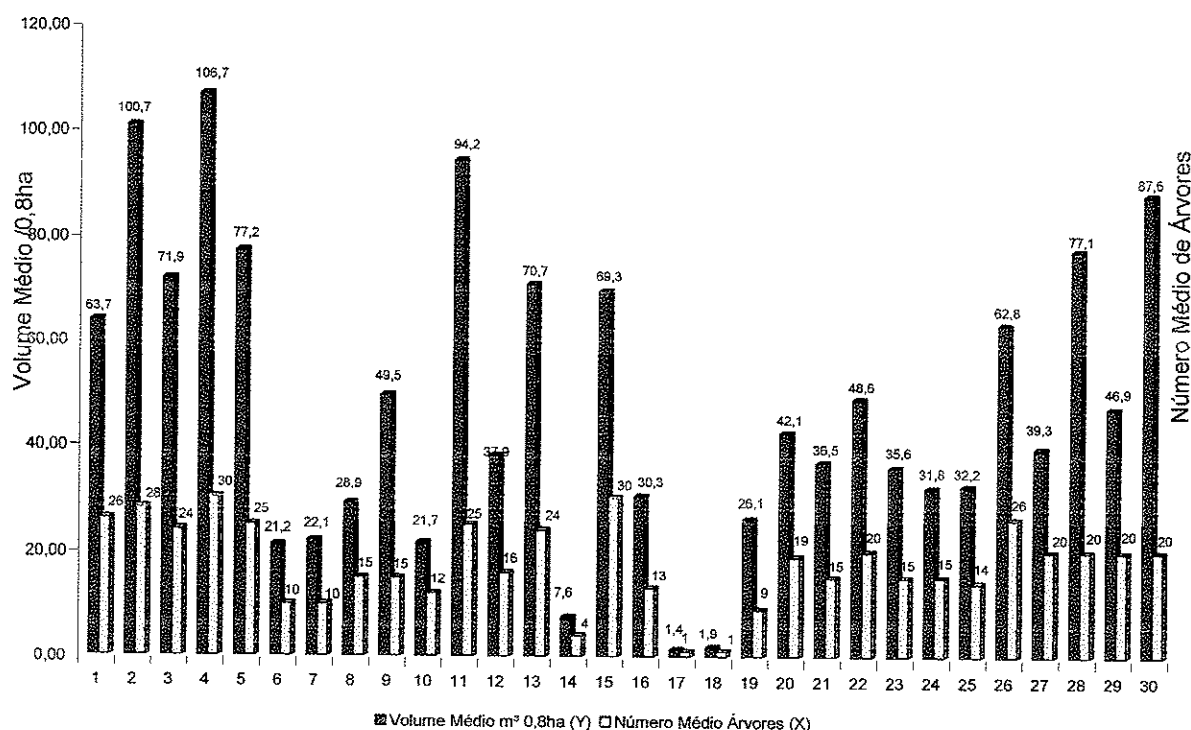


Figura 9 - Volume Total e Número Médio de Árvores da amostra de conglomerados referente aos dados do inventário realizado na Fazenda Martins, município de Portel em 2009.

Fonte: Departamento de Georreferenciamento Cikel

5.3 COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO LINEAR DE PEARSON

$$r = \frac{N \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[N \sum X^2 - (\sum X)^2][N \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

$$r = \frac{30 \times 31036 - (522)(1443,47)}{\sqrt{[(30 \times 10888 - (522)^2)][(30 \times 93284 - (1443,47)^2)']}}$$

$$r = 0,902$$

O Coeficiente de Correlação Linear de Pearson $r = 0,902$; indica que há uma forte correlação positiva entre o volume o volume médio e o número médio de árvores, observa-se que valores pequenos de Volume Médio estão associados a valores pequenos de Número

Médio e Valores grandes de Volume Médio estão associados a valores grandes de Número Médio.

5.4 COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO INTRACONGLOMERADO

$$\hat{\delta} = \frac{(n-1)m(QME) - (nm-1)\hat{V}(y)}{(nm-1)(m-1)\hat{V}(y)}$$

$$\hat{\delta} = \frac{(30-1) \times 8 \times 102,7 - \left(30 \times 8 \times 1\right) \times 44,5213}{\left(30 \times 8 - 1\right) \times \left(8 - 1\right) \times 44,5213}$$

$$\hat{\delta} = \frac{23826,4 - 10640,5907}{74484,1349}$$

$$\hat{\delta} = 0,177028427$$

O coeficiente de correlação intraconglomerado = 0,177 está abaixo de 0,4; estando então apropriada a aplicação da amostragem por conglomerados, pois há independência entre os conglomerados.

5.5 CONGLOMERADO (soma 8 subparcelas)

$$V(\bar{y}) = \frac{V(y)}{n} \times \left(\frac{N-n}{N} \right)$$

$$V(\bar{y}) = \frac{821,742}{30} \times \left(\frac{87-30}{87} \right)$$

$$V(\bar{y}) = 17,94608966 \text{ (m}^3 / \text{ha)}$$

$$V(\bar{y}) = 17,94608966 \times 1,25^2$$

$$V(\bar{y}) = 28,04076509 \text{ (m}^3 / \text{ha)}^2$$

$$S(\bar{y}) = 5,29535316$$

$$LE = \frac{2,0452 \times 5,29535316}{60,145275} \times 100$$

$$LE = 18,01\%$$

A variância da média da amostra em conglomerados a partir da soma das oito subparcelas produziu limite de erro de 18,01%.

5.6 CONGLOMERADO (Soma 8 subparcelas/Razão)

$$V(\hat{R}) = \frac{N-n}{n_2 N_2 \bar{x}^2} (\hat{V}(y) + \hat{R}^2 \hat{V}(x) - 2\hat{R} \hat{V}(x, y))$$

$$V(\hat{R}) = \frac{87-30}{30 \times 87 \times 17,4^2} (821,742 + 2,765^2 \times 62,248 - 2 \times 2,765 \times 204,1164)$$

$$V(\hat{R}) = 0,012181908$$

$$V(\bar{y}_R) = \bar{x}^2 V(\hat{R}) = 17,4^2 \times 0,012181908$$

$$V(\bar{y}_R) = 3,688194466 \text{ (m}^3 / 0,8ha)$$

$$V(\bar{y}_R) = 3,688194466 \times 1,25^2$$

$$V(\bar{y}_R) = 5,762803853$$

$$S(\bar{y}_R) = 2,400584065$$

$$LE = \frac{2,0452 \times 2,400584065}{60,145275} \times 100$$

$$LE = 8,16\%$$

A variância da média da amostra em conglomerados por razão a partir da soma das oito subparcelas produziu limite de erro de 8,16%; que ao ser confrontado com o limite de erro da variância da média da amostra em conglomerados a partir da soma das oito subparcelas, teve redução de 120,71%, sendo então considerada mais eficiente.

5.7 CONGLOMERADO A PARTIR DA SUBPARCELA

$$\begin{aligned}
V(\bar{y}) &= (1-f_1) \cdot \frac{\hat{V}_1(y)}{n} + f_2(1-f_2) \cdot \frac{\hat{V}_2(y)}{mn} \\
V(\bar{y}) &= (1-0,344) \times \frac{12,837}{30} + 0,344 \times (1-0,05) \times \frac{36,5}{8 \times 30} \\
V(\bar{y}) &= 0,330403233 \times 10^2 \\
V(\bar{y}) &= 33,04032333 \text{ (m}^3/\text{ha)}^2 \\
S(\bar{y}) &= 5,748071271 \\
LE &= \frac{2 \times 5,748071271}{60,145275} \\
LE &= 19,11\%
\end{aligned}$$

A variância da média da amostra em conglomerados a partir da subparcela produziu limite de erro de 19,11%.

5.8 CONGLOMERADO A PARTIR DA SUBPARCELA/RAZÃO

$$\begin{aligned}
\hat{V}(\bar{y}_R) &= \frac{N-n}{\bar{x}^2 n N} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n y_i^2 - 2\bar{y}_R \sum_{i=1}^n x_i y_i + \bar{y}_R^2 \sum_{i=1}^n x_i^2}{n-1} + \frac{f_1(1-f_2)}{n^2 \bar{m} \bar{x}^2} \times \sum_{i=1}^n x_i^2 \hat{V}_{2i}(y) \\
\hat{V}(\bar{y}_R) &= \\
\hat{V}(\bar{y}_R) &= \frac{87-30}{17,4^2 \times 30 \times 87} \cdot \frac{93283,47 - 2 \times 2,765 \times 31036 + 2,765^2 \times 10888}{30-1} + \frac{0,344 \times 0,95}{30^2 \times 8 \times 17,4^2} \times 548907 \\
\hat{V}(\bar{y}_R) &= 0,09446762 \text{ (m}^3/0,10\text{ha)}^2 \\
\hat{V}(\bar{y}_R) &= 9,446762 \text{ (m}^3/\text{ha)}^2 \\
S(\bar{y}_R) &= 3,073558522 \text{ (m}^3/\text{ha)}^2 \\
LE &= \frac{2,0452 \times 3,073558522}{60,145275} \times 100 \\
LE &= 10,45\%
\end{aligned}$$

A variância da média da amostra em conglomerados por razão a partir da subparcela produziu limite de erro de 10,45%; que ao ser comparado com o limite de erro da variância da média da amostra em conglomerados a partir da subparcela, teve uma redução de 82,87%; sendo então considerada mais eficiente.

A Tabela 3 mostra os resultados de limite de erro das técnicas de estimativas empregadas a partir de dados populacionais e amostrais, onde é possível perceber que os resultados entre ambos são idênticos exceto a estimativa a partir da subparcela/razão que produziu resultados sensivelmente diferentes.

Foi feita uma comparação da eficiência do conglomerado a partir da soma das oito subparcelas com conglomerado a partir da soma das oito subparcelas/razão cujo objetivo é verificar qual das duas produz estimativas mais eficientes, a segunda é 120,71% mais eficiente que a estimativa primeira, pois seu limite de erro é menor neste percentual, quando se compara o conglomerado a partir da subparcela com a mesma técnica com o auxílio do estimador razão, observa-se que, há uma eficiência de 82,70% melhor, pois Queiroz (1998) afirma que é a partir da comparação da estimativa das variâncias que se determina a técnica que produz estimativas mais precisas.

Tabela 3 – Limites de erro (%) das estimativas, referente aos dados do inventário realizado na Fazenda Martins, município de Portel em 2009.

Técnica	Limite de Erro % (Média Populacional)	Limite de Erro % (Média)	Eficiência %
Conglomerado soma 8 subparcelas	18,01	18,01	120,71
Conglomerado soma 8 subparcelas/Razão	8,16	8,16	
Conglomerado a partir da subparcela	19,11	19,11	82,87
Conglomerado a partir da subparcela/Razão	8,3	10,45	

Fonte: Departamento de Georreferenciamento Cikel

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A Análise em Conglomerado considerando como observação a soma das oito subparcelas/Razão ao ser comparada com a soma das oito subparcelas teve estimativa mais eficiente em 120,71%; contribuindo então positivamente para a eficácia das estimativas em inventários florestais.

A Análise em Conglomerado considerando como observação a subparcela/Razão ao ser comparada a partir da subparcela teve estimativa mais eficiente em 82,87%; contribuindo então positivamente para a eficácia das estimativas em inventários florestais.

A análise em Conglomerado considerando como observação a soma das oito subparcelas/Razão ao ser comparada a partir da subparcela/Razão se mostrou ainda mais eficiente, demonstrando ser a alternativa mais eficaz para as estimativas em inventários florestais.

A Análise por Razão em Conglomerados demonstra ser uma alternativa eficaz no sentido de se obter estimativas mais precisas para o volume de madeira, uma vez que se trata de uma variável de fácil obtenção que é o número de árvores, corroborando para eficiência em inventários florestais.

Sugestões para trabalhos futuros:

Aplicar a dupla amostragem na variável auxiliar para obter estimativas mais eficientes do número de árvores e assim contribuir para melhores estimativas.

Utilizar a estimativa por regressão.

Aplicar as mesmas técnicas utilizadas no presente trabalho em outra área de extensão maior.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, P. H. C.; VERÍSSIMO, J. A. O.; BARRETO, P. G.; VIDAL, E. J. S **Floresta para Sempre: um Manual para Produção de Madeiras na Amazônia**. Belém: IMAZON, 1998, 137 p.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Floresta Amazônica**, 2006. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=59>>. Acesso em: 30 set 2010.
- COCHRAN, W. **Sampling techniques**, 3 ed.. New York: JOHN .WILLEY e SONS, 1977.
- COUTINHO, A floresta dá dinheiro. **Revista Veja**, São Paulo, n. 1714, ago, 2001.
- DANCEY, C.; REIDY, J. **Estatística sem matemática para psicologia: usando SPSS para Windows**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed: Bookman, 2006. 608p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de pesquisas de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: EMBRAPA Produção de informação; Rio de janeiro: EMBRAPA Solos, 1999.
- ESRI. **Understanding GIS: the ARCIINFO method**. Redlands: Environmental Systems Research Institute, 1991.
- FERREIRA, J.; E. SILVA. S. D. B.; LAGES., S. M. C.; **Plano de Manejo Florestal Sustentável de Uso Múltiplo Empresarial**. Belém, Pará, Brasil: CIKEL Brasil Verde Madeira/Martins Agropecuária, 2009.
- FLORES, O. M. M. **Estudo comparativo de tamanhos e distâncias em processo de amostragem por conglomerado**. 2010. 67f. (Dissertação de Mestrado) – Universidade Federal Rural da Amazônia, 2010.
- GALDINO, M. A. C. **Amazônia: problemas ecológicos, questão indígena e ameaças latentes**. Brasília, 2007. CD Rom.
- GONZAGA, C.A.M. Marketing Verde de produtos Florestais: Teoria e Prática. **Revista Floresta**, Curitiba, v.35, n 2, maio/ago, 2005.

HIGUCHI, N. **Manejo florestal na Amazônia**, 2000. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/reportagens/amazonia/amaz13.htm>>. Acesso em: 30 set 2010.

HUSCH, B. **Planification de um inventario forestal**. Roma: FAO, 1971. 135p.

IBGE. **Projeto de Zoneamento das Potencialidades dos Recursos Naturais da Amazônia Legal**. Rio de Janeiro, 1990. v.1.

MARGULIS, S. **Causas do Desmatamento da Amazônia Brasileira**. Brasília: Banco Mundial/Estação Gráfica, 2003. 100p. (Trabalho em andamento para discussão pública).

PÉLLICO NETTO, S.; BRENA, D.A. **Inventário Florestal**. Curitiba: Editorado pelos autores, 1997. 316p.

PÉLLICO NETTO, S. **Plano de Colonização do Alto Turi: Inventário Florestal**. Curitiba-PR: Centro de Pesquisas Florestais da UFPR, 1971.

QUEIROZ, W. T. Análise Estrutura da Unidade Conglomerada Cruz de Malta na Floresta Nacional do Tapajós, Estado do Pará, Brasil. **Revista Floresta**. p. 11, 2010. (no prelo).

QUEIROZ, W. T. **Técnicas de Amostragem em Inventário Florestal nos Trópicos**. Belém: FCAP. Serviço de Documentação e Informação, 1998.147p.

QUEIROZ, W. T. **Efeitos da Variação Estrutural em Unidades Amostrais na Aplicação do Processo de Amostragem em Conglomerados nas Florestas do Planalto do Tapajós**. 1997. 109F. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1977.

RADAM. **Levantamento de recursos naturais**. Ministério das Minas e energia. Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral, 1974.

REZEK, A. Amazônia à venda. **Revista Veja**, São Paulo, ano 38, n. 23, jun. 2005.

ROLLET, B.; QUEIROZ, W.T. Observações e contribuições aos inventários florestais na Amazônia. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 1978, Manaus. **Anais...**, São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1978. v 2, p. 405-408 (Edição especial da revista Silvicultura, n. 14).

SCOLFORO, J. R. **Inventário Florestal**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1993. 228p.

SHIVER, B.D.; BORDERS, B.E. *Sampling techniques for Forest resource inventory*. New York: John Wiley & Sons, 1996. 356p.

SERRA, M. A., FERNÁNDEZ, R. G. Perspectiva de desenvolvimento da Amazônia: motivos para o otimismo e para o pessimismo. *Pesquisa Economia e Sociedade*, v. 13, n. 23, p. 107-131, 2004.

SOARES, C. P. B., *Dendrometria e Inventário Florestal*. Lavras: Editora UFV, 2006.

SPURR, S.H. 1952. *Forestry inventory*. New York: Ronald Pres.,. 476p.

SUDAM. *Levantamentos florestais realizados pela missão FAO na Amazônia (1956-1961)*. Belém: SUDAM. Divisão de Documentação, v. 1, 1974.