

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOMÁTICA**

**APLICABILIDADE DA TECNOLOGIA MÓVEL EM ATIVIDADES DE
SILVICULTURA DE PRECISÃO: MAPEAMENTO, INVENTÁRIO E
GEOESTATÍSTICA FLORESTAIS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Catize Brandelero

Santa Maria, RS, Brasil

2007

APLICABILIDADE DA TECNOLOGIA MÓVEL EM ATIVIDADES DE SILVICULTURA DE PRECISÃO: MAPEAMENTO, INVENTÁRIO E GEOESTATÍSTICA FLORESTAIS

por

Catize Brandelero

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Geomática, Área de Concentração em Tecnologia da Geoinformação, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito para obtenção do grau de **Mestre em Geomática.**

Orientador: Prof. Dr. Enio Giotto

Santa Maria, RS, Brasil

2007

Brandelero, Catize, 1982-**B817a**

Aplicabilidade da tecnologia móvel em atividades de silvicultura de precisão : mapeamento, inventário e geostatística florestais / por Catize Brandelero ; orientador Enio Giotto – Santa Maria, 2007.

114 f. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Geomática, RS, 2007.

1. Geomática 2. Silvicultura de precisão 3. Tecnologia móvel 4 Inventário 5. Mapeamento 6. Geostatística I. Giotto, Enio, orient. III Título

CDU: 630.2:004.4

© 2007

Todos os direitos autorais reservados a Catize Brandelero. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho é permitida, desde que a fonte seja citada.

Endereço: Rua Elpídeo Meneses, n. 390, Bairro Camobi, Santa Maria, RS, 97105-110.
Fone (0xx) 55 32208788; End. Eletr: catizebrandelero@yahoo.com.br

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Geomática**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**APLICABILIDADE DA TECNOLOGIA MÓVEL EM ATIVIDADES DE
SILVICULTURA DE PRECISÃO: MAPEAMENTO, INVENTÁRIO E
GEOESTATÍSTICA FLORESTAIS**

elaborada por
Catize Brandelero

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Geomática

COMISSÃO EXAMINADORA:

Rudiney Soares Pereira, Dr.
(Presidente)

Luciano Farinha Watzlawick, Dr. (UNICENTRO)

Luiz Severo Mugica Mutti, Ph.D. (UFSM)

Santa Maria, 14 de fevereiro de 2007.

Algumas pessoas marcam nossas vidas para sempre,
umas porque nos vão ajudando na construção, outras
porque nos apresentam projetos de sonhos e outras
ainda porque nos desafiam a construí-los.
Quando nos damos conta, tudo está
pronto e é hora de dedicar.

Aos Meus pais Solange e Argeo, porque vocês
fizeram, fazem e farão sempre
parte de minha história! Obrigada pela vida!

Meu Marido Lauro, por estar ao meu lado
nas horas que chorei e nas que sorri, pelo
companheirismo e carinho em todos
os momentos que precisei.

Meu querido Tio Beno Bernardo
(in memória),
por me ensinar que nunca se
desiste de sonhos.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Santa Maria, ao programa de Pós-graduação em Geomática, pela oportunidade de aperfeiçoamento.

À CAPES, pelo auxílio financeiro concedido durante a realização deste curso.

Meu orientador e amigo Prof. Dr. Enio Giotto, pelos conhecimentos transmitidos para elaboração desta dissertação, amizade conquistada e, principalmente, a semente plantada na busca pelo saber.

Aos Professores, Dr. Adroaldo Dias Robaina (UFSM), Dr. Elódio Sebem (UFSM), Dr. Luciano Farinha Watzlawick (UNICENTRO), Dr. Luiz Severo Mugica Mutti (UFSM), Dr. Rudiney Soares Pereira (UFSM) e Ms. Luiz Fernando Sangoi (UFSM), pelos conselhos, carinho, atenção e disponibilidade.

Aos Professores do programa de Pós-Graduação em Geomática, pelos ensinamentos transmitidos.

Aos funcionários do programa de Pós-graduação em Geomática e Engenharia Rural meu agradecimento pelo auxílio e amizade.

Aos meus pais Argeo e Solange e meu irmão Rafael, pelos conselhos, carinho e atenção. Amo vocês de todo meu coração.

Meu marido Lauro, pela alegria, carinho, paciência e dedicação incansável.

Aos meus queridos familiares, Aloide, Altair, Joice, Márcia, Mariazinha, Rosangela, Marinilce, Neri e Terezinha, pela atenção e carinho. Vocês sempre foram meus exemplos de vida, fé e persistência.

Aos meus queridos amigos (as): Agnaldo (Boby), Carla, Claudinha, Daianinha, Daniel (Zanbi), Francielli, Kellen, Luciano (Alemão), Péricles, Jean, Josi, Juliano, Patrícia, Raul, Renato, Rodrigo (Mulli), Sabrina, Suellyenn e Vanessa: muitas e muitas vezes vocês me surpreenderam. Dei muito trabalho, mas Deus deu-me vocês.

Às famílias Behr, Mutti, Siqueira e Cia. que me acolheram em Santa Maria, onde me fizeram rir de tanto chorar e chorar de tanto rir! Obrigado pelos conselhos, pelas lições de amor e a atenção que me foi transmitida.

Aos colegas de Laboratório de Geomática: Ana Caroline, Alexandre, Cleber, Christine, Chisthiano, Daniel, Daniely, Diana, Dina, Douglas, Elvis, Érica, Eudes, Gilfredo, Idomiro, Marcela, Marcos, Maria Elaine, Patric, Renata, Salete e Waldeliza. Pela grande família que formamos neste período, a qual foi embasada na alegria e companheirismo. Agradeço por tantas coisas boas que pude aprender com vocês.

Amigos conquistados: Aliandra, Aledson, Eliana (Portuguesa), Mari; Eliane, Hélio e Rafinha; Lucimar e Eder. Agradeço a amizade e incentivo. Em todo tempo ama o amigo e na angústia se faz o irmão (Provérbios 17:17).

Obrigada.

“A sabedoria não se transmite.
É preciso que a gente mesmo a
descubra depois de uma caminhada que
ninguém pode fazer em nosso lugar,
e que ninguém nos pode evitar.
Porque a sabedoria é uma
maneira de ver as coisas.”

(Proust)

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Geomática
Universidade Federal de Santa Maria

APLICABILIDADE DA TECNOLOGIA MÓVEL EM ATIVIDADES DE SILVICULTURA DE PRECISÃO: MAPEAMENTO, INVENTÁRIO E GEOESTATÍSTICA FLORESTAIS

AUTORA: CATIZE BRANDELERO

ORIENTADOR: DR. ENIO GIOTTO

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 14 fevereiro de 2007.

A aplicação de tecnologia móvel nas atividades de silvicultura de precisão em florestas plantadas envolve o mapeamento, o inventário e a geoestatística. Essa pesquisa possui o objetivo de avaliar e demonstrar as potencialidades da tecnologia móvel em atividades de silvicultura de precisão. Neste trabalho foi avaliada a precisão de levantamentos de áreas florestais com aparelhos GPS integrados, através de conexão *bluetooth* com computador do tipo Pocket PC, em relação a medições processadas com GPS de navegação convencional no formato absoluto e com medições realizadas com GPS topográfico com correção de pós-processamento. Diante das dificuldades de coletar, manipular e transferir os dados do meio analógico para o digital, foi desenvolvido um sistema de cadastro de projetos, parcelas e indivíduos florestais em tecnologia móvel (Pocket PC) para inventários de florestas plantadas. Para a avaliação do sistema, foram empregados dados reais em processo de simulação nas áreas mapeadas, onde foram avaliados os mapas de parâmetros dendrométricos obtidos a partir de processos de geoestatística em comparação com os processos convencionais de inventário florestal de florestas plantadas. Concluiu-se que os aparelhos de navegação são viáveis para realizar levantamentos de precisão métrica de 3 a 10m, o GPS Garmim 10 apresentou resultados melhores que o aparelho Etrex Vista, tanto em áreas com ou sem floresta plantada na área. A melhor precisão das coordenadas coletadas com o aparelho GPS Garmim 10 foi proporcionada, devido à função do sistema de coleta de dados para inventário florestal de florestas plantadas, gerar a médias corrigidas das coordenadas armazenadas no aparelho. O sistema de coleta de dados para inventários florestais de florestas plantadas auxiliou na manipulação e na localização das unidades amostrais do inventário florestal. A mobilidade propiciou que os dados do inventário fossem registrados e armazenados para posterior manipulação; proporcionou rapidez e otimização das atividades no processamento dos dados após a transmissão para o computador. A interação entre as variáveis utilizadas nesta pesquisa, juntamente com os dados georreferenciados, permitiu distinguir e visualizar, características distintas da floresta. Possibilitou relacionar a produtividade e realizar o zoneamento do melhor crescimento das florestas. A aplicação da tecnologia móvel com o sistema de coletas de dados para inventário florestal de florestas plantadas, assim como o emprego de mapeamento e geoestatística são recomendados para melhorar a qualidade da quantificação e qualificação das florestas, incentivando o emprego da silvicultura de precisão.

Palavras-chave: tecnologia móvel, florestas plantadas, mapeamento e geoestatística.

ABSTRACT

MOBILE TECHNOLOGY APPLICABILITY TO PRECISION SILVICULTURE ACTIVITIES: FORESTRY MAPPING, INVENTORY AND GEOSTATISTICS

The mobile technology applicability to precision silviculture activities on planted forests involves the mapping, inventory and geostatistics. The objective of this research is to demonstrate the mobile technology potentiality in activities of precision silviculture. The precision of forested areas surveys with GPS equipment integrated with Pocket PC computer, through *bluetooth* connexion, as related to measurements conducted with conventional navigation GPS, absolute format, and measurements conducted with topographic GPS with after-processing correction is evaluated in this research. Facing the difficulties to collect, manipulate and transfer the data from the analog to the digital mean a system was developed for project records, portions and forest individuals in mobile technology (Pocket PC) for planted forests inventory. To evaluate the system, real data were used in the process of simulation of the mapped areas, where dendrometric parameters maps gathered from geostatistic processes as compared to conventional processes of forestry inventory of planted forests were evaluated. It was concluded that the navigation equipment are feasible to conduct surveys of metric precision from 3 to 10 meters. The Garmin 10 GPS showed better results than the Etrex Vista GPS, as well as in areas with or without planted forest. The better precision of the coordinates collected with the Garmin 10 GPS were due to the function of the data collecting system for the planted forest inventory, which generates corrected means of the coordinates stored in the equipment. The data collecting system for the forestry inventories of planted forests helped to manipulate and to locate the sampling units of the forestry inventory. The mobility enabled the inventory data to be recorded and stored for further manipulation; it enabled speed and optimization of the data processing activities after the transmission to the computer. The interaction between the variables used in this research, together with the georeferenced data, enabled to distinguish and to visualize distinct characteristics of the forest. Enabled to relate the productivity and to carry the zoning of better growth of the forests. The mobile technology use with data collecting systems for the forestry inventory of planted forests, as well as the use of mapping and geostatistics are recommended to improve the quality of forests quantification and qualification, motivating the use of precision silviculture.

Key-words: mobile technology, planted forests, mapping and geostatistics.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 Silvicultura de precisão	16
2.1.1 Inventário florestal	18
2.1.2 Classificação da qualidade de sítios florestais	21
2.1.3 Fatores ambientais	22
2.2 Aplicações do geoprocessamento na silvicultura de precisão	23
2.2.1 Sistema de posicionamento global – GPS	26
2.3 Tecnologia móvel	30
2.3.1 Tecnologia <i>Bluetooth</i>	32
2.4 Engenharia software	34
2.4.1 Desenvolvimento de sistemas	36
3 MATERIAIS E MÉTODOS	41
3.1 Materiais	41
3.2 Métodos	42
3.2.1 Mapeamento Florestal	42
3.2.1.1 Levantamento relativo com GPS ProMark2 – Testemunha	43
3.2.1.2 Levantamento com GPS de navegação Etrex Vista	44
3.2.1.3 Levantamento com GPS de navegação Garmim 10	44
3.2.1.4 Processamento dos levantamentos	45
3.2.1.4.1 Levantamento relativo	45
3.2.1.4.2 Levantamento absoluto	47
3.2.1.5 Análise comparativa entre as coordenadas encontradas com os diferentes aparelhos GPS's	48
3.2.2 Inventário Florestal	48
3.2.2.1 Sistema de inventário florestal em Pocket PC	50
3.2.2.2 Desenvolvimento do sistema de inventário florestal para Pocket PC	51
3.2.2.2.1 Caracterização do projeto	51
3.2.2.2.2 Caracterização da parcela	52
3.2.2.2.3 Levantamento da vegetação	52
3.2.2.2.3.1 Qualidade das árvores	52
3.2.2.2.3.2 Classe natural de idade	53
3.2.2.2.4 Classe de valor.....	54
3.2.2.2.5 Grau de estoqueamento.....	55
3.2.2.2.6 Grau de cobertura	55
3.2.2.2.7 Características fitossanitárias do indivíduo	55
3.2.2.2.8 Cálculos	57
3.2.3 Silvicultura de precisão	57

3.2.3.1 Malha de amostragem	57
3.2.3.2 Modelos digitais de parâmetros dendrométricos	58
3.2.3.3 Análise comparativa das estimativas do inventário convencional X estimativas por geoestatística.....	61
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	62
4.1 Mapeamento florestal	62
4.1.1 Avaliação do erro das coordenadas do talhão 01	63
4.1.2 Avaliação do erro das coordenadas do talhão 02	65
4.1.3 Avaliação do erro das coordenadas do talhão 03	67
4.1.4 Análise comparativa efetiva entre os levantamentos	70
4.2 Inventário florestal	71
4.2.1 Análise dos dados de inventário florestal das 3 áreas do levantamento	71
4.2.2 Sistema de inventário florestal com tecnologia móvel	74
4.2.2.1 Cadastro de projeto florestal	75
4.2.2.2 Cadastro de parcelas amostrais	76
4.2.2.3 Registro de medições dendrométricas	77
4.2.2.4 Processamento primário dos dados	78
4.2.2.5 Cadastro de espécies florestais	79
4.2.2.6 Interface com sistema GPS <i>bluetooth</i>	80
4.3 Silvicultura de precisão	81
4.3.1 Malha de amostragem para os três talhões em estudo	81
4.3.2 Modelos digitais de parâmetros dendrométricos do inventário florestal para os três talhões	83
4.3.2.1 Resultados referentes das variáveis do talhão 01	83
4.3.2.1.1 Área basal média (m ²) por hectare	83
4.3.2.1.2 Altura média por hectare	85
4.3.2.1.3 Volume total médio por hectare	87
4.3.2.2 Resultados referentes às variáveis do talhão 02	89
4.3.2.2.1 Área basal média por hectare	89
4.3.2.2.2 Altura média por hectare	91
4.3.2.2.3 Volume total médio por hectare	93
4.3.2.3 Resultados referentes às variáveis do talhão 03	94
4.3.2.3.1 Área basal média por hectare	94
4.3.2.3.2 Altura média por hectare	96
4.3.2.3.3 Volume total médio por hectare	98
4.3.3 Análise comparativa para volume total (m ³ /ha)	100
4.3.3.1 Valores resultantes do inventário convencional comparado com o inventário calculado pela silvicultura de precisão	101
5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	104
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106
ANEXOS	112

1 INTRODUÇÃO

Historicamente, as nações passaram por uma evolução na ocupação de seus territórios, abrindo espaço para o desenvolvimento da agricultura, da pecuária, dos aglomerados populacionais e das demais formas de utilização do espaço.

Em virtude dos avanços humanos, a utilização dos recursos florestais foi essencial para o desenvolvimento regional e vem se acentuando com o grau de crescimento das populações.

O crescimento populacional aumentou significativamente o consumo de matéria-prima florestal a fim de suprir as necessidades dos setores de produção tais como indústrias moveleira, energética, de celulose e de papel. Assim sendo, se fez necessário aumentar consideravelmente a produção de florestas plantadas para garantir a matéria-prima consumida.

Esse aumento da demanda dos produtos florestais exige cada vez mais o plantio de áreas florestais, além do emprego de práticas de manejo para obter aumento da produção.

Ao considerar a complexidade e dinamismo dos processos que envolvem a produção florestal, faz-se necessário ampliar a discussão sobre o tema, de modo que se possa dispor de informações que permitam a análise do potencial produtivo da floresta, por meio do uso de tecnologias adequadas.

Na busca de soluções para o planejamento adequado nos empreendimentos florestais, a silvicultura de precisão surge como uma nova forma de produção e administração das florestas. Aliando-se ao conhecimento já existente dos inventários florestais (IF) com a inclusão das variabilidades espacial e temporal dos fatores de produção, esse novo modelo de condução conta com o apoio de tecnologias como: fotogrametria e fotointerpretação, cartografia, sistemas de informações geográficas, sensoriamento remoto, sistemas de posicionamento global e a videografia.

O Inventário Florestal é, portanto uma ferramenta primordial para o desenvolvimento de tecnologias no setor, pois alimenta os sistemas com as informações oriundas do campo, permitindo e/ou possibilitando o gerenciamento da indústria.

Através da análise do conjunto de informações coletadas no campo é possível realizar intervenções precisas nas florestas, para obter o máximo rendimento de acordo com as potencialidades do solo e dos demais fatores ambientais locais.

O levantamento e a qualificação do potencial de produção florestal não são efetivos, pois demandam elevado fluxo de informações, proporcionando dificuldades em alocar, detalhar, organizar, interpretar e, principalmente, armazenar os dados de forma que garantam um confiável banco de dados para tomada de decisões técnico-administrativas.

No entanto, torna-se possível sistematizar tais informações através da utilização de técnicas de geoprocessamento integrado a banco de dados, que permitem planejar e executar ações de cunho técnico, tendo como suporte informações econômicas e operacionais. Assim, a utilização de diferentes ferramentas do Geoprocessamento, aliadas à novas técnicas dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), permitem desenvolver metodologias diferenciadas, visando o levantamento e planejamento da produção florestal (BOLFE, 2001).

Em função da evolução tecnológica ocorrida, o dado georreferenciado ficou mais acessível ao usuário, permitindo que os custos de coleta e processamento da informação espacial ficassem mais acessíveis. Devido a esta acessibilidade, as aplicações e o alcance das geotecnologias têm atingido vários segmentos na área florestal as quais possuem diferentes aplicações: produção de mapas florestais, estratificação por classes de idade, planejamento de unidades amostrais, monitoramento e controle de reflorestamentos, análise econômica, análise de risco, monitoramento de doenças e incêndios, inventário florestal (amostras de partes representativas da floresta) e muitas outras aplicações (WATZLAWICK et. al, 2005).

O desenvolvimento das tecnologias computacionais (hardware e software) aliados a tecnologia GPS (*Global Positioning System*) e a fabricação de circuitos integrados, ocorrido durante a última década, tem permitido a fabricação de dispositivos

computacionais que possuem um novo modelo: o paradigma da mobilidade, facilitando o desenvolvimento das atividades (MATEUS; LOUREIRO, 2004).

A mobilidade possibilitada pela utilização da tecnologia *bluetooth* agiliza as conexões sem fio a curta distância e as comunicações entre vários dispositivos eletrônicos.

A utilização destes dispositivos eletrônicos disponíveis aliados a criação de software tendem a fornecer informações capazes de alimentar complexos bancos de dados que poderão servir de base para o planejamento adequado nos empreendimentos florestais.

Devido a necessidade de efetuar as atividades silviculturais de forma mais ágil e eficiente, o objetivo geral do presente trabalho é avaliar e demonstrar as potencialidades da tecnologia móvel em atividades de silvicultura de precisão.

Os objetivos específicos desse trabalho são:

- A. Avaliar a precisão da medição de talhões florestais com aparelhos GPS integrados, através de conexão *bluetooth* com computador do tipo Pocket PC, em relação a medições processadas com GPS de navegação convencional no formato absoluto e medições realizadas com GPS topográfico com correção de pós-processamento;
- B. Desenvolver um sistema de coleta de dados com tecnologia móvel (Pocket PC) para inventário florestal de florestas plantadas.
- C. Avaliar a precisão de mapas com estimativas dendrométricas obtidas a partir de processos geoestatísticos em comparação com os processos convencionais de inventário florestal de florestas plantadas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Silvicultura de precisão

A silvicultura de precisão (SP), consiste em um novo modelo de manejo dos reflorestamentos, baseado no conhecimento prévio que abarca a variabilidade espacial e temporal dos fatores de produção e da própria produtividade, permitindo intervenções localizadas na floresta. Trata-se de uma nova área do setor florestal, com inédita concepção, que modifica o enfoque dado à silvicultura até então, pois enquanto no sistema convencional a abordagem da unidade florestal se dá de maneira uniforme, na silvicultura de precisão esta mesma área é tratada geograficamente ponto a ponto, ou seja, a área total é dividida em frações de unidades diferenciadas pelo índice de qualidade de sítio.

Esse novo modelo de silvicultura baseia-se na coleta e análise de dados geoespaciais, e viabiliza intervenções localizadas na floresta, com exatidão e precisão adequadas. As técnicas de geoprocessamento fornecem subsídios para a identificação e a correlação das variáveis que afetam a produtividade florestal, por meio da sobreposição, cruzamento e regressão de mapas digitais do relevo, atributos do solo e capacidade produtiva dos povoamentos em Sistemas de Informação Geográfica (SIG) (VETTORAZZI; FERRAZ, 2000).

À medida que cresce a necessidade por informações mais detalhadas na condução do empreendimento florestal, consolida-se também a utilização dos preceitos da silvicultura de precisão, pois esta auxilia na redução de custos em função do correto manejo das atividades florestais (RIBEIRO, 2002).

O planejamento e o gerenciamento florestal envolvem práticas de manejo dos povoamentos que, por sua vez, exigem um conhecimento simultâneo de atributos do solo, do relevo e do rendimento dos talhões. As técnicas de geoprocessamento possibilitam o armazenamento, tratamento, cruzamento, sobreposição, análise e visualização, em conjunto, dessas informações espaciais, sob a forma de mapas

digitais. Isto permite tomada de decisões rápidas, ágeis e eficientes, ao minimizar custos e otimizar os recursos e atividades produtivas, acarretando ganho de produtividade e maximização dos lucros (ORTIZ, 2003).

Segundo Ribeiro et al. (2000), a tecnologia de precisão baseia-se na disponibilidade de uma base de dados confiável e atualizada, que reflita com fidelidade o estado atual das variáveis de precisão. Três tecnologias convergentes constituem o cerne desse tipo de sistema de informação: sensoriamento remoto (SR), sistema geográfico de informação (SIG) e sistema de posicionamento global (GPS). Dois aspectos dessas bases de dados são destacados:

- Características permanentes dos solos: relevo e tipos de solo;
- Características temporárias: fertilidade, temperatura, umidade, biomassa, estudo fitossanitário.

As áreas passíveis de serem beneficiadas com o advento da silvicultura de precisão: mapeamento dos talhões, avaliação do potencial produtivo do solo, susceptibilidade à erosão do solo; preparo do solo (adubação diferenciada), otimização do traçado das estradas florestais, inventário florestal; monitoramento da saúde dos talhões (ervas-daninhas, pragas e doenças), seleção dos indivíduos para desbaste, otimização da seqüência de exploração; prevenção e controle de incêndios florestais, manejo de paisagens e criação de corredores florestais.

Para praticar a silvicultura de precisão é necessário conhecer a floresta e adotar técnicas específicas para o manejo, assim sendo, os fatores importantes para executar a silvicultura de precisão são:

- Inventário florestal;
- Classificação da qualidade de sítios florestais;
- Fatores ambientais.

2.1.1 Inventário florestal

Os recursos florestais, tanto de florestas plantadas como naturais, possuem as funções de produção e proteção, requerendo sempre do responsável pelo povoamento,

decisões precisas e fidedignas para melhor conservar ou manejar estes recursos, o que só é possível com a realização de um inventário florestal (SANQUETTA et al., 2006).

O processo de tomada de decisões sobre as diversas questões que envolvem a ciência florestal necessita de informação. Ao longo dos anos, devem ser acumulados os dados para saber quais procedimentos devem ser adotados na condução das florestas.

Uma das formas de se obter informações quantitativas e qualitativas das florestas é dada pelo Inventário Florestal (IF), o qual é conceituado por vários autores, como:

- A. “Consiste na aplicação de princípios de medição para obter informações quantitativas que produzem decisões” (HUSCH et al., 1972).
- B. “Ferramenta primária de gerenciamento para a produção de madeira, sendo empregado para avaliar os recursos florestais existentes e desenvolver cronogramas de plantio e de tratamento, projetar suprimentos futuros de madeira e para outras atividades de planejamento operacional” (ARONOFF, 1989).
- C. “Atividade que visa obter informações qualitativas e quantitativas dos recursos florestais existentes em uma área pré-especificada”, segundo (PÉLLICO NETTO; BRENA, 1997).

Para Brena (1995), a maioria das informações sobre uma dada área florestal é obtida através do inventário de seus recursos. Uma vez que o principal recurso comercializável é a madeira, bem como, em geral, os recursos florestais cobrem grandes áreas de terra, o inventário florestal pode ser definido como um procedimento sistêmico para:

- a) Coletar dados mensuráveis dos recursos florestais e da terra sobre o qual eles crescem, através de amostragem;
- b) Processar os dados e analisar os resultados da amostra;
- c) Apresentar o volume de madeira e estimativas de áreas por espécie e classes de qualidade da floresta.

Para Péllico Netto e Brena (1997), o IF é classificado conforme sua abordagem no tempo sendo a primeira ocasião definida como Inventário Florestal Temporário (IFT),

o qual é caracterizado por uma única abordagem da população no tempo. Assim, quando se finda a coleta de dados, toda a estrutura de amostragem é abandonada. Já Inventários Florestais Contínuos (IFC), repetidos periodicamente, são caracterizados por várias abordagens da população no tempo. Para tanto, a estrutura de amostragem é materializada de modo duradouro, tendo em vista as sucessivas coletas de dados, que permitem o acompanhamento da dinâmica das mudanças que ocorrem em um período de tempo considerado na floresta.

Dos trabalhos pioneiros na área de mensuração e manejo florestal no Brasil, destacam-se os grandes inventários diagnósticos na Amazônia, Espírito Santo e as tabelas de volume e produção para as plantações de coníferas no Sul, desenvolvidas por Heinsdijk (em 1962 e 63); o IF do Pinheiro do Paraná e da região de influência da Empresa Rigesa (município de Canoinhas em Santa Catarina), executados por Dillewijn (1966 e 67), referenciados por Machado e Figueiredo Filho (2003).

Neste contexto, pode-se mencionar que durante o Inventário Florestal Nacional - realizado pelo antigo IBDF (Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal), no período de 1981/82 - no Inventário das Florestas Naturais dos Estados do Paraná e Santa Catarina, foi coletado um número expressivo de dados e apresentado um volume significativo de informações. Para o processamento dos dados referentes às árvores cubadas e amostradas, foram utilizados 40 programas computacionais. Os dados foram perfurados em cartões a partir de formulários específicos e armazenados em discos magnéticos, obedecendo às estruturas requeridas pelo sistema, (PÉLLICO NETTO, 1984).

Atualmente temos como referencia o IFC realizado em 2001, no Estado do Rio Grande do Sul, sendo este o único executado na região Sul do Brasil nos últimos 20 anos. Efetuado com o auxílio de modernas tecnologias e equipamentos, foram adotados sistemas computacionais específicos para a realização do mapeamento e formação do banco de dados. Esta base de informações está sendo utilizada para formulação de estratégias que garantam a sustentabilidade de matéria-prima de qualidade, ampliação do parque industrial e competitividade pela busca de novos mercados (SEMA, 2005).

Antes do SIG - Sistemas de Informações Geográficas, os dados de inventário florestal eram mantidos em papel, na forma de mapas, fotografias aéreas ou dados tabulados, levando anos para serem atualizados. Com o uso do SIG, as informações de um inventário florestal podem ser armazenadas, atualizadas, recuperadas e associadas a mapas florestais, tornando mais fácil e rápido analisar e exibir graficamente os resultados. A combinação de SIG com inventários florestais torna a informação mais completa, permitindo a integração dos dados necessários para a administração e tomada de decisões sobre os recursos naturais em um tempo reduzido, fator que levou à ampla aceitação da tecnologia SIG no setor florestal (AVERY; BURKHART, 1994).

Sendo assim, Sanquetta et al. (2006), menciona que as técnicas de inventário florestal, bem como os procedimentos a serem adotados na coleta de dados e análise dos resultados, variam em cada região, considerando as diferentes tipologias florestais e as necessidades que cada levantamento requer.

Os inventários florestais eram executados dentro de padrões metodológicos e tecnológicos simples. Com o passar do tempo e a evolução tecnológica passou-se a utilizar, cada vez mais, ferramentas sofisticadas de apoio ao inventário florestal. Dentre estas, podem ser citadas a utilização de fotografias aéreas, imagens de satélite, imagens de sensores aerotransportados, imagens de vídeo, a utilização do sistema GPS, assim como o desenvolvimento da computação, envolvendo toda a tecnologia da informação para processamento e análise dos dados levantados, (SANQUETTA et al., 2006, p. 8).

A grande utilização destas tecnologias vem sendo aplicada nas mais diversas áreas dos levantamentos florestais, sendo assim, melhorando a logística de todos os trabalhos. Para Sanquetta et al. (2006), o uso de tecnologias adequadas pode melhor caracterizar sítios existentes, superfícies e localização, a existência de focos de mortalidade, ataque de pragas, incêndios, presença de clareiras, e uma vasta gama de informações para a caracterização momentânea ou para monitoramento ambiental da área.

2.1.2 Classificação da qualidade de sítios florestais

A prática de uma silvicultura moderna requer um adequado aproveitamento do solo, o que implica na utilização de cada porção do solo de acordo com a sua capacidade de sustentação e produtividade econômica. Com relação ao meio físico, é de grande importância para o manejo e planejamento florestal estimar e inventariar a capacidade produtiva do sítio. A expressão sítio é utilizada para designar uma unidade de área indivisível em termos de produtividade florestal. É a síntese da interação de todas as variáveis biológicas e ambientais (pedológicas, topográficas e climáticas) que afetam o crescimento (GONÇALVES, 1988).

No manejo florestal a maioria das decisões envolvem avaliação da capacidade produtiva das áreas florestais em estado de ordenação. Estas informações são normalmente expressas em termos de curvas de índice de sítio, as quais são obtidas a partir da classificação dos solos florestais. O manejo é um constante planejar, revisar, executar de planos, e está sujeito às características da produção florestal. Geralmente, o objetivo principal do manejo vem a ser a madeira, e este varia conforme a produtividade e a localização da empresa em relação aos centros consumidores (SCHNEIDER, 1993).

De acordo com Gonçalves et al. (1990), genericamente, a viabilidade de aproveitamento dos recursos naturais, visando a exploração econômica de seu potencial, é avaliada através das propriedades edáficas de uma área específica. Em função de um prévio conhecimento das relações existentes entre o crescimento do povoamento florestal e as propriedades edáficas, é possível avaliar a maior ou menor adequabilidade da terra para cada atividade, dentro de um plano anteriormente sugerido para a área.

A capacidade produtiva de uma área florestal é determinada em virtude da ação e interação de fatores bióticos, climáticos, edáficos e topográficos, influenciados pelas práticas silviculturais e de manejo florestal (BARROS, 1974). Pode-se ainda dizer que o desenvolvimento de árvores ou povoamentos é influenciado por três grupos de fatores: genéticos, ecológicos (sítios) e dos tratamentos aplicados pelo homem (SCHNEIDER,

1993). O mesmo autor ainda cita os principais objetivos da avaliação da qualidade de sítio:

- a) estimativa do rendimento global dos povoamentos;
- b) planejamento e execução de tratamentos de pesquisa (por exemplo, desbastes);
- c) programação e execução de trabalhos de manutenção (limpezas) das plantações existentes;
- d) extensão da classificação da qualidade do sítio em áreas a serem plantadas, para seleção adequada de espécies.

Os métodos para determinação da qualidade de sítio, ou seja, para estimar a produtividade de sítios florestais, podem ser divididos em métodos diretos e indiretos. Os métodos diretos avaliam a capacidade produtiva em termos do crescimento das árvores em altura, área basal, volume, biomassa (RALSTON, 1964). O método indireto baseia-se na locação de parcelas em povoamentos florestais, abrangendo uma série de sítios com diferentes capacidades produtivas, em função das variações climáticas, fisiográficas e edáficas existentes na área ou região florestal designada para o estudo (GONÇALVES et al. 1990).

Segundo Ortiz (2003), a classificação de solos pode ser usada na estratificação de sítios, algumas vezes associada com outros fatores do ambiente. As relações entre as classes de solo e produtividade florestal podem ser fracas, porque os critérios das classificações de solos foram desenvolvidos sobre bases pedológicas e, ou agrícolas.

2.1.3 Fatores ambientais

Os efeitos dos fatores ambientais sobre o crescimento dos povoamentos florestais agem inter-relacionados e, raramente podem ser analisados isoladamente. As características fisiográficas do ambiente são mais determinantes da produtividade do que a fertilidade do solo, ou seja, quando uma unidade amostral ocupa uma posição adequada em termos de exposição, posição na toposequência e declividade, a fertilidade do solo tem efeito pouco expressivo (BRAGA, 1997).

Segundo Ortiz (2003), sob condição climática regional uniforme, frequentemente é possível relacionar a produtividade florestal com características fisiográficas. O efeito das variações de relevo sobre o microclima e o regime de umidade do solo pode ser caracterizado indiretamente pela altitude, exposição, declividade e posição na toposequência.

Diferentes práticas durante o manejo de uma cultura envolvem métodos que permitem um aumento na produtividade por meio de um melhor uso dos recursos ambientais, como água, nutrientes, dióxido de carbono e luz. A absorção de água e nutrientes, que são processos essenciais ao crescimento de uma planta, dependem do crescimento do sistema radicular. O processo de fotossíntese, que envolve fixação do dióxido de carbono e interceptação da radiação solar, depende da parte aérea da planta, especialmente das folhas. Assim sendo, quaisquer práticas a serem utilizadas no manejo de um povoamento florestal devem ser analisadas quanto ao efeito que exercem sobre os diferentes componentes da planta (DUNCAN, 1979).

2.2 Aplicação do geoprocessamento na silvicultura de precisão

Geoprocessamento é o conjunto de tecnologias destinadas à coleta e ao tratamento de informações espaciais, bem como o desenvolvimento de sistemas e de suas aplicações. As características fundamentais de um sistema de geoprocessamento é criar, armazenar, recuperar e analisar mapas num ambiente computacional (CÂMARA, 1993).

O emprego do geoprocessamento no gerenciamento de unidades de produção florestal possibilita a geração de um banco de dados, no formato vetorial ou raster, georreferenciados, de acordo com uma única base cartográfica, o que permite efetuar avaliações, análises espaciais e simulações em função de variáveis como pedologia, declividade, geologia, fertilidade, irrigação, produtividade, etc., que subsidiam tomadas de decisão técnicas, administrativas, de viabilidade, implantação, condução, colheita, manejo, exploração e monitoramento florestal a serem implementadas (ORTIZ, 2003).

As ferramentas computacionais para Geoprocessamento, chamadas de *Sistemas Geográficos de Informação (Geographical Information System-SIG)*, permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes, criam um banco de dados com informações georreferenciadas. O objetivo do SIG é processar informações espaciais, criar abstrações digitais da situação real, e manejar e armazenar eficientemente os dados, de forma a identificar o melhor relacionamento entre as variáveis espaciais, possibilitando a criação de relatórios e mapas que contribuam para a compreensão holística desses relacionamentos (RIBEIRO, 2002).

Os sistemas geográficos de informação têm aplicações de muita utilidade na engenharia florestal, tanto para empresas de reflorestamento e de gerenciamento de plantações, que reúnem várias informações sobre a época de plantio, condições do solo, produtividade das diferentes regiões, idade das plantações, áreas com risco ambientais, controle das operações florestais, parques, reservas ecológicas, entre outros. Uma das razões para esse uso é que o SIG permite a realização de análises espaciais das informações contidas dentro deste sistema composto por um grande número de variáveis. A ligação dos mapas digitais em ambiente SIG com cadastro atualizado de uma empresa florestal, por exemplo, permite que o planejamento das operações seja otimizado (SANQUETTA et al., 2006).

Em um sistema geográfico de informação é perfeitamente possível o posicionamento preciso dos dados espaciais, que permite ao analista relacionar a variação dos fatores envolvidos na produção com a sua localização espacial no campo. Com isso, é possível relacionar diferentes séries históricas ou combinar dados obtidos de fontes diversas. Oferece ainda condições para que diversas funções analíticas, como análise por superposição geométrica, álgebra booleana e reclassificações, sejam utilizadas para produzir novas informações (RIBEIRO, 2002).

A evolução tecnológica oferece ferramentas sofisticadas de apoio às atividades no setor florestal. Dentre estas, pode ser citadas a utilização de fotografias aéreas, imagens de satélite, imagens de sensores aerotransportados, imagens de vídeo, a utilização do sistema GPS, assim como o desenvolvimento da computação, envolvendo toda a tecnologia da informação processamento e análise dos dados levantados. É ampla a gama de utilização destas tecnologias, podendo ser aplicadas na definição dos

processos de amostragem, nos mapeamentos, na prescrição da logística dos trabalhos de campo, entre outras (SANQUETTA et al., 2006).

A obtenção de dados pode ser realizada, por meio de sensoriamento remoto com imagens de satélite, fotogrametria aérea ou amostragem direta no campo. Amostragem direta no campo: pode ser a única opção disponível, porém atinge alto custo. Sempre que possível, devem-se realizar estudos-piloto para o levantamento dos dados, a fim de corrigir as falhas que por ventura tenham ocorrido no planejamento. O sensoriamento remoto tem como vantagem a cobertura de áreas extensas a custos relativamente baixos. As imagens digitais de sensores orbitais com resolução métrica (Ikonos, QuickBird) têm sido muito úteis na determinação das dimensões das copas das árvores e da densidade.

As imagens de satélite possibilitam, em geral, uma boa caracterização das áreas alvo em inventários florestais, facilitando a definição de estratos florestais, a localização de estradas, aceiros, entre outros, possibilitando um bom planejamento e uma melhor execução dos trabalhos de campo. Possibilitam ainda o cálculo das áreas dos estratos florestais, sendo que esta atividade deve ser realizada com a melhor precisão possível, pois sua influência é grande em muitas outras estimativas advindas da amostragem. Um erro pequeno no cálculo de área pode significar negativamente para o inventário florestal, mesmo que tenha havido o maior rigor nas mensurações efetuadas em campo (SANQUETTA et al., 2006).

O autor mencionado acima cita que o Sistemas de Posicionamento Global (GPS), na área florestal tem diversas finalidades de uso. As principais estão relacionadas às fases do manejo florestal, entre as quais o mapeamento e a localização de parcelas de inventários para posterior verificação do responsável pela mesma. Ainda pode ser utilizado para cadastrar árvores porta-semente em vegetação de interesse ou outras formas similares de uso.

Através do geoprocessamento é possível criar a malha de unidades amostrais, bem como avaliar as unidades que estão dentro da área de interesse. De posse da malha amostral, lança-se sobre o mapa, gerando as coordenadas geográficas para cada uma das unidades (parcelas) amostrais. Assim com um GPS é possível entrar

com uma coordenada conhecida, e o aparelho orientar a direção e a distância aproximada a seguir (SANQUETTA et al., 2006).

A interação dos dados obtida via Sistemas de Posicionamento Global Diferencial (DGPS) com o SIG, permite a manipulação e as análises necessárias para a geração de mapas digitais que serão utilizados para orientação dos equipamentos de tecnologia de taxas variáveis (VRT) no campo. Essa tecnologia oferece a possibilidade de aplicação de insumos e defensivos de forma minimizada, de maneira a maximizar o lucro e diminuir o risco de contaminação ambiental. A utilização do SIG é essencial ao paradigma de manejo (RIBEIRO, 2000).

Em comparação com o mapeamento tradicional, na silvicultura de precisão, as informações são coletadas com elevada densidade amostral. À medida que esse segmento se expande, o SIG torna-se cada vez mais integrado como ferramenta para se trabalhar o banco de dados e realizar análises. De maneira geral, 75% do orçamento e do tempo de um projeto nessa área são consumidos na fase de elaboração da base de dados. O banco de dados georreferenciados de um SIG é geralmente constituído de diferentes temas, em que cada tema corresponde o comportamento espacial de determinada variável (RIBEIRO, 2000).

2.2.1 Sistema de posicionamento global – GPS

O advento da “Era Tecnológica” estabeleceu mudanças significativas em várias ciências, em particular, nos métodos de posicionamento geográfico. Uma das tecnologias implementadas foi o Sistema GPS - *Global Positioning System* - sistema projetado para fornecer o posicionamento instantâneo de um ponto sobre a superfície da Terra ou próximo a ela, bem como a velocidade de deslocamento.

Este sistema foi desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos EUA, originalmente criado com fins militares estratégicos. A partir de meados da década de setenta, seu uso foi estendido para aplicações civis, tendo passado por uma contínua evolução desde então. Representa atualmente uma nova alternativa de posicionamento

para a cartografia e ciências afins, tendo o uso do GPS crescido significativamente em aplicações nas atividades agrícolas e florestais.

De forma objetiva o Sistema de Posicionamento Global forma uma constelação de 24 satélites operados pelo Departamento de defesa dos Estados Unidos. Através de sinais constantemente emitidos por esses satélites, pode-se calcular e obter coordenadas precisas para qualquer posição na superfície da Terra (OLIVEIRA FILHO; DISPERATI, 2003). O sistema está distribuído em 6 órbitas distintas, a uma altitude aproximada de 20.200km, com plano orbital de 55º de inclinação em relação ao plano equatorial e um período de revolução de 12 horas siderais.

O posicionamento por meio do GPS se baseia na triangulação a partir de satélites. Para essa triangulação o sistema determina a distância receptor-satélite através do tempo que um sinal de rádio leva, a partir de sua saída do satélite, para chegar ao receptor. Isto é feito através de uma correlação dos códigos gerados e recebidos, através da geração simultânea e sincronizada de sinais idênticos pelo satélite e pelo receptor. Pela defasagem entre os sinais determina-se a diferença de tempo em que o sinal demorou a percorrer a distância receptor-satélite. Para completar o cálculo da posição do receptor GPS, são necessários ainda: (a) o conhecimento da posição no espaço de cada satélite utilizado na triangulação; (b) os fatores para a realização da correção dos efeitos provocados pela atmosfera terrestre e atraso no sinal; e, (c) uma medida extra para compensar o efeito da defasagem do relógio do receptor. Assim há a necessidade de pelo menos quatro satélites para a determinação das coordenadas X, Y e Z (VETTORAZZI et al.,1994).

Para Oliveira Filho; Disperati (2003, p. 10), as ondas de rádio emitidas pelos satélites se propagam na velocidade da luz, portanto conhecendo-se o momento exato em que o sinal deixou o satélite, pode-se conhecer também o tempo necessário para que o sinal chegue até o receptor. Este tempo é obtido com precisão de 10^{-9} segundos (nano-segundo), através de relógios altamente precisos (relógios atômicos) acoplados a estes satélites, e da sincronização dos códigos dos sinais, ou seja, remediações freqüentes e identificáveis pelo receptor. Apesar da alta precisão dos relógios atômicos, o código de acesso civil não permite a obtenção de pontos com altas precisões em tempo real, a menos que se trabalhe com transmissão de rádio para informação da base fixa e cálculo imediato das correções devidas.

Para Rocha (2000), o posicionamento pelo método GPS é baseado em dois tipos de medições diretas satélite/receptor, onde estas medidas são baseadas nos códigos (medida das pseudodistâncias) e as medidas baseadas nas ondas portadoras (medidas de fase). Nas medidas baseadas nas ondas portadoras destaca-se o posicionamento absoluto e o relativo:

- Posicionamento absoluto: medem simultaneamente as distâncias entre o receptor e três satélites. Conhecendo a posição atual de cada satélite, pode-se calcular, em tempo real, a posição do receptor. Os satélites são os pontos de estação conhecidos;
- Posicionamento relativo: nesta forma é conhecido de antemão, um ponto sobre o sistema global de coordenadas, pode-se determinar com boa precisão, um outro ponto, relativamente ao primeiro. Quando modificadas as equações do sistema, para que se considere haver um ponto com coordenadas conhecidas e fixas, a precisão do sistema torna-se sub-métrica.

Outro fator importante para determinar a qualidade do resultado das medições GPS é o coeficiente DOP – *Dilution Of Precision*, que indica, em uma escala padronizada, se a geometria espacial dos satélites pode ser considerada boa. Estes números DOP são inversamente proporcionais ao volume do corpo sólido gerado pelos satélites e o ponto a determinar. Dessa forma quanto maior o volume, menor o DOP (ROCHA, 2000).

Vários autores têm relatado a aplicação do sistema GPS em atividades relacionadas às áreas agrícola e florestal. Segundo August et al. (1994), especialistas na área ambiental têm utilizado o sistema GPS para o posicionamento das feições levantadas no campo. A exatidão obtida com um equipamento de baixo custo, testado pelos autores, dependeu da metodologia empregada no levantamento. Sob condições ideais de operação, 95% dos pontos foram localizados dentro de um raio de 73m, quando não se procedeu à correção diferencial, e em um raio de 6m quando a correção diferencial foi efetuada.

McCormick (1999) conduziu um estudo detalhado da vegetação em 'East Everglades', nos EUA, a fim de mapear com GPS a distribuição de *Malaleuca*

quinquenervia, uma espécie vegetal exótica e agressiva, marcada para erradicação. O autor conseguiu obter uma exatidão de 94% no mapeamento, o que permitiu um manejo adequado desta espécie vegetal.

A utilização do GPS na engenharia florestal possui diversas aplicações nas mais diversas atividades. Porém, o uso é limitado na presença de vegetação densa e outros obstáculos físicos que impedem a captura dos sinais emitidos pelo satélite. Os principais usos em atividades florestais são: orientação de equipes de campo em florestas, determinação de pontos que definem as unidades amostrais em inventários florestais, definição de limites, manejo, silvicultura e conservação dos recursos naturais (DRAGO; DISPERATI, 1996).

Segundo Watzlawick et al. (2000), o uso do GPS de navegação na localização das unidades amostrais do Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul, prestou-se para realização dos trabalhos, mesmo possuindo um erro conhecido, onde este erro era facilmente percebido no terreno.

Gilbert (1997) cita os fatores mais importantes que determinam o sucesso de obtenção de valores posicionais com o GPS, sob condições de cobertura vegetal, e são enquadrados em três grandes categorias: ambiente, técnicas de coleta de dados e equipamento GPS.

Liu e Brantigan (1995), testaram a exatidão e a eficiência do método diferencial de posicionamento em ambientes florestais e chegaram à conclusão que a cobertura vegetal e a ondulação do terreno em regiões montanhosas influenciaram na exatidão do posicionamento DGPS (Diferencial GPS – estação com posição de coordenadas conhecidas); de maneira geral, os resultados obtidos no levantamento estático/DGPS foram mais exatos, mas o trabalho de campo foi menos produtivo quando comparado com os resultados obtidos no levantamento cinemático/DGPS; e, que resultados com baixa exatidão foram obtidos tanto quando foi utilizado o método estático quanto o método cinemático de posicionamento DGPS.

Em trabalho realizado por Watzlawick et al. (2002), utilizando o GPS como uma ferramenta de apoio à realização de inventários florestais, tanto em florestas naturais como em reflorestamentos relatam algumas implicações, por alguns destes ambientes

apresentarem uma cobertura de copas muito densa ou possuírem uma grande densidade de plantas por hectare.

A partir dos resultados obtidos, pode-se concluir que se faz necessário a aplicação desta ferramenta aos inventários florestais. Apesar desta conclusão algumas restrições quanto à sua utilização em ambientes florestais com cobertura de copas muito fechadas e/ou quando apresentar um grande número de galhos muito próximos ao receptor GPS, ou árvores com grandes diâmetros, provocam erros. Com a utilização do GPS, a localização das unidades amostrais se dá em um tempo bem menor, com menores custos, além da possibilidade de inserção da unidade amostral em um ambiente SIG (WATZLAWICK et al., 2005).

2.3 Tecnologia móvel

Avanços ocorridos na área de micro-processadores, novos materiais de sensoriamento, micro sistemas eletro-mecânicos (MEMS – *Micro Electro-Mecanical Systems*) e comunicação sem fio, têm estimulado o desenvolvimento e uso de sensores “inteligentes” em áreas ligadas a processos físicos, químicos, biológicos, dentre outros (LOUREIRO et al., 2003).

A mobilidade permite um acesso fácil e rápido à informação necessária para o aumento da produção, devido a maior organização e agilidade de resposta face às oportunidades de negócio. Com uma observação objetiva e constante em tempo real de processos empresariais, finanças e desenvolvimento é possível assegurar o controle e tomar decisões rápidas (HP, 2005).

Tecnologias móveis são dispositivos computacionais. Elas estão mudando a forma de trabalho, estudo e realização de outras atividades quando estamos em movimento ou não desejamos ficar limitados a uma infra-estrutura fixa de comunicação de dados (MATEUS; LOUREIRO, 1998).

A crescente migração da computação *desktop-based* para a computação móvel, disponibilizada por equipamentos como *palmtops*, *handhelds* e celulares com

capacidade de integração com a Internet, representa uma importante mudança de paradigma (GARCIA; LIMA, 2003).

Computação móvel tem como objetivo prover acesso permanente ao usuário em rede fixa ou móvel, independente de sua posição física. É a capacidade de acessar informações, aplicações e serviços de qualquer lugar. Existem três elementos que caracterizam e compõem a computação móvel: o tipo e capacidade de processamento do dispositivo portátil; a mobilidade do usuário e da unidade móvel; e, a comunicação com outro elemento computacional através de um canal de comunicação sem fio (LOUREIRO et al., 2003a).

É importante observar que a variação das interfaces de entrada e saída, capacidade de processamento e armazenamento, autonomia de funcionamento e suporte a protocolos de comunicação sem fio é grande entre os diferentes tipos de dispositivos. Os dispositivos móveis estão sendo fabricados com outras facilidades, funcionalidades e interfaces como GPS (*Global Positioning System*), tocadores de áudio, câmeras fotográficas digitais, jogos eletrônicos e placas de comunicação multi-protocolos sem fio, que facilitarão a comunicação entre diferentes tipos de dispositivos e infra-estruturas de comunicação (MATEUS; LOUREIRO, 2004).

As aplicações da tecnologia móvel estão avançando a cada dia, por exemplo, estudos realizados por nutricionistas aplicando a tecnologia móvel (telefones celulares com acesso a Internet e compatíveis com J2ME) na redução alimentar têm mostrado eficiência no controle diário dos pacientes, pois através da coleta de informações sobre alimentos consumidos (data, hora e quantidade) no momento da alimentação, estão disponíveis ao nutricionista a qualquer momento (GARROZI; SILVA, 2007).

A tecnologia móvel também está auxiliando nos sistemas de gerenciamento de informações cadastrais de municípios, o que permite a manipulação e disponibilização de informações alfanuméricas importantes para um bom planejamento, além de possibilitar o acesso às informações do cadastro, permite atualização dos dados pelos operadores, além de contar com a possibilidade de georreferenciamento de todos os imóveis dos municípios (ANDREIS, 2006).

Devido as dificuldade de acompanhar o desenvolvimento tecnológico no sentido de usufruir os equipamentos de última geração disponíveis, o departamento de

engenharia elétrica da UFPA, juntamente com a empresa sueca Ericson, estão desenvolvendo uma nova tecnologia capaz de garantir uma comunicação celular limpa em florestas densas, em áreas com rios de grandes volumes, além de acabar com as interferências dentro dos elevadores, túneis para automóveis e até mesmo em avenidas fechadas por árvores, segundo Luz (2007).

Os principais problemas a serem tratados podem ser divididos em três áreas: rede, localização do dispositivo e as funcionalidades fornecidas por esses dispositivos. Redes internas e externas possuem características diferentes como largura de banda e área de cobertura, além de protocolos diferentes (MATEUS; LOUREIRO, 2004).

Esse novo paradigma computacional irá trazer vários desafios. A mobilidade entre diferentes tipos de rede deve ser suportada. Um grande desafio será projetar sistemas interoperáveis entre essas diferentes infra-estruturas. Serviços devem ser disponibilizados de forma consistente em redes e dispositivos diferentes. Além disso, o desempenho será uma questão crítica e deve ser analisada em todo o sistema (MATEUS; LOUREIRO, 1998).

A disponibilização de serviços e aplicações depende, da criação de novas ferramentas e plataformas de desenvolvimento. Nesse processo, desafios existentes em sistemas tradicionais irão aparecer com uma conotação mais forte ainda como usabilidade e segurança. Esse ciclo começa com a disponibilização da tecnologia, desenvolvimento de uma infra-estrutura de *software*, e ferramentas ambientes de desenvolvimento (MATEUS; LOUREIRO, 1998).

2.3.1 Tecnologia *Bluetooth*

O Bluetooth - *Special Interest Group* (SIG), formado pela Ericsson, Nokia, IBM, Toshiba e Intel, foi fundado no início de 1998. É uma nova tecnologia que, através de uma interface de rádio, permite a conexão e comunicação sem fio entre dispositivos eletrônicos, como telefones, modems, headsets, PDAs, computadores, impressoras, projetores, entre outros (KOFUGI et al., 2005).

Bluetooth é uma especificação industrial para a comunicação em curta distância de redes sem fio com baixo custo e alta operabilidade (KOBAYASHI, 2004). A tecnologia é bastante barata e oferece um link de pequena distância, para transmissões na ordem de dezenas a centenas de kbytes, ideal para sistemas embutidos (BILLO, 2003).

A tecnologia *Bluetooth* visa a conectividade num sentido mais geral, envolvendo todos os equipamentos de uma mesma área restrita, particularmente entre os "móveis" que entram e saem, interagindo entre si e com os "fixos", pois cada "equipamento *Bluetooth*" trará embutido dentro dele um chip que nada mais é que um micro rádio transceptor ("Bluetooth Radio") (KOBAYASHI, 2004).

O sistema *bluetooth* provê conexões ponto-a-ponto (apenas dois dispositivos Bluetooth envolvidos), ou conexões ponto-multiponto. Nas conexões ponto-multiponto, o canal é compartilhado entre alguns dispositivos *Bluetooth*, formando uma *piconet* (um dos dispositivos Bluetooth funciona como mestre, enquanto os demais funcionam como escravos). O master controla o acesso dos dispositivos escravos e determina o clock responsável pela sincronização, dentre outras funções (BILLO, 2003).

Ao contrário das transmissões infravermelhas, que utilizam ondas de luz e exigem que os dispositivos a serem conectados estejam visíveis um ao outro, as ondas de rádio não tem nenhuma exigência de linha de visão e podem, de fato, atravessar a maioria dos objetos sólidos (KOFUGI et al., 2005).

Tendo em mãos tanto um *notebook* quanto um celular equipado com transmissores *Bluetooth*, é possível acessar a Internet pelo celular, editar a lista de telefones do aparelho, baixar recados, fazer ligações, enviar mensagens de texto, sem precisar ligar fios ou mesmo tirar o celular do bolso, já que os dois estão em comunicação permanente. Esta rede pode automaticamente ajudar a sincronizar notas, calendário, livro de endereço e imprimir também retratos, receber e-mails, mensagens de telefones do celular, (KOBAYASHI, 2004).

Graças ao baixo preço desta tecnologia e ao retorno oferecido em cima deste investimento, fica claro que a mesma será difundida, pois será implementada em grande parte dos equipamentos elétricos de forma que telefones, eletrodomésticos,

computadores e outros poderão trocar informação, formando assim, redes de comunicação (KOFUGI et al. 2005).

2.4 Engenharia de *software*

O Mundo da engenharia de *software* vem se desenvolvendo com velocidade surpreendente. Ela fornece uma grande variedade de ferramentas, métodos e tecnologias que auxiliam as atividades comumente encontradas em projetos de *software*.

Engenharia de *software* é a metodologia de desenvolvimento e manutenção de sistemas modulares, com as seguintes características: adequação aos requisitos funcionais do negócio do cliente, seus respectivos procedimentos pertinentes, efetivação de padrões de qualidade e produtividade em suas atividades e produtos (REZENDE, 1999).

Essa metodologia vem sendo vista como a aplicação dos métodos e tecnologias da engenharia para planejar, especificar, desenhar, implementar, validar, testar, medir, manter e aprimorar os sistemas de *software*. Assim a evolução aparece como uma resposta às sugestões dos interessados no projeto, às mudanças de requisitos, aos novos conhecimentos sobre o comportamento, ao ambiente do *software*, e à necessidade de se otimizar o seu desempenho (PETERS; PEDRYCZ, 2001).

O *software* consiste em um conjunto de informações em diferentes níveis de abstração e em um conjunto de transformações e decisões associadas a essas transformações, (MALCONADO et al., 2001).

Software de computador tornou-se uma força motora. É o motor que dirige a tomada de decisões nos negócios. Serve de base à moderna investigação científica e às soluções de problemas de engenharia. É um fator chave que diferencia os produtos e serviços modernos. Está embutido em sistemas de todas as naturezas: de transportes, médicos, de telecomunicações, militares, de processos industriais, de produtos de escritório, etc (PRESSMAN, 2002).

O autor acima cita ainda que o *software* integra o mais importante produto da nossa época – a informação. O software transforma dados pessoais (por exemplo, as informações financeiras de uma pessoa) de modo que possam ser mais úteis em determinado contexto; gera informação comercial para melhorar a competitividade; fornece um portal para as redes de informação de âmbito mundial (por exemplo, a Internet); e, proporciona os meios para obter informações em todas as suas formas. À medida que a complexidade do software cresce, a compartimentalização nítida desaparece. Ocorrendo subdivisões em cada área de atuação:

- *Software* de sistemas: é uma coleção de programas escritos para servir outros programas. Alguns softwares de sistemas (p.ex., compiladores, editores, e utilitários para gestão de arquivos) processam estruturas de informação complexas, mas *determinadas*.
- *Software* científico e de engenharia: tem sido caracterizado por algoritmos (que processam números).

O *software* tornou-se o fator limitante na contínua evolução de sistemas baseados em computador. Ele é composto de programas, dados e documentos. Cada um desses itens constitui uma configuração, que é criada como parte do processo de engenharia de *software*. O intuito desta engenharia é fornecer uma estrutura para a construção de *software* com alta qualidade (PRESSMAN, 2002).

Qualidade de conformidade diz respeito à aderência do produto à finalidade e funcionalidade para a qual foi construída, ou seja, se o software fornece ao usuário a funcionalidade necessária. Por sua vez, qualidade de desempenho refere-se à capacidade do produto em apresentar consistentemente a funcionalidade desejada. Em termos de software, significa boa performance, ausência de *bugs* (erros fatais ou não no funcionamento do software), tolerância a falhas de infra-estrutura (hardware), tolerância a erros do usuário, entre outros (BELLOQUIM, 1997).

O desenvolvimento de *software* engloba diversos processos além da programação. A abordagem de engenharia no desenvolvimento de *software* implica em certa maneira de pensar e mostra-se bastante promissora. Nas avaliações foram identificados claramente, traços comuns na engenharia de sistemas, como o projeto e a medição com o objetivo mais importante de se obter uma análise de vários recursos

alternativos de um sistema. A representação do conhecimento de elementos como estruturas de *software*, fluxo de dados, fluxo de controle e desempenho de sistema é expressa concisamente em diversas formas simbólicas, como fórmulas e elementos gráficos. Ao investirmos na engenharia de software, obteremos como resultado final uma abordagem clara e prática do desenvolvimento de sistemas de *software* (FIORINI et al. 1998).

Para Inthurn (2001), um software possui um ciclo de vida relativamente curto (cerca de cinco anos) se não sofrer implementações (correções e melhorias). O ciclo de vida abrange basicamente as fases:

- a) Concepção: nascimento do software;
- b) Construção: análise e programação;
- c) Implementação: testes e disponibilização aos usuários;
- d) Implementação: ajustes pós-implementação;
- e) Maturidade: utilização plena;
- f) Declínio: dificuldade de uso;
- g) Manutenção: tentativa de sobrevivência (ajustes e melhorias);
- h) Morte: parada definitiva de uso.

2.4.1 Desenvolvimento de sistemas

No processo de desenvolvimento de sistemas são definidas as atividades do programador, organização e desenvolvimento do *software*. O processo contém as atividades para análise de requisitos, projetos, codificação, integração, testes, instalações e aceitação.

Uma metodologia completa constitui-se de uma abordagem organizada para atingir um objetivo, através de passos pré-estabelecidos. É um roteiro para desenvolvimento estruturado de projetos, sistemas ou *software*. A metodologia não é apenas uma técnica, porém podemos utilizar qualquer técnica para o desenvolvimento de projetos, sistemas ou *software*, de acordo com a preferência da equipe (v.g: análise

estruturada, análise de pontos por função, análise essencial, orientada ao objeto, entre outras técnicas e ferramentas) (REZENDE, 1999).

A metodologia é um roteiro que permite o uso de uma ou várias técnicas por opção dos desenvolvedores do sistema ou *software*. Evidente que se pode pensar filosoficamente numa metodologia orientada ou uma técnica específica, ajustando fases e subfases. Como exemplo, pode-se utilizar a filosofia orientada a objetos, direcionando a metodologia, técnica e ferramentas orientadas a objetos pertinentes em fases, subfases e respectivos produtos. A metodologia deve atender às necessidades do cliente e/ou usuário, com os recursos disponíveis e dentro de um prazo ideal definido em conjunto com os envolvidos (REZENDE, 1999).

No desenvolvimento de *software* são englobados três elementos fundamentais no processo:

- Métodos: fornecem a técnica de como fazer para construir *software*. Os métodos incluem um amplo conjunto de tarefas que abrangem análise de requisitos, projeto, construção de programas, teste e manutenção, (PRESSMAN, 2002). Para Inthurn (2001), os métodos fornecem a técnica para a construção do *software*, dentre os quais se destacam o método estruturado e o método orientado a objetos;
- Ferramentas: fornecem apoio autorizado ou semi-autorizado para o processo e para o método. Quando as ferramentas são integradas, de modo que a informação criada por uma ferramenta pode ser usada por outra, um sistema para o apoio ao desenvolvimento de *software*, chamado “engenharia de *software* apoiada por computador” (PRESSMAN, 2002);
- Procedimentos: unem os métodos e as ferramentas, permitindo o desenvolvimento do software de forma racional e no prazo estipulado (INTHURN, 2001).

O processo de engenharia de *software* é o adesivo que mantém unidas as camadas de tecnologia e permite o desenvolvimento racional e oportuno de software para computador. O processo define uma estrutura para um conjunto de áreas chave de processo, Pau (1993 apud PRESSMAN, 2002).

O conteúdo da informação é fator importante na determinação da natureza de um aplicativo. A palavra conteúdo refere-se a forma de informações que entram e saem (REZENDE, 1999).

Um processo efetivo de desenvolvimento de *software* deve considerar as relações entre todas as tarefas, as ferramentas e os métodos utilizados, assim como as experiências, treinamento e motivação da equipe técnica. Dentre as metodologias utilizadas principalmente em nível de organizações, onde há padrões próprios para desenvolvimento de sistemas, é usual a adoção de uma metodologia que aborde todo o desenvolvimento de software através de suas etapas. A metodologia deve servir sempre como um apoio e nunca como um entrave neste processo (INTHURN, 2001).

O desenvolvimento de um *software* é dividido nas seguintes etapas:

- a) Estudo inicial: reúne basicamente as requisições e ou necessidades do usuário. São realizadas entrevistas com os usuários a fim de identificar as suas necessidades, são listadas as funções requisitadas e estabelecido um plano de trabalho contendo as limitações de prazos, recursos humanos, orçamento, etc (INTHURN, 2001). Já para Gimenez (2001), deve-se selecionar e adequar às normas, os métodos, os procedimentos, as linguagens de programação e as ferramentas utilizadas no projeto. E a partir disso, deve-se desenvolver os planos para a condução das atividades do processo.
- b) Análise de requisito do sistema: o termo *sistema* inclui *software*, *hardware*, pessoa, base de dados, documentação e procedimento (PRESSMAN, 2002). Os *requisitos* consistem em uma série de sentenças que descrevem de maneira clara, concisa, consistente e não-ambígua todos os aspectos significativos do sistema a ser desenvolvido (GIMENEZ, 2001). Visa transformar as informações obtidas no estudo inicial em uma especificação estruturada das necessidades do usuário. O ambiente do usuário é modelado através de diagramas. Pode-se utilizar na análise de estrutura Diagrama de Fluxo de Dados (DFD) e Modelos Entidade-Relacionamento (MER), (INTHURN, 2001).
- c) Projeto arquitetural do sistema: deve ser estabelecido contendo os elementos de hardware, software e os procedimentos manuais. O projeto de arquitetura deve

descrever como esses elementos se comunicam e como são conectados para integrar o sistema final (GIMENEZ, 2001).

Dentro de cada tarefa, a atividade de projeto preocupa-se com a seqüência em que os módulos serão implementados a fim de executar a especificação da fase anterior, (INTHURN, 2001). Baseado na informação lógica dos componentes dos diagramas desta fase, juntamente com as restrições físicas, é elaborado então o projeto físico do banco de dados. São considerados ainda a arquitetura do hardware, bem como o número de computadores, configuração de rede, capacidade do servidor, tamanho do banco de dados necessário á utilização do sistema que será implementado (INTHURN, 2001).

- d) Análise dos requisitos do *software*: refere-se a análise dos itens de *software* do sistema usado para determinar os seus requisitos fundamentais e não-fundamentais. Esses requisitos incluem características de qualidade de software como: segurança, usabilidade, definição de dados, requisitos de instalação, requisitos de aceitação, documentação, operação e manutenção (GIMENEZ, 2001).
- e) Projeto arquitetural do *software*: engloba a definição de suas estruturas gerais. Descreve os elementos e suas interações, uma arquitetura de *software* apóia também a organização do sistema como composição de componentes, estruturas de controle, protocolos de comunicação, composição dos elementos do projeto e a designação da funcionalidade dos componentes do projeto (GIMENEZ, 2001).
- f) Projeto detalhado do *software*: os componentes individuais de software são refinados até o nível de interfaces, classes ou componentes preexistentes. São acrescentados ainda nesta etapa detalhes de estrutura de dados e algoritmos (GIMENEZ, 2001).
- g) Implementação: codificação e integração de todas as funcionalidades requisitadas pelo usuário (fase estudo inicial) e registradas no documento de especificações através de uma linguagem de programação (INTHURN, 2001).
- h) Teste: após a codificação, cada módulo será testado individualmente, bem como sua integração com o sistema. São efetuados os testes de desempenho, a fim de

analisar o tempo de resposta do sistema e testes de vias normais por via de erros (INTHURN, 2001).

- i) Documentação: são gerados os documentos do sistema (manual de instalação, manual do usuário, etc) (INTHURN, 2001).
- j) Instalação: entrega da documentação (manuais) e do sistema; o desenvolvedor deve, nesta etapa, disponibilizar toda a documentação necessária e instalar o *software* ao adquirente, bem como auxiliar nas atividades de aceitação (análise dos resultados, auditoria e testes de qualidade) (GIMENEZ, 2001).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Materiais

Para o desenvolvimento da pesquisa foram utilizados os seguintes aparelhos GPS:

- GPS de navegação modelo Etrex Vista;
- GPS topográfico modelo ProMark2;
- GPS de conexão *bluetooth* modelo Garmim 10.

Foram empregados ainda outros equipamentos como:

- Material de coleta de dados de campo;
- Computador Desktop e Pocket PC.

Em termos de software foram utilizados:

- O programa Spectrum Survey da Sokkia, versão 3.30, utilizado para o pós-processamento dos dados topográficos;
- CR Campeiro 6.0, nas funções de topografia e geoprocessamento, para o pós-processamento de dados topográficos e de navegação e nas funções de agricultura de precisão para gerar os mapas de geoestatística;

- NsBasic 5.0 para o desenvolvimento do sistema de campo do inventário florestal.

3.2 Métodos

3.2.1 Mapeamento Florestal

Para a avaliação do sistema GPS *bluetooth* selecionou-se três áreas de tamanhos distintos localizadas no Campus da Universidade Federal de Santa Maria, como mostra a Figura 01. Os levantamentos encontram-se entre as coordenadas geográficas 29°43'49,9" latitude Sul e 53°43'42,2" de longitude Oeste.

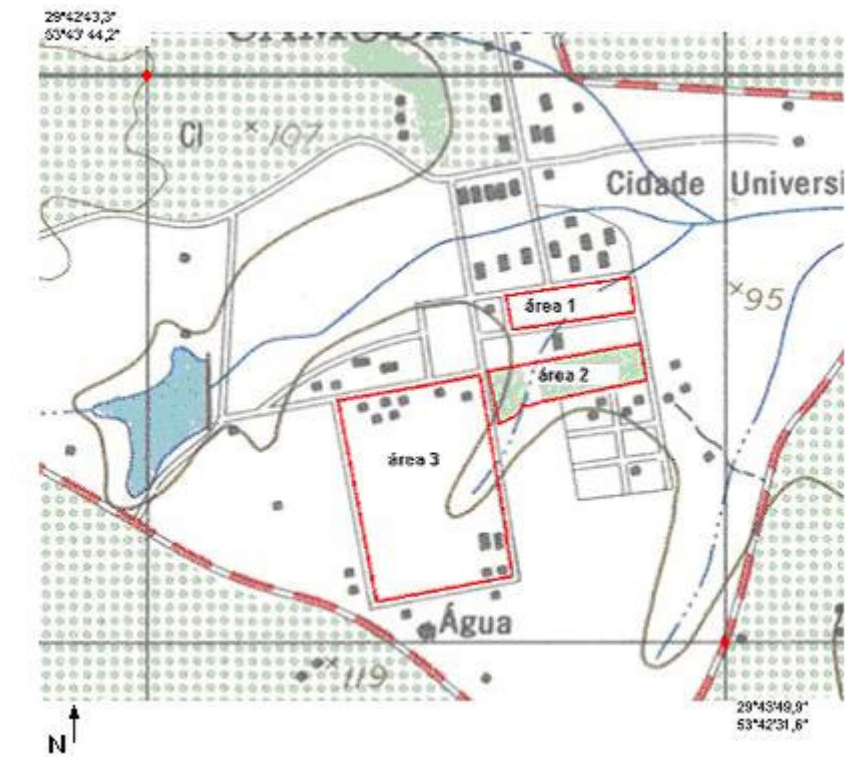


Figura 01- As três áreas levantadas no campus da UFSM

Os pontos levantados foram georreferenciados através dos métodos relativo e absoluto (navegação) do Sistema de Posicionamento Global - GPS.

As áreas um (01) e três são tratadas como talhões florestais, porém não possuem florestas implantada na área, sendo assim, trata-se de uma simulação. Já a área dois possui floresta plantada de *Pinus* sp. com 32 anos de idade, onde pode-se avaliar efetivamente a precisão dos aparelhos de GPS.

Cada ponto levantado foi coletado individualmente na função ponto-a-ponto. As coordenadas foram coletadas no Sistema Universal Transverso de Mercator - sistema métrico (UTM), sendo que o datum (figura matemática de representação da Terra) é o WGS84, o qual é global e geocêntrico.

Os aparelhos utilizados para realizar o levantamento no modo absoluto foram os GPS's Garmim Etrex Vista e o Garmim 10. Já no modo relativo foi utilizado o GPS ProMark2.

3.2.1.1 Levantamento relativo com GPS ProMark2 - Testemunha

Segundo Rocha (2000), o método rápido estático é uma variação do método estático, foi desenvolvido para bases curtas, menores que 15km. O método rápido estático é ideal para adensamento de redes e outros trabalhos geodésicos que requerem alta precisão com um tempo menor. Esse procedimento diminui significativamente o tempo de trabalho no campo. O GPS Geodésico consegue medir com tempo na ordem de 10 a 20 minutos.

O aparelho utilizado é de simples frequência. A antena desse receptor recebe somente a frequência L1 e o acesso para o código C/A é dado pela correlação entre o sinal do satélite com uma réplica gerada no receptor. A precisão destes receptores atinge a ordem de 1cm.

Os aparelhos utilizados foram GPS's relativos da marca Sokkia modelo ProMark2. Para este levantamento foram utilizados dois receptores móveis, auxiliados por acessórios de apoio (tripés e bastões com nível de calagem).

Os aparelhos receptores foram programados para captarem coordenadas a cada 5 segundos. A antena ficou posicionada a 1,80m de altura. O método de posicionamento utilizado foi o relativo estático.

Permaneceu-se no ponto inicial por aproximadamente 20 minutos para ajuste e estabilização das coordenadas. Em cada ponto foram armazenados 20 minutos de informações.

A estação conhecida utilizada foi a SMAR – Santa Maria/RS, com código institucional 92013, com coordenadas oficiais de $-29^{\circ}33'$ de latitude e $-53^{\circ}42'$ de longitude. A estação segundo IBGE (2007) é um pilar de concreto dotado de um dispositivo de centragem forçada, localizada na laje do Prédio do Centro de Ciências Rurais (CCR), da Universidade Federal de Santa Maria. Esta estação faz parte da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo, gerenciada pelo IBGE.

3.2.1.2 Levantamento com GPS de navegação Etrex Vista

Os equipamentos de navegação (modo absoluto) são aqueles que fornecem o posicionamento em tempo real, possuem precisão métrica, baseados no código *C/A* com pseudodistância de 30 a 100m e com o código *P* (pseudodistância) varia entre 3 e 10m.

O equipamento utilizado foi o GPS de navegação marca Garmim, modelo Etrex Vista.

Permaneceu-se no ponto inicial por 20 minutos para realizar a calibração e atualização das informações para localização. Em cada ponto aguardou-se 1 minuto para estabilização das coordenadas, para após realizar o registro dos pontos amostrados.

3.2.1.3 Levantamento com GPS de navegação Garmim 10

Este levantamento foi realizado utilizando um aparelho receptor do sinal GPS da marca Garmim, modelo 10, com conexão *bluetooth*, acoplado ao Pocket Pc da marca Dell, com o sistema CR Campeiro instalado.

Em cada ponto foi armazenado 80 posições de sinal, implicando em média 7 minutos para cada ponto, para assim gerar a média do erro e melhorar a precisão das informações.

3.2.1.4 Processamento dos levantamentos

Após o levantamento dos dados com os receptores do sinal GPS, foi realizado o processamento dos dados, no qual se utilizou programas computacionais comerciais e científicos.

3.2.1.4.1 Levantamento relativo

O pós-processamento do levantamento com receptor ProMark2, no modo estático, foi realizado com software Spectrum Survey, versão 3.30.

É apresentado na Figura 02 a série de passos realizados durante o pós-processamento dos pontos levantados no campo.



Figura 02 - Fluxograma de atividades realizadas durante o processamento dos pontos levantados com o aparelho GPS ProMarck2

Na atividade de configuração dos pontos, estes foram amarrados à estação de monitoramento contínuo SMAR - Santa Maria/RS.

Os pontos das áreas foram corrigidos no pós-processamento. Nesta etapa o programa traçou vetores ligando os pontos rastreados à estação como é visto na Figura 03.

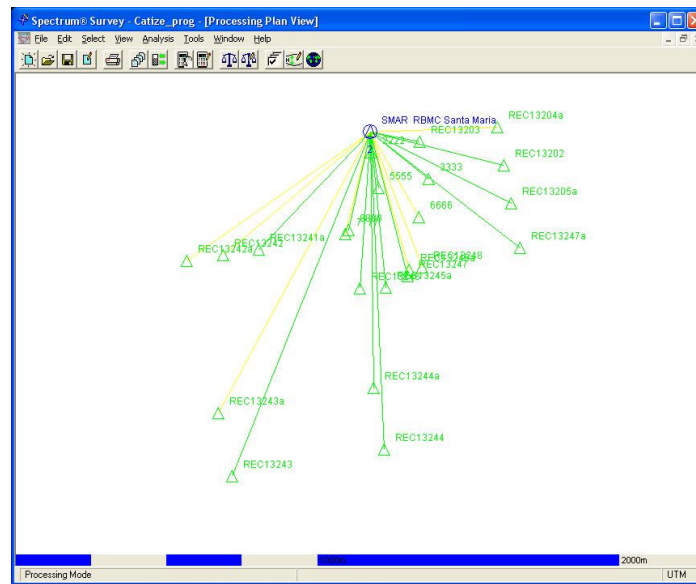


Figura 03 - Vetores ligados à Estação de monitoramento contínuo de Santa Maria - SMAR

No pós-processamento, foram gerados relatórios, os quais possuem informações como: número do vetor, datum, unidade, data do levantamento e do processamento, coordenadas nos sistemas UTM e geográfico, grau de fixação e flutuação dos pontos levantados. Também é gerado uma matriz de covariância das coordenadas (Anexo 01).

3.2.1.4.2 Levantamento absoluto

No levantamento absoluto com o GPS Etrex os pontos armazenados na memória deste foram descarregadas através do software CR Campeiro 6.0. No qual foram processados os cálculos de áreas e transformação das coordenadas geográficas em UTM.

De forma idêntica os dados de coordenadas geográficas obtidas com o Pocket PC e o GPS *bluetooth* foram transferidos para o sistema desktop, onde foram processados com o software CR Campeiro 6.0.

3.2.1.5 Análise comparativa entre as coordenadas encontradas com os diferentes aparelhos GPS's

Após a coleta dos dados nas três áreas, realizou-se a análise comparativa entre os dados obtidos com o GPS Etrex Vista e o GPS *bluetooth* com os dados caracterizados como de testemunha que foram obtidas com o GPS ProMark2.

Os dados foram comparados com os dados obtidos no aparelho testemunha. Foi calculada a diferença entre as coordenadas e a partir disso foi gerado a média, desvio padrão e o coeficiente de variação para cada área levantada.

Além da análise de deslocamento de posições expressa em forma linear também foi analisado a diferença em termos de superfície.

3.2.2 Inventário Florestal

Na presente pesquisa foram desenvolvidos dois aspectos relativos ao inventário florestal, o primeiro é o processamento do inventário florestal com os dados das áreas similares, para posterior análise e comparação com os dados gerados pelas técnicas de geoestatística.

O outro aspecto foi o desenvolvimento e apresentação da aplicabilidade de um sistema de coleta de dados para inventário florestal de florestas plantadas utilizando tecnologia móvel (Pocket PC) acoplada a GPS com sistema de comunicação *bluetooth*.

O Pocket PC, foi lançado pela Microsoft em 2000, é um dispositivo móvel que está presente no cotidiano das pessoas e permite ao usuário deslocar-se junto com seu ambiente computacional tendo acesso constante as fontes de informações (BURÉGIO, 2003, p.19).

No sistema de inventário florestal estruturou-se para cada área medida com o GPS *bluetooth* uma malha de amostragem, sistemática com "grid" de 1ha.

Estes pontos do “grid” correspondem às parcelas de avaliação dendrométrica dos povoamentos. Para gerar esta malha utilizou-se a rotina de agricultura de precisão do programa CR Campeiro 6.0.

Considerou-se cada área levantada como povoamentos florestais de *Pinus* sp.. Para efeito de simulação da apresentação dos métodos de geoestatística, os dados utilizados para o inventário florestal pertencem a áreas similares, sendo assim, não são dados coletados no interior das áreas trabalhadas.

Os dados coletados no campo para gerar as estimativas pertencem as distintas classes de idade:

- Talhão 01 – 15 anos;
- Talhão 02 – 27 anos;
- Talhão 03 – 12 anos.

No inventário florestal foram utilizadas parcelas de formato retangular com 600m^2 (Figura 04). Nesta etapa foram avaliadas 47 unidades amostrais, onde foram medidos os diâmetros a altura do peito (dap), altura total (h/ha), e a partir destes calculou-se área basal e o volume total médio/ha com o fator de forma.

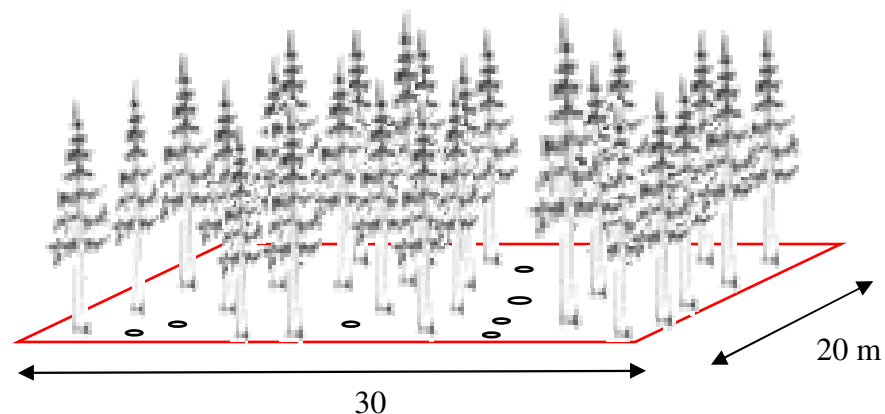


Figura 04 - Representação esquemática da unidade amostral com 600m^2

No processamento do inventário florestal foi estipulado o erro máximo admissível de 15% e o nível de probabilidade foi de 95%. Calculou-se o erro de amostragem e as estimativas de: volume total médio (m^3/ha), desvio padrão, intervalo de confiança e a população total para cada área em m^3 .

Nos processos de geoestatística foram utilizados os valores obtidos para volume total (m^3/ha) gerado no inventário florestal e novamente processado para cada nova área encontrado nas classes geradas para cada talhão. Após a obtenção dos novos valores do volume total médio por hectare pelos processos de geoestatística foi calculada a diferença entre os dois métodos.

3.2.2.1 Sistema de inventário florestal em Pocket PC

Com o emprego da linguagem NsBasic foi desenvolvido um sistema para Pocket PC que proporciona a coleta de dados de inventário florestal de florestas plantadas.

Esse sistema permite:

- Registro de projetos;
- Cadastro de espécies florestais;
- Cadastro de parcelas;
- Registro e georreferenciamento de parcelas amostrais;
- Registro de elementos dentrométricos e de fitossanidade;
- Calculo da relação hipsométrica, do volume e área basal média/ha por parcela.

Esse sistema integrado com GPS *bluetooth*, permite a localização de parcelas florestais podendo inclusive ser utilizado no interior de povoamentos, pois a comunicação da posição do GPS pode ser em um raio de até 30m.

3.2.2.2 Desenvolvimento do sistema de inventário florestal para Pocket PC

O sistema de inventário florestal para Pocket PC está estruturado de forma a gerenciar os dados e informações referentes às florestas plantadas.

O banco de dados desse sistema foi moldado no MsAccess com tabelas que permite o armazenamento de dados provenientes do inventário florestal e dão suporte visual a interface do programa.

O banco de dados é composto pelas seguintes tabelas:

- Projeto;
- Parcelas;
- Espécies_P;
- Dados_P.

O sistema foi moldado conforme orientação do manual de campo do inventário florestal realizado no Estado do Rio Grande do Sul.

Os elementos de caracterização do projeto, características da parcela, procedimentos de levantamento de vegetação, classe natural de idade das árvores; classes de valor, grau de estoqueamento, grau de cobertura e características fitossanitárias da árvore, foram incorporadas no programa do Pocket PC conforme segue a descrição a seguir.

3.2.2.2.1 Caracterização do projeto

Em cada unidade amostral é feita a caracterização da área, com coleta de informações gerais, onde são abordados os seguintes tópicos:

- A. Nome do projeto;
- B. Espécie;
- C. Tamanho da área em hectare.

3.2.2.2.2 Caracterização da parcela

Realizar o registro das informações coletadas nas unidades amostrais tanto para parcelas permanentes como temporárias, que abordam as seguintes informações:

- A. Identificação: nome do responsável pelo levantamento, o número da equipe, a hora de início da medição, espécie, área da unidade e coordenadas UTM do centro da unidade amostral;
- B. Unidade amostral: número seqüencialmente da unidade amostral. No caso de parcelas permanentes, deve-se considerar o número definido na primeira ocasião;
- C. Data de medição: indicar o mês e o ano da medição;
- D. Espaçamento inicial: registrar a distância das árvores entre linhas e na linha;
- E. Idade: registrar a idade real do povoamento em meses, levando-se em consideração o mês e o ano do plantio;
- F. Tipo de parcela:
 - Permanente;
 - Temporária.

3.2.2.2.3 Levantamento da vegetação

3.2.2.2.3.1 Qualidade das árvores

A avaliação foi feita a partir da observação, em termos médios, das seguintes características das árvores:

- Forma do fuste (compreendida entre a base e o primeiro galho vivo):
0. Não avaliado;
 1. Longo e reto;
 2. Longo e irregular;

3. Médio e reto;
4. Médio e irregular;
5. Curto e reto;
6. Curto e irregular.

- Galhos:

0. Não avaliado;
1. Grossos: diâmetro na inserção maior ou igual a 5,0 cm;
2. Finos: diâmetro menor que 5,0 cm;
3. Desramados: fuste que sofreu poda.

- Copas:

0. Não avaliada;
1. Copa profunda: possui comprimento maior que $\frac{1}{2}$ da altura total da árvore;
2. Copa média: comprimento entre $\frac{1}{2}$ e $\frac{1}{4}$ da altura total da árvore;
3. Copa curta: comprimento inferior a $\frac{1}{4}$ da altura total da árvore.

- Defeitos:

0. Não avaliado;
1. Danos por animais: causados por roedores, cavalares, bovinos, etc;
2. Insetos;
3. Fungos;
4. Poluição;
5. Sem defeito.

3.2.2.2.3.2 Classe natural de idade

Registrar um dos códigos conforme a situação do estrato de desenvolvimento natural do povoamento:

0. Não avaliado;

1. Estado jovem: compreende o período entre a implantação até o início do fechamento das copas;
2. Estado denso: povoamentos que se encontram no período entre o início do fechamento do coberto até o início dos desbastes;
3. Estado de desbaste: encontram-se no período compreendendo o início dos desbastes até atingir o diâmetro esperado;
4. Estado de madeira: povoamentos cujo CAP médio é maior que o diâmetro esperado.

3.2.2.2.4 Classe de valor

Classificar a unidade amostral de acordo com o valor médio estimado da madeira do povoamento, considerando:

0. Não avaliada;
1. Altíssimo valor de produção: povoamentos que apresentam fustes longos e retos sofreram desrama, copas curtas e árvores livres de defeitos;
2. Alto valor de produção: povoamentos que apresentam fustes longos e retos, galhos finos, copas curtas e árvores livres de defeitos;
3. Médio valor de produção: povoamentos que apresentam fustes longos e irregulares e/ou médios e retos e/ou curtos e retos, galhos finos e/ou grossos, copas médias e baixa incidência de defeitos (até 20%);
4. Baixo valor de produção: povoamentos que apresentam fustes médios e irregulares, e/ou curtos e retos, galhos grossos, copas grandes e defeitos em proporção superiores a 20% e inferiores a 60%;
5. Nenhum valor de produção: povoamentos que apresentam fustes curtos e irregulares, galhos grossos e/ou finos, copas de qualquer tamanho e com alta incidência de defeitos (>60%).

3.2.2.2.5 Grau de estoqueamento

O grau de estoqueamento é a relação existente entre o valor real e o volume obtido na tabela de produção, expresso em porcentagem (%). Na primeira ocasião, não se avalia este item.

3.2.2.2.6 Grau de cobertura

Refere-se ao grau de cobertura do solo pelas copas das árvores. Classificar os povoamentos através dos seguintes códigos:

1. Não avaliado;
2. Denso: copas que se entrelaçam;
3. Fechado: copas que tocam-se na ponta dos galhos;
4. Aberto: copas distanciadas entre si de modo que uma segunda copa possa ocupar todo este espaço;
5. Claro: copas distanciadas entre si de modo que uma segunda copa não possa ocultar todo este espaço;
6. Espaçada: copas distanciadas de tal forma que serão necessárias várias copas para ocultar este espaço.

3.2.2.2.7 Características fitossanitárias do indivíduo

- A. Medida do DAP: registrar o DAP com precisão em milímetro;
- B. Altura da árvore em metros;
- C. Códigos: refere-se às características específicas de cada árvore:

- Primeiro campo: descreve as características das árvores:
 0. Sem peculiaridades;
 1. Altura dominante (ho);
 2. Árvore morta;
 3. Árvores com desenvolvimento abaixo do limite de medição;
 4. Tronco bifurcado abaixo de 1,30 m;
 5. Tronco bifurcado acima de 1,30 m;
 6. Toco;
 7. Árvore quebrada;
 8. Fuste danificado.

- Segundo campo: descreve as medidas de manejo aplicadas ou previstas para a árvore:
 1. Sem peculiaridades;
 2. Marcada para desbaste;
 3. Árvore desramada;
 4. Árvore marcada para porta semente.

- Terceiro campo: descreve outras características que julgar necessárias:
 0. Sem peculiaridades;
 1. Falha;
 2. Árvore morta;
 3. Árvore com desenvolvimento abaixo do limite de medição ($CAP \leq 16,0\text{cm}$);
 4. Toco;
 5. Árvore com gomose;
 6. Árvore atacada por vespa.

3.2.2.2.8 Cálculos

A partir dos dados individuais da parcela estruturou-se no programa uma rotina que calcula a relação hipsométrica existente na parcela utilizando-se o modelo:

$$h = b_0 + b_1 * d$$

Com o cálculo da altura de todas as árvores da parcela é possível calcular para a mesma os parâmetros de volume médio por hectare, área basal média, diâmetro médio e altura média.

Isso possibilita que o engenheiro executor do inventário florestal, após concluir os trabalhos de campo, tenha possibilidade de uma avaliação rápida e confiável da situação da floresta em termos da parcela amostrada.

Os dados levantados do programa podem ser transferidos para uma planilha do Excel para processamentos posteriores ou para o módulo de inventário florestal do sistema CR Campeiro 6.0.

3.2.3 Silvicultura de precisão

3.2.3.1 Malha de amostragem

Para as três áreas do processo de simulação de aplicação de técnicas de silvicultura de precisão gerou-se uma malha de amostragem sistemática com pontos amostrais espaçados de 100m configurando uma área de influência de cada ponto em 1 hectare.

Para esse processamento empregou-se a função de agricultura de precisão do sistema CR Campeiro 6.0 que é a estruturação de malha de amostragem, a qual é definida em intervalos pré-fixados a partir de parâmetros de georreferenciamento.

O procedimento para efetivar essa estruturação foi a seguinte:

- Selecionou-se o arquivo de coordenadas UTM do polígono envolvente do talhão florestal medido com o GPS *bluetooth*;
- Definiram-se as coordenadas do ponto inicial da malha;

- Estipularam-se os intervalos entre linhas e colunas, informando-se a área de influência dos pontos, sendo que, esses intervalos foram definidos de forma retangulares;
- Os pontos levantados foram salvos em um arquivo seqüencial em formato *.VET, sendo que as codificações desses pontos identificam a posição em termos de linha e coluna.

Posteriormente esses pontos foram transferidos para o Pocket PC para identificação a campo por processo de navegação.

Como foi referido no processo da metodologia do inventário florestal, cada parcela amostral tem uma área de 600m², assim sendo, cada ponto da malha de amostragem corresponde a uma parcela do inventário florestal.

Identificando-se a campo a posição da parcela com o emprego do GPS *bluetooth* o qual inclusive pode operar acima do dossel da floresta, não sofrendo interferência ou obstrução da copa das árvores, procedeu-se a demarcação do limites da parcela e a respectiva medição dos parâmetros requeridos pelo inventário.

3.2.3.2 Modelos digitais de estimativas dendrométricas

Para todas as estimativas dendrométricas (área basal média, altura média e volume total médio por hectare) avaliadas no inventário florestal, estruturou-se no sistema CR Campeiro 6.0 um projeto de agricultura de precisão (PAP) - esta função é aplicada tanto para agricultura como para silvicultura de precisão - sendo que este termo define um conjunto de dados georreferenciados com atributos quantitativos, sendo que, este atributo será o indicador da variabilidade espacial em uma determinada área.

Os dados de caracterização de um projeto de agricultura de precisão são:

- Nome do projeto;
- Variável ou tema referente ao atributo;
- Coordenada UTM (E e N dos pontos amostrais);
- Coordenadas altimétrica (Z);

- Valor do atributo.

O Projeto de agricultura de precisão é a base para a geração de um modelo digital de rasterização da área de interesse a partir de um processo de interpolação de geoestatística.

Este modelo digital denominado de MDT consiste em uma matriz de pontos identificados por linhas e colunas, cujos valores dos “nós” de intersecção são calculados por interpolação matemática com referência aos dados reais dos pontos amostrais.

A metodologia para a estruturação do modelo digital foi a seguinte:

- Definição do ponto inicial (canto esquerdo superior da grade matemática que representa o MDT);
- Definição do espaçamento entre linhas e colunas dessa grade que no caso arbitrou-se em 3 x 3m o que define um modelo digital de 68 linhas por 146 colunas e o raio máximo de pesquisa para o processo de interpolação foi de 150m e o método geoestatístico empregado foi a Krigagem.
- Avaliou-se ainda a dispersão espacial dos dados amostrais através de uma análise semi-variográfica.
- Após o processo de interpolação com a estimativa do atributo, é realizado pelo sistema uma análise de desvios dos valores estimados em relação aos valores reais dos pontos amostrais, onde é apresentada a precisão, com a qual o modelo foi estruturado, segundo Giotto; Robaina e Sulzbach (2004, p.104). Constam nesta análise de precisão os seguintes elementos:
 1. Média dos desvios absolutos;
 2. Média dos desvios observados;
 3. Índice residual normalizado;
 4. Desvio padrão;
 5. Maior desvio observado.

O procedimento estatístico de interpolação a Krigagem - gera um semi-variograma linear, que segundo BARBOSA (2000), esse método geoestatístico leva em consideração as características espaciais de auto-correlação de variáveis

regionalizadas. O autor cita ainda que entre as variáveis regionalizadas deva existir certa continuidade espacial, o que permite que os dados obtidos por amostragem de certos pontos possam ser usados para parametrizar a estimação de pontos onde o valor da variável seja desconhecido.

O autor acima mencionado cita que este método geoestatístico utiliza distâncias ponderadas e estimativas por médias móveis pelo quais os pesos adequados são obtidos a partir de um variograma representativo da média das diferenças ao quadrado dos valores irregularmente distribuídos de Z a intervalos de distâncias especificados.

Quando um variograma é adequadamente elaborado, a estimativa por krigagem resultante é reconhecida como sendo a estimativa linear melhor e não tendenciosa. Os parâmetros adequados de amostragem são: número de amostras, distribuição e densidade.

Para efeito de cálculos do Semi-Variograma, estes foram gerados pelo software CR Campeiro 6.0, o qual realiza o ajuste pelo modelo esférico. Os parâmetros resultantes são:

- Efeito pepita: mostra a descontinuidade do semi-variograma para distâncias menores do que a menor distância entre as amostras.
- Patamar: Camargo (2007) considera que deste ponto em diante não existe mais dependência espacial entre as amostras;
- Alcance (m): distância dentro da qual as amostras apresentam-se correlacionadas espacialmente;
- Grau de Casualidade: avalia o componente aleatório segundo a seguinte classificação:
 1. $GC < 0.15$ - Componente aleatória pouco significativo;
 2. $0.15 < GC < 0.30$ - Componente aleatória significativo;
 3. $GC > 0.30$ - Componente aleatória muito significativo.

Após estruturar a forma de visualização do modelo digital do terreno, na tela representação espacial, pode ser acrescentada no mapa às classes envolvidas, as coordenadas, o perfil e outros temas.

3.2.3.3 Análise comparativa das estimativas do inventário convencional X estimativas por geoestatística

Com os dados processados pelo método convencional de inventário florestal, foi avaliado o volume total (m^3/ha) para cada talhão tratado nesta pesquisa.

As mesmas áreas foram tratadas pela silvicultura de precisão onde foram aplicadas as técnicas de geoestatística, onde se obteve novos valores para volume total (m^3/ha).

Procedeu-se para cada talhão florestal uma análise comparativa em termos de diferenças percentuais, referente a estimativa média de volume total (m^3/ha) para o processo convencional de inventário florestal e o recalculado pelos processos de geoestatística.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Mapeamento florestal

Os dados foram processados para verificar a precisão dos aparelhos receptores de sinal GPS para uso em atividades florestais, podendo assim viabilizar de forma mais econômica o mapeamento florestal.

Com o processamento das informações oriundas do campo obtiveram-se as coordenadas de cada ponto do levantamento.

Após o processamento das informações foi obtido os polígonos das áreas 01, 02 e 03. A diferença entre as áreas foi verificada quando sobrepostas no software CR Campeiro 6.0 aos dados do aparelho testemunha.

No pós-processamento dos dados relativos obtiveram-se as ambigüidades, obtendo assim, as “Soluções FIX” – posição fixa e “Solução FLOAT” – posição flutuante

do levantamento em estudo. Estas soluções referem-se à precisão das coordenadas do sistema GPS relativo, informa a distância em que o ponto fixado está do real.

As coordenadas coletadas com o GPS relativo das três áreas e as soluções “Fix e Float”, são apresentados na Tabela 01.

Tabela 01 – Coordenadas dos pontos levantados para cada área com GPS ProMarck e os resultados das soluções “Fix e Float”

ÁREA	PONTO	E	N	FLOAT	FIX
01	01 (2222)	237258,942	6709246,601	+/-0,002	+/-0,002
	02 (5555)	237281,161	6709126,699	+/-0,003	+/-0,003
	03 (3333)	237449,698	6709157,389	+/-0,004	+/-0,004
	04 (13202)	237698,242	6709203,329	+/-0,002	+/-0,002
	05 (13204 ^a)	237675,210	6709327,673	+/-0,001	+/-0,002
	06 (13203)	237418,360	6709280,255	+/-0,001	+/-0,002
02	01 (13205 ^a)	237722,203	6709078,043	+/-0,003	+/-0,003
	02 (6666)	237415,763	6709030,861	+/-0,214	+/-0,093
	03 (8888)	237184,136	6708989,367	+/-0,007	+/-0,006
	04 (13246)	237220,697	6708796,286	+/-0,003	+/-0,003
	05 (13245 ^a)	237306,888	6708799,088	+/-0,004	+/-0,006
	06 (13247)	237378,479	6708835,202	+/-0,007	+/-0,014
	07 (13246 ^a)	237383,218	6708857,805	+/-0,556	+/-0,285
	08 (13248)	237427,709	6708865,330	+/-0,233	+/-0,134
	09 (13247a)	237750,017	6708929,035	+/-0,003	+/-0,002
03	01 (7777)	237171,863	6708975,656	+/-0,089	+/-0,022
	02 (13241 ^a)	237255,027	6709313,353	+/-0,003	+/-0,003
	03 (13248)	237255,027	6709313,359	+/-0,233	+/-0,134
	04 (13242 ^a)	236645,904	6708885,672	+/-0,816	+/-0,131
	05 (13243 ^a)	236750,462	6708382,779	+/-1,026	+/-1,026
	06 (13243)	236797,123	6708173,513	+/-0,006	+/-0,007
	07 (13244)	237302,238	6708262,322	+/-0,002	+/-0,003
	08 (13244a)	237266,893	6708464,963	+/-0,002	+/-0,002

4.1.1 Avaliação do erro das coordenadas do talhão 01

A linha continua das Figuras 05 e 06 identifica a área levantada com o aparelho testemunha. Para o talhão 01 os pontos levantados com os demais aparelhos são identificados com a seqüência de números 07 a 12. O levantamento realizado com GPS

Etrex Vista é apresentado na Figura 05. A Figura 06 apresenta os pontos coletados com o aparelho Pocket Pc com GPS *bluetooth* Garmim 10.

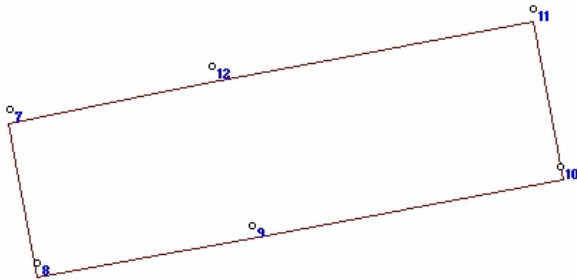


Figura 05 – Talhão 01 apresentado pelos aparelhos GPS ProMarck2 e Etrex Vista

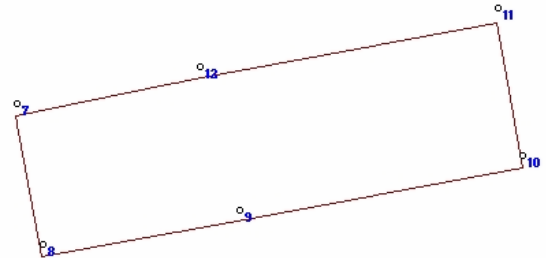


Figura 06 – Talhão 01 apresentado pelos aparelhos GPS ProMarck2 e Garmim 10

O Quadro 01 apresenta as coordenadas obtidas para os pontos levantados do talhão 01, com o aparelho testemunha e o aparelho de navegação GPS Etrex Vista. Também são apresentadas as diferenças (erro) entre as coordenadas de E e N.

PONTO	TESTEMUNHA		GPS – ETREX (Absoluto)		ERRO - E	ERRO - N
	COOR.- E	COOR. – N	COOR. – E	COOR. – N		
1	237208,88	6709191,07	237209,66	6709203,18	0,78	12,11
2	237231,09	6709071,17	237231,03	6709082,19	0,06	11,02
3	237399,63	6709101,86	237400,19	6709112,52	0,56	10,66
4	237648,19	6709147,80	237646,69	6709159,15	1,50	11,35
5	237625,16	6709272,15	237624,63	6709282,64	0,53	10,50
6	237368,31	6709224,73	237369,13	6709237,28	0,81	12,56

Quadro 01 – Coordenadas do GPS ProMarck2 e do GPS Etrex Vista, e o erro das coordenadas E e N dos levantamentos

Na avaliação do erro das coordenadas obtidas com o GPS de navegação Etrex Vista para o talhão 01, a amplitude de N é maior, pois variou de 10,5 a 12,56. Os valores resultantes para a amplitude de E foram de 0,06 a 1,50. Sendo assim, a variabilidade é menor no Erro-E.

Para o erro das coordenadas E obteve-se uma média de 0,71. O desvio padrão foi de 0,47. O coeficiente de variação foi de 66%.

Já para o erro das coordenadas N, obteve-se uma média de 11,37. O desvio padrão foi de 0,82. Já o coeficiente de variação foi de 7%.

O Quadro 02 apresenta a superfície obtida para o talhão 01 no levantamento realizado com o aparelho testemunha e o aparelho de navegação GPS Garmim 10 e as diferenças entre as coordenadas de E e N.

PONTO	TESTEMUNHA		GPS – Garmin 10		ERRO - E	ERRO – N
	COOR. - E	COOR. – N	COOR. – E	COOR. – N		
1	237208,88	6709191,07	237210,54	6709201,49	1,67	10,42
2	237231,09	6709071,17	237232,41	6709081,46	1,31	10,29
3	237399,63	6709101,86	237401,49	6709110,77	1,86	8,91
4	237648,19	6709147,80	237648,25	6709157,98	0,06	10,18
5	237625,16	6709272,15	237626,56	6709284,48	1,94	12,34
6	237368,31	6709224,73	237367,92	6709234,22	0,39	9,49

Quadro 02 – Coordenadas do GPS ProMarck2 e do GPS Garmim 10, e o erro das coordenadas E e N do talhão 01

Na avaliação do erro das coordenadas obtidas com o GPS de navegação Garmim 10, para o talhão 01, a amplitude de N variou de 0,06 a 1,94 e para os erros das coordenadas E variou em 8,91 a 12,34. O que resultou em maior amplitude em N e a variabilidade do erro foi menor em E.

Para o erro das coordenadas E, obteve-se a média de 1,21, o desvio padrão de 0,80 e o coeficiente de variação foi de 66%.

No erro das coordenadas N, foi obtido a média de 10,27, desvio padrão de 1,16 e coeficiente de variação de 11%.

Entre os dois aparelhos GPS's, os dados que apresentam menor variação nos erros das coordenadas foi o levantamento realizado com o GPS Etrex Vista.

4.1.2 Avaliação do erro das coordenadas do talhão 02

Os pontos levantados com o GPS Etrex Vista são mostrados na Figura 07. Na Figura 08 visualiza-se os pontos coletados com o aparelho GPS Garmim 10. A linha

continua das Figuras 07 e 08 identificam a área levantada com o aparelho testemunha. Os pontos levantados com os demais aparelhos são identificados através da seqüência de números 10 a 18.

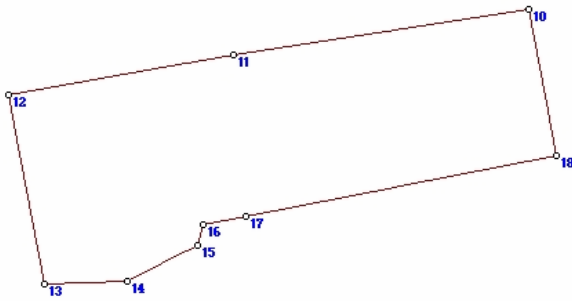


Figura 07 – Talhão 02 apresentado pelos aparelhos GPS ProMarck2 e GPS Etrex

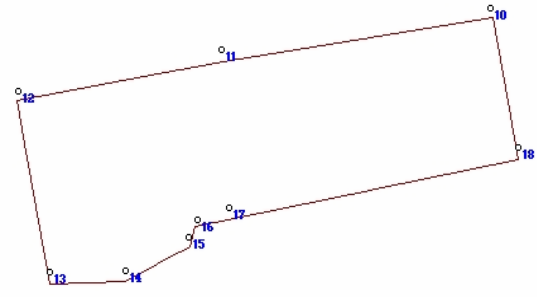


Figura 08 – Talhão 02 apresentado pelos aparelhos GPS ProMarck2 e GPS Garmim 10

O Quadro 03 apresenta a superfície obtida para o talhão 02 no levantamento realizado com o aparelho testemunha e o aparelho de navegação GPS Etrex Vista. Também são apresentadas as diferenças (erros) entre as coordenadas de E e de N.

PONTO	TESTEMUNHA		GPS – ETREX (Absoluto)		ERRO - E	ERRO - N
	COORD. - E	COORD. - N	COORD. - E	COORD. - N		
1	237672,16	6709022,51	237670,00	6709028,42	2,16	5,90
2	237365,69	6708975,33	237366,28	6708977,41	0,59	2,08
3	237134,06	6708933,84	237132,41	6708944,37	1,66	10,53
4	237170,63	6708740,76	237170,38	6708750,85	0,25	10,09
5	237256,81	6708743,56	237255,88	6708754,21	0,94	10,65
6	237328,41	6708779,67	237328,91	6708790,30	0,50	10,62
7	237333,16	6708802,28	237327,81	6708818,57	5,34	16,29
8	237377,66	6708809,80	237381,41	6708821,36	3,75	11,56
9	237699,97	6708873,51	237698,31	6708887,43	1,66	13,92

Quadro 03 – Coordenadas do GPS ProMarck2 e do GPS Etrex Vista, e o erro das coordenadas E e N do talhão 02

Observando os resultados dos erros das coordenadas obtidas com o GPS de navegação Etrex Vista para o talhão 02, é verificado que a amplitude de N varia entre 0,25 a 5,34 e a amplitude de E varia de 2,08 a 16,29. Sendo assim, a amplitude maior em N e a amplitude do erro de E é menor.

Foi calculada a média entre os erros o que resultou em 1,87 para E e 10,18 para N. o desvio padrão foi de 1,69 para E e 4,15 para N. A variabilidade é maior em E devido o valor de 90% do coeficiente de variação contra 41% para o erro das coordenadas E.

O Quadro 04 apresenta as coordenadas da superfície obtida para o talhão 02 com os aparelhos ProMark2 (testemunha) e o Garmim 10.

PONTO	TESTEMUNHA		GPS – Garmin 10		ERRO - E	ERRO – N
	COOR. - E	COOR. – N	COOR. – E	COOR. - N		
1	237672,16	6709022,51	237668,96	6709032,19	3,20	9,68
2	237365,69	6708975,33	237363,52	6708988,96	2,17	13,63
3	237134,06	6708933,84	237135,43	6708943,85	1,37	10,01
4	237170,63	6708740,76	237170,75	6708752,59	0,13	11,83
5	237256,81	6708743,56	237257,03	6708755,17	0,21	11,61
6	237328,41	6708779,67	237325,91	6708790,44	2,50	10,77
7	237333,16	6708802,28	237335,97	6708808,80	2,81	6,52
8	237377,66	6708809,80	237372,80	6708820,94	4,86	11,14
9	237699,97	6708873,51	237699,34	6708885,93	0,63	12,42

Quadro 04 – Coordenadas do GPS ProMarck2 e do GPS Garmim 10, e o erro das coordenadas E e N do levantamento do talhão 02

Para o talhão 02 a avaliação do erro das coordenadas obtidas com o GPS de navegação Garmim 10, apresentou amplitude em E de 0,21 a 4,86 e em N de 6,52 a 13,63. O que resultou maior amplitude em N.

A média encontrada foi de 1,99 para o erro em E, e o erro em N foi de 10,85. A variabilidade de E foi menor, pois o coeficiente de variação foi de 79% contra 19% de N.

Ente os dois aparelhos GPS, as coordenadas N se mostraram com menor amplitude no levantamento realizado com o GPS Garmim 10, o mesmo ocorreu para as os erros das coordenadas em E.

4.1.3 Avaliação do erro das coordenadas do talhão 03

A linha continua apresentada nas Figuras 09 e 10 identificam o levantamento realizado com o aparelho testemunha. A seqüência de números 09 a 16 identificam os

pontos levantados com os demais aparelhos. Os pontos coletados com GPS Etrex Vista podem ser visualizados na Figura 09. Na Figura 10 é visualizado os pontos coletados com GPS Garmim 10.

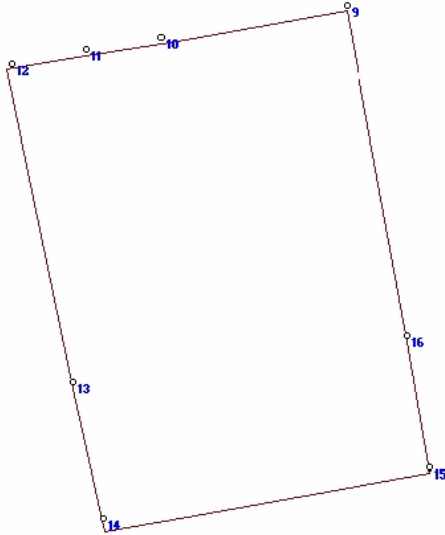


Figura 09 – Talhão 03 apresentado pelos aparelhos GPS ProMarck2 e GPS Etrex

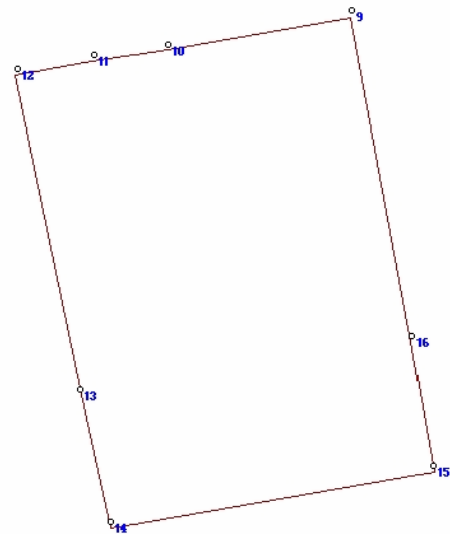


Figura 10 – Talhão 03 apresentado pelos aparelhos GPS ProMarck2 e GPS Garmim 10

O Quadro 05 apresenta os valores das coordenadas da superfície obtida para o talhão 03 com o aparelho testemunha e o aparelho GPS Etrex Vista. São apresentados os erros entre as coordenadas de E e N.

PONTO	TESTEMUNHA		GPS – ETREX (Absoluto)		ERRO - E	ERRO – N
	COOR. - E	COOR. – N	COOR. – E	COOR. - N		
1	237121,81	6708920,13	237121,25	6708928,34	0,56	8,21
2	236835,94	6708869,02	236834,78	6708880,39	1,16	11,36
3	236716,38	6708851,29	236718,97	6708861,06	2,59	9,77
4	236595,84	6708830,14	236718,75	6708861,09	8,47	9,13
5	236700,41	6708327,25	236699,16	6708347,31	1,25	20,06
6	236747,06	6708117,98	236745,63	6708138,81	1,44	20,83
7	237252,19	6708206,79	237251,75	6708215,51	0,44	8,72
8	237216,84	6708409,43	237217,16	6708419,28	0,31	9,85

Quadro 05 – Coordenadas do GPS ProMarck2 e do GPS Etrex Vista, e o erro das coordenadas E e N do talhão 03

No talhão 03 a avaliação dos erros das coordenadas obtidos com o GPS de navegação Etrex Vista, resultou em uma amplitude de 0,31 a 8,47 para E e 8,21 a 20,83 para N. Sendo assim, a maior amplitude foi em N e a menor em E.

A média aritmética resultante para os erros das coordenadas deste levantamento foram de 2,03 para E e 12,24 para o erro de N. O desvio padrão foi de 2,70 para E e 5,15 para N. A variabilidade de N apresentou-se menor pois o coeficiente de variação foi de 42%, enquanto a de E foi de 133%.

No Quadro 06 é apresentada a superfície obtida para o talhão 03 com o aparelho testemunha e o aparelho de navegação Garmim 10.

PONTO	TESTEMUNHA		GPS – Garmin 10		ERRO – E	ERRO - N
	COOR. - E	COOR. – N	COOR. – E	COOR. - N		
1	237121,81	6708920,13	237124,91	6708931,58	3,09	11,46
2	236835,94	6708869,02	236834,57	6708877,60	1,36	8,58
3	236716,38	6708851,29	236719,59	6708860,84	3,21	9,55
4	236595,84	6708830,14	236599,20	6708840,26	3,36	10,11
5	236700,41	6708327,25	236699,23	6708334,93	1,18	7,68
6	236747,06	6708117,98	236746,38	6708127,86	0,68	9,88
7	237252,19	6708206,79	237251,30	6708216,67	0,89	9,87
8	237216,84	6708409,43	237218,31	6708418,70	1,46	9,27

Quadro 06 – Coordenadas do GPS ProMarck2 e do GPS Garmim 10, e o erro das coordenadas E e N do talhão 03

Na avaliação dos erros das coordenadas obtidas com o GPS de navegação Garmim 10, a amplitude variou entre 0,68 e 3,36 para E, enquanto que para N variou de 7,68 a 11,46. Sendo assim, maior nas coordenadas N.

A média obtida neste levantamento foi de 1,90 para o erro-E e para o erro-N foi de 9,55. O desvio padrão resultante foi de 1,05 para E e 1,04 para erro o de N. A variabilidade do erro-E foi menor pois apresentou o valor do coeficiente de variação de 55%.

Entre os dois aparelhos de GPS de navegação, os erros das coordenadas de N e E se mostraram com maior amplitude no levantamento realizado com o GPS Etrex Vista. O levantamento realizado com o GPS Garmim 10 neste talhão mostrou melhores resultados.

4.1.4 Análise comparativa efetiva entre os levantamentos

Os valores efetivos das áreas estão apresentados na Tabela 02. Estes valores quando comparadas com o aparelho testemunha, apresenta a existência de variações entre os aparelhos de modo absoluto e os de modo relativo.

Tabela 02 – Medidas das áreas em metros quadrados (m²)

Áreas	Testemunha	Etrex Vista	Diferença	Garmim 10	Diferenças
Área 01	53.300,00	53.400,00	-100,00	53.700,00	+400,00
Área 02	93.300,00	89.700,00	+3.600,00	93.300,00	00
Área 03	381.100,00	375.800,00	-5.300,00	381.900,00	+800,00

Nesta avaliação a área 01 apresentou melhor resultado com o uso do GPS Etrex Vista, pois a diferença foi de apenas 100,00m².

Já na área 02 o GPS Garmim 10 não apresentou diferença quando comparado com o aparelho testemunha. Na área 03 o GPS Garmim 10, também se sobre-saiu ao GPS Vista Etrex.

Quando comparado o GPS de navegação Garmim 10 ao outro aparelho na área onde tem a presença de floresta a variação foi zero. Enquanto que nas áreas onde não há a presença de florestas ocorreram variações.

Estas variações são analisadas pelos coeficientes de variação para o erro das coordenadas E e N dos levantamentos como mostra a Tabela 03.

Tabela 03 – Coeficientes de variação (%) do erro das coordenadas dos talhões 01, 02 e 03

TALHÃO	Aparelho GPS	CV% da Coord. E	CV% da Coord. N
01	Garmim 10	55	11
	Etrex Vista	133	42
02	Garmim 10	79	19
	Etrex Vista	90	41
03	Garmim 10	66	11
	Etrex Vista	66	07

Pelos resultados apresentados na tabela anterior, obtiveram-se os coeficientes de variação (CV) para o erro das coordenadas E com valores menores para o aparelho Garmim 10 nos talhões 01 e 02, o mesmo ocorre para o CV do erro das coordenadas N nos talhões 01 e 02. No talhão 03 obtiveram-se valores para o CV iguais para ambos os aparelhos no erro em E. Enquanto que para o CV do erro em N foi menor para o aparelho Etrex Vista.

Observando o talhão 02 que possui floresta plantada na área, o GPS Garmim 10 mostrou melhores resultados do que o aparelho GPS Etrex Vista.

4.2 Inventário florestal

4.2.1 Análise dos dados de inventário florestal das 3 áreas do levantamento

A intensidade amostral foi de 47 unidades amostrais, sendo respectivamente 04, 07 e 36 unidades para os talhões 01, 02 e 03 do levantamento para o inventário florestal. Esses dados são apresentados na Tabela 04.

Tabela 04 – Intensidade amostral para o inventário florestal nos diferentes talhões

Talhões (ha)	Idade	Nº de parcelas
01 (5,37)	15	4
02 (9,33)	27	7
03 (38,15)	12	36

Para cada parcela foram calculados a área basal ($G \text{ m}^2/\text{ha}$), o volume total ($VT \text{ m}^3/\text{ha}$) e altura média (H). Para cada parcela foi estabelecido as coordenadas E e N, as quais estão apresentadas nas Tabelas 05, 06 e 07.

Tabela 05 – Levantamento do inventário florestal do talhão 01

PARCELA	G m ² /ha	VT m ³ /ha	H (m)	E	N
01	40,75	381,26	19,93	237310,540	6709184,480
02	44,91	421,17	20,41	237410,540	6709184,480
03	45,66	411,1	19,57	237510,540	6709184,480
04	52,38	493,83	19,99	237610,540	6709184,480

Tabela 06 - Levantamento do inventário florestal do talhão 02

PARCELA	G m ² /ha	VT m ³ /ha	H (m)	E	N
01	36,76	337,31	19,97	237235,430	6708932,190
02	38,16	336,19	19,02	237335,430	6708932,190
03	41,21	352,87	19,24	237435,430	6708932,190
04	34,76	294,02	18,48	237535,430	6708932,190
05	51,54	445,15	17,26	237635,430	6708932,190
06	62,65	605,79	19,57	237235,430	6708832,190
07	41,96	397,80	20,18	237335,430	6708832,190

Tabela 07 - Levantamento do inventário florestal do talhão 03

PARCELA	G m ² /ha	VT m ³ /ha	H (m)	E	N
01	41,03	344,12	24,72	236699,200	6708831,580
02	49,13	564,23	24,86	236799,200	6708831,580
03	50,42	585,68	23,97	236899,200	6708831,580
04	41,15	383,35	19,60	236999,200	6708831,580
05	32,82	312,21	20,30	237099,200	6708831,580
06	41,07	392,55	20,23	236699,200	6708731,580
07	36,43	371,39	21,61	236799,200	6708731,580
08	24,11	191,08	16,74	236899,200	6708731,580
09	36,68	305,22	17,93	236999,200	6708731,580
10	30,52	212,65	14,81	237099,200	6708731,580
11	18,93	123,96	13,98	236699,200	6708631,580
12	42,84	360,13	18,00	236799,200	6708631,580
13	39,54	338,76	18,35	236899,200	6708631,580
14	22,36	166,90	15,48	236999,200	6708631,580
15	33,97	287,75	18,02	237099,200	6708631,580
16	40,19	412,10	21,38	236699,200	6708531,580
17	36,61	316,38	18,50	236799,200	6708531,580
18	30,86	257,06	17,70	236899,200	6708531,580
19	33,14	285,11	18,20	236999,200	6708531,580
20	35,56	303,71	18,10	237099,200	6708531,580
21	33,35	308,50	19,43	236699,200	6708431,580
22	41,03	344,12	17,98	236799,200	6708431,580
23	31,04	242,27	16,88	236899,200	6708431,580
24	30,01	234,01	16,56	236999,200	6708431,580
25	29,43	219,73	16,31	237099,200	6708431,580
26	31,35	240,69	16,46	237199,200	6708431,580
27	42,33	328,67	16,90	236799,200	6708331,580
28	37,17	281,49	16,52	236899,200	6708331,580

29	39,79	308,21	15,91	236999,200	6708331,580
30	32,84	237,11	15,70	237099,200	6708331,580
31	42,93	317,74	15,88	237199,200	6708331,580
32	31,55	252,86	17,16	236799,200	6708231,580
33	35,81	255,79	15,50	236899,200	6708231,580
34	37,95	303,66	17,50	236999,200	6708231,580
35	37,41	320,40	18,47	237099,200	6708231,580
36	42,74	354,33	17,91	237199,200	6708231,580

Após efetuar os cálculos necessários foi concluído que, as parcelas foram suficientes para representar com precisão os valores quantitativos volumétricos.

No processamento dos dados foram determinados os valores médios por hectare para volume total, área basal e altura. Estes dados são apresentados na Tabela 08.

Tabela 08 – Valores médios por hectare para volume total, área basal e altura

Área ha	Volume total (m³/ha)	G Médio (m²/ha)	H (m)
01 (5,37)	426,84	45,93	19,98
02 (9,33)	395,59	43,86	19,1
03 (38,15)	307,33	35,95	18,15

Para os cálculos das estimativas foi considerado que a população é finita. O erro máximo admissível foi de 15% e o nível de probabilidade foi de 95%.

Com esta quantidade de parcelas medidas, o erro de amostragem em percentagem nas diferentes áreas inventariadas ficou conforme a Tabela 09.

Tabela 09 – Erro de amostragem nos diferentes talhões inventariados

Talhões	*% Erro de Amostragem
01	5,83
02	9,77
03	14,39

*Ao nível de 95% de probabilidade

Cabe mencionar que este erro de amostragem é inferior ao erro proposto (máximo de 15%, com 95% de probabilidade de confiança) no processo de amostragem, indicando a qualidade das estimativas aqui tratadas.

As principais estimativas obtidas nas amostragens são apresentadas na Tabela 10 para cada área.

Tabela 10 – Estimativas de volume total com casca por hectare

Talhão	VT médio (m ³ /ha)	Desvio Padrão (m ³ /ha)	Intervalo de Confiança (m ³ /ha)	População total m ³
01	426,84	11,93	408,6 ≤ Média ≤ 445,08	2287,62
02	395,59	104,65	371,69 ≤ Média ≤ 419,49	3354,13
03	307,33	91,55	277,75 ≤ Média ≤ 336,91	11724,58

4.2.2 Sistema de inventário florestal com tecnologia móvel

Os aparelhos disponíveis hoje no mercado auxiliam o desenvolvimento de trabalhos que exigem deslocamento, além de representar uma ferramenta para substituição dos processos feitos em papel por aplicativos baseados em formulários, segundo Galvin (2004, p. 19).

Dando seqüência a estas tendências de mercado são apresentadas as funções do sistema desenvolvido neste trabalho. A Figura 11 apresenta a tala de inicialização que dá as opções de “links”. As respectivas funções operacionais são:

- Cadastro de projeto florestal;
- Cadastro de parcelas amostrais;
- Registro de medições dendrométricas;
- Processamento primário dos dados;
- Cadastro de espécies florestais;
- Interface com sistema GPS *bluetooth*.



Figura 11 – Tela de abertura do programa de coleta de dados do inventário florestal para florestas plantadas

4.2.2.1 Cadastro de projeto florestal

A Figura 12 apresenta a rotina de cadastro do projeto de inventário florestal onde deve ser informado o nome do projeto, a espécie florestal e a área a ser inventariada.

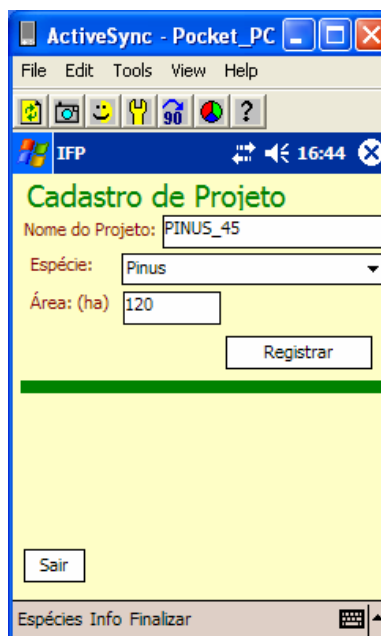


Figura 12 – Cadastro do projeto de inventário florestal

4.2.2.2 Cadastro de parcelas amostrais

O cadastro de parcelas amostrais é demonstrado na Figura 13, este permite o registro de informações de identificação e de caracterização, bem como de georreferenciamento das parcelas amostrais.

The screenshot shows the 'Cadastro de Parcelas' screen in the ActiveSync - Pocket_PC application. The interface includes a menu bar (File, Edit, Tools, View, Help) and a toolbar with various icons. The main content area is a form with the following fields and values:

- Projeto: PINUS_45
- Número da Parcela: 12
- Permanente:
- Temporária:
- Responsável: CATIZE BRANDELERO
- Município: SANTA MARIA
- Data da Medição: 12/12/06
- Equipe N: 1
- Área - Unidade: 600
- Ficha N: 1
- Espaçamento: 2 x 2
- Idade: 12
- Qualidade: 1, 1, 2, 0
- Classe N- Idade: 2
- Classe de Valor: 2
- Grau Estoque: 0
- Grau Cobertura: 2
- Latitude: 29.4425
- Longitude: 53.2340

Buttons for 'Sair' (Exit) and 'Registrar' (Register) are visible. At the bottom, there are options for 'Espécies Info Finalizar'.

Figura 13 – Tela de cadastro de parcelas amostrais

4.2.2.3 Registro de medições dendrométricas

Esta função consiste no registro individual de elementos dendrométricos das árvores de uma determinada parcela previamente cadastrada.

Além destes registros são amostrados também elementos fitossanitários respectivos a cada indivíduo da parcela. Nesta rotina o usuário registra o horário de início e fim das atividades na parcela, como mostra a Figura 14.

Figura 14 – Tela de registro das medidas dendrométricas dos indivíduos amostrados

4.2.2.4 Processamento primário dos dados

A Figura 15 apresenta uma tela na qual o usuário pode processar o cálculo da relação hipsométrica existente na parcela a partir do ajuste do modelo:

$$H = b_0 + b_1 \cdot dap$$

Com esse ajuste e a informação do fator de forma é possível estimar o volume médio da parcela por hectare. Além destas informações são calculadas ainda área basal (m^2/ha), altura média do povoamento e dap (diâmetro médio a altura do peito) médio das árvores.

ActiveSync - Pocket_PC

File Edit Tools View Help

IFP 17:07

Processamento-Cálculos

Parcela N: 12 Projeto: PINUS_45

Relação Hipsométrica : $h = bo + b1.d$

Relação Hipsométrica R2 =

Volume da parcela /ha (FF)

Fator de Forma: Volume

Volume m3/ha

Área Basal m2/ha

Altura Média m

Diâmetro Médio cm

Sair

Espécies Info Finalizar

Figura 15 – Tela de processamento primário dos dados para uma parcela

4.2.2.5 Cadastro de espécies florestais

No sistema de inventário florestal para florestas plantadas, é apresentado na Figura 16 a recuperação e cadastro de espécies florestais usualmente empregadas em reflorestamentos.

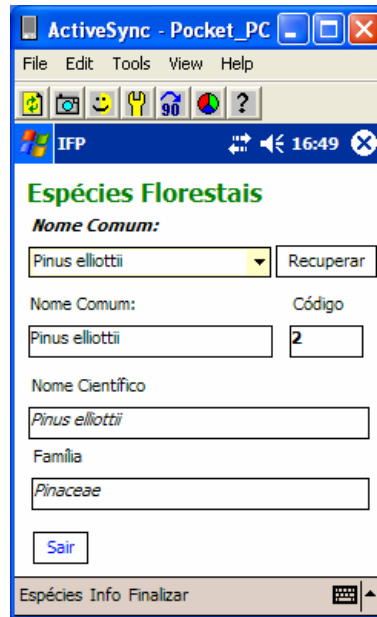


Figura 16 – Tela de cadastro das espécies florestais

4.2.2.6 Interface com sistema GPS *bluetooth*

O sistema tem uma interface *bluetooth* com GPS de navegação conforme mostrado na Figura 17.

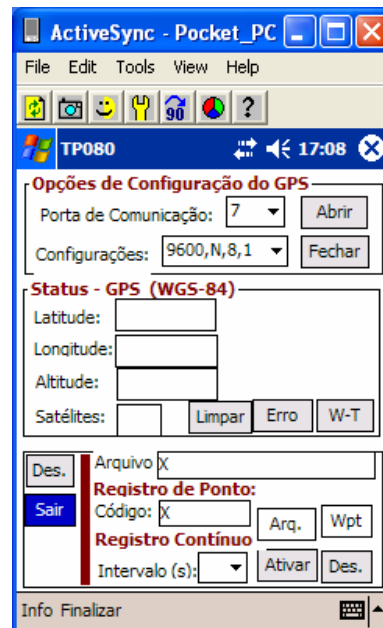


Figura 17 – Tela de Interface com o aparelho GPS Garmim10

4.3 Silvicultura de precisão

4.3.1 Malha de amostragem para os três talhões em estudo

Os talhões 01, 02 e 03, foram medidos com o GPS Garmim 10, com o objetivo de avaliar sua aplicabilidade juntamente com o Pocket PC na silvicultura de precisão. A malha de amostragem gerada para cada talhão foi sistemática com espaçamento de 100X100m.

As Figuras 18, 19 e 20 apresentam um visual de cada malha de amostragem em tela do sistema CR Campeiro 6.0.

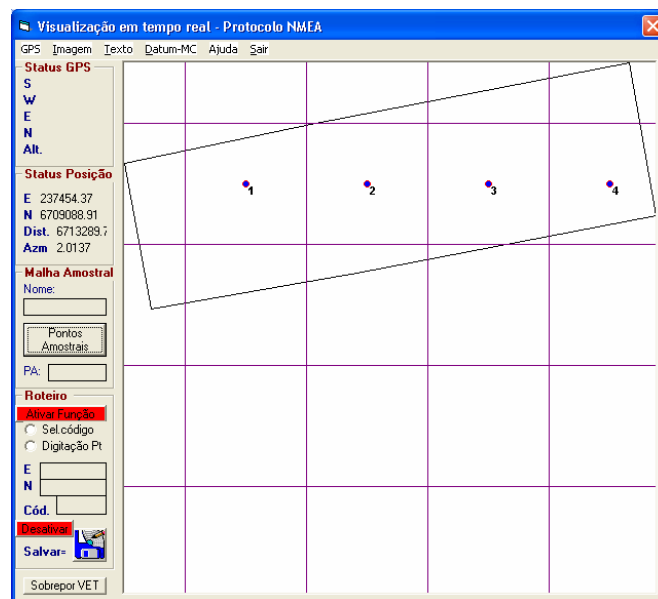


Figura 18 - Malha de amostragem sistemática com espaçamento de 100X100 o talhão 01

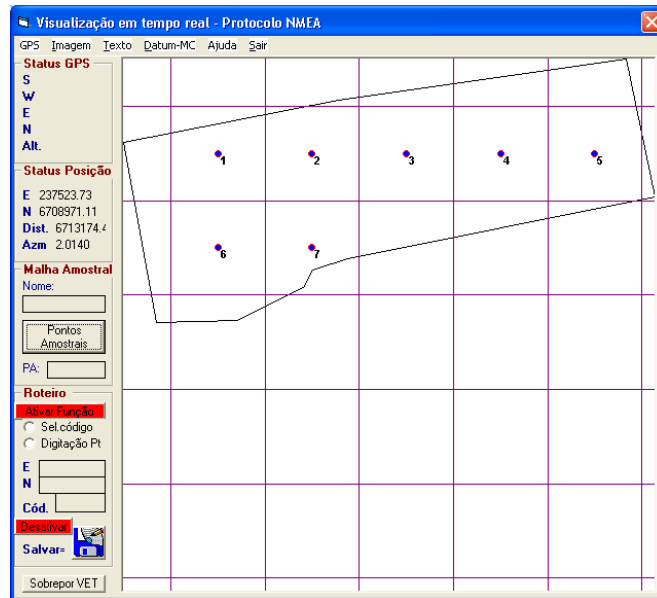


Figura 19 - Malha de amostragem sistemática com espaçamento de 100X100 o talhão 02

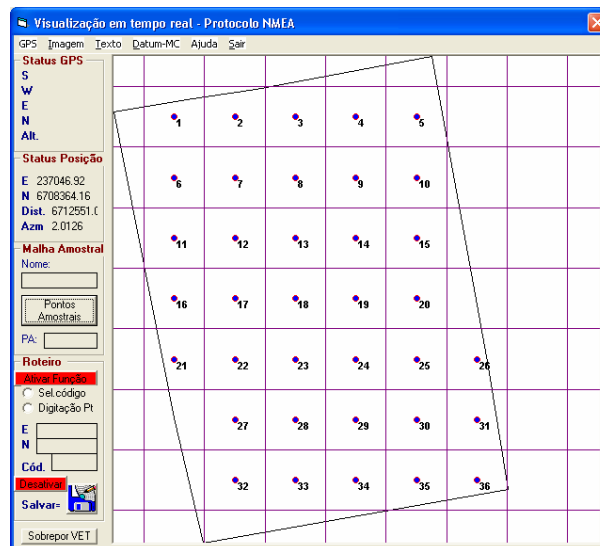


Figura 20 - Malha de amostragem sistemática com espaçamento de 100X100 para o talhão 03

Para o talhão de número 01 com uma área de 5,37ha foram estabelecidos 04 parcelas amostrais. Enquanto que o talhão 02 com 9,33ha de área foram 07 parcelas amostrais. Já no talhão 03 de área 38,15ha o número de parcelas foi de 36.

A relação das coordenadas UTM da identificação das parcelas amostrais estão relacionadas no Anexo 02.

Essas coordenadas organizadas em arquivos de padrão *.VET foram transferidos para o Pocket PC com GPS Garmim 10, onde foi retornado ao campo para realizar a simulação do inventário florestal.

Para efeito de teste de locação dos pontos das parcelas geradas para as malhas dos talhões 01 e 03, os pontos foram identificados e locados a campo onde se procederia a coleta dos parâmetros florestais exigidos no inventário.

No talhão 02 os pontos referentes as parcelas foram locados a campo e procedeu-se a coleta dos dados dendrométricos exigidos no inventário florestal, porém estes dados foram utilizados apenas para efeito de avaliação do sistema de coleta de dados para inventário florestal de florestas plantadas.

4.3.2 Modelos digitais dos parâmetros dendrométricos do inventário florestal para os três talhões

Os modelos digitais gerados a partir dos dados processados do inventário florestal foram relativos à área basal média por hectare, volume total médio por hectare e altura média por hectare, sendo que, este procedimento foi aplicado para cada talhão florestal.

Neste procedimento o *Software* CR Campeiro 6.0, gerou os resultados das avaliações geoestatísticas utilizados para analisar a integração entre as amostras dos talhões florestais.

4.3.2.1 Resultados referentes das variáveis do talhão 01

4.3.2.1.1 Área basal média (m²) por hectare

A Tabela 11 apresenta os resultados do calculo do semi-variograma da área 01 para a variável área basal média por hectare. Obteve-se o valor de 5,2522 para o efeito

pepita. O alcance de correlação entre as amostras foi de 400m. O valor do patamar resultante foi de 23,1827, o que significa que a partir deste valor já não existe mais correlação entre amostras. O grau de casualidade resultante foi de 0,23.

Tabela 11 – Valores resultantes para o semi-variograma da variável área basal (m²/ha) do talhão 01

Avaliação	Efeito pepita	Patamar	Alcance (m)	Máximo ValorGamma	Grau CasualidadeGC
Total	5,2522	23,1827	400	67,6285	0,23

Através do grau de casualidade como citado na metodologia é avaliado o grau de significância da variabilidade espacial. Neste caso o valor do grau de casualidade é maior que 0,15 e menor que 0,30, portanto o componente aleatório é significativo pois possui dependência espacial.

A Figura 21 apresenta a precisão do ajuste do modelo da área basal do semi-variograma. Já a Figura 22 apresenta o semi-variograma resultante para esta variável.

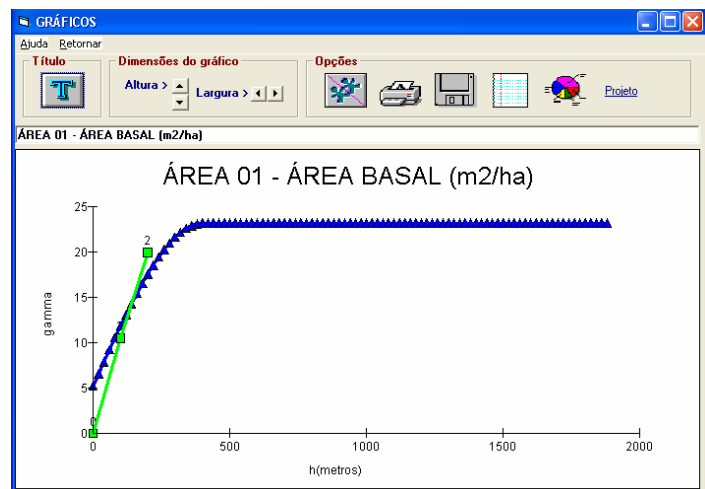
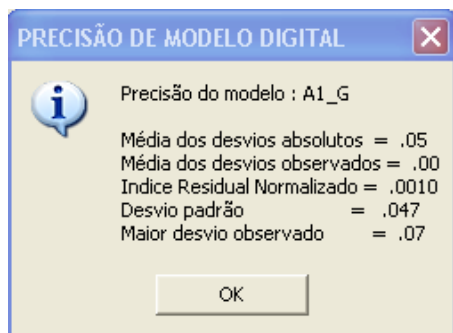


Figura 21 – Precisão do modelo digital para a área basal média (m²/ha) do talhão 01

Figura 22 – Semi-variograma resultante para área basal média (m²/ha) do talhão 01

Na avaliação da precisão do modelo digital para área basal média por hectare, obteve-se os valores médios do desvio padrão absoluto de 0,05 e os desvios

observados de 0,00. O índice residual normalizado foi de 0,0010. O desvio padrão de 0,047.

A Figura 23 apresenta o mapa de espacialização da área basal média por hectare. É exposta no mapa a variação entre os intervalos das classes para a área, onde se obteve a amplitude de 0,88 a 2,08ha. Sendo que a classe com maior área basal média por hectare foi a classe com 0,88ha.

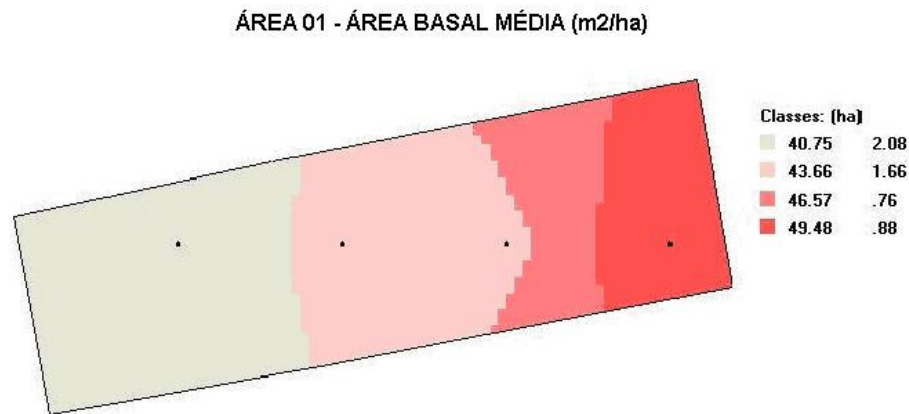


Figura 23 – Mapa resultante para a área basal média (m²) do talhão 01

4.3.2.1.2 Altura média por hectare

Os valores do cálculo do semi-variograma para a variável da altura média por hectare são apresentadas na Tabela 12. O valor obtido para o efeito pepita foi de 0,0927. O alcance de correlação entre as amostras foi de 200m. O patamar resultante foi de 0,1185. O grau de casualidade resultante foi de 0,78.

Tabela 12 - Valores resultantes do semi-variograma para a variável altura total média (m/ha) do talhão 01

Avaliação	Efeito pepita	Patamar	Alcance (m)	Máximo Valor Gamma	Grau Casualidade GC
Total	0,0927	0,1185	200	0,1854	0,78

Neste caso devido o valor do grau de casualidade ser maior que 0,30 o componente aleatório é altamente significativo, o que quer dizer uma alta dependência espacial.

A Figura 24 apresenta a precisão do ajuste do modelo da altura média por hectare do semi-variograma, a Figura 25 apresenta o semi-variograma resultante para esta variável.

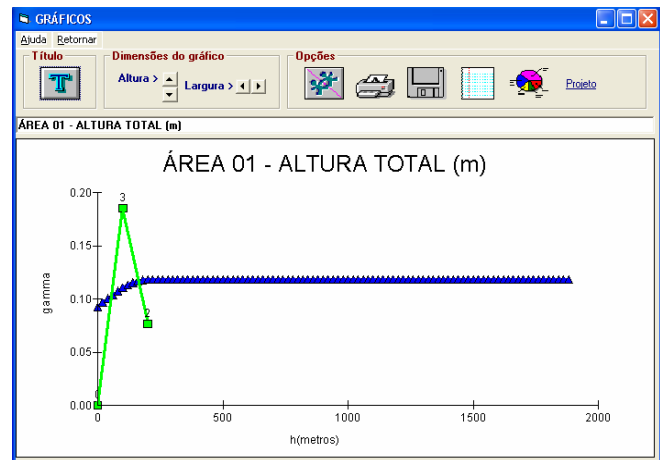
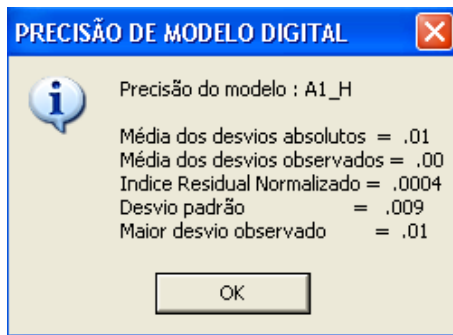


Figura 24 – Precisão do modelo digital para a altura total média (m/ha) do talhão 01

Figura 25 – Semi-variograma resultante para altura total média (m/ha) do talhão 01

Na avaliação da precisão do modelo digital para área total média por hectare, os resultados obtidos para o desvio padrão absoluto de 0,01 e os desvios observados de 0,00. O índice residual normalizado foi de 0,0004. O desvio padrão de 0,009.

A Figura 26 apresenta o mapa de espacialização da altura total média por hectare. Neste mapa é exposta a variação entre as classes para a área, onde resultou numa amplitude de 0,44 a 2,67ha. Sendo que a classe com maior altura total média por hectare foi a classe com 0,44ha.

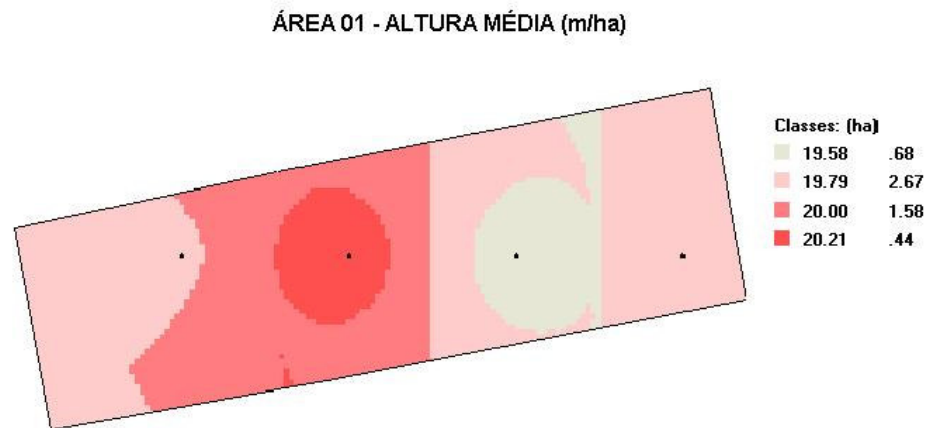


Figura 26 – Mapa resultante para a altura total (m) média por hectare do talhão 01

4.3.2.1.3 Volume total médio por hectare

A Tabela 13 apresenta os resultados do cálculo do semi-variograma da área 01 para a variável volume total médio por hectare, onde obteve-se o valor de 711,5386 para o efeito pepita. O alcance de correlação entre as amostras foi de 400m. O valor do patamar resultante foi de 2281,697, o que significa que a partir deste valor já não existe mais correlação entre amostras. O grau de casualidade resultante foi de 0,31.

Tabela 13 - Valores resultantes para o semi-variograma do volume total médio/há para a área 01

Avaliação	Efeito pepita	Patamar	Alcance (m)	Máx. Valor Gamma	Grau Casualidade GC
Total	711,5386	2281,697	400	6335,9998	0,31

Neste caso devido o valor do grau de casualidade ser maior que 0,30 o componente aleatório é altamente significativo, pois existe alta correlação espacial entre amostras.

A precisão do ajuste do modelo de volume total médio do semi-variograma é apresentado na Figura 27. Já a Figura 28 apresenta o semi-variograma resultante para esta variável.

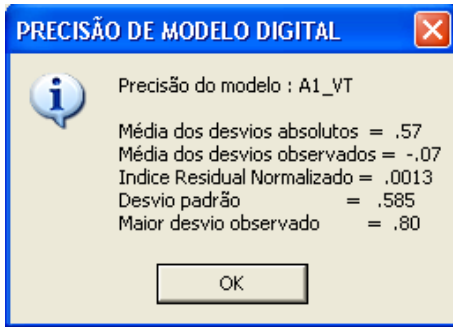


Figura 27 – Precisão do modelo digital para o volume total médio (m^3/ha) do talhão 01

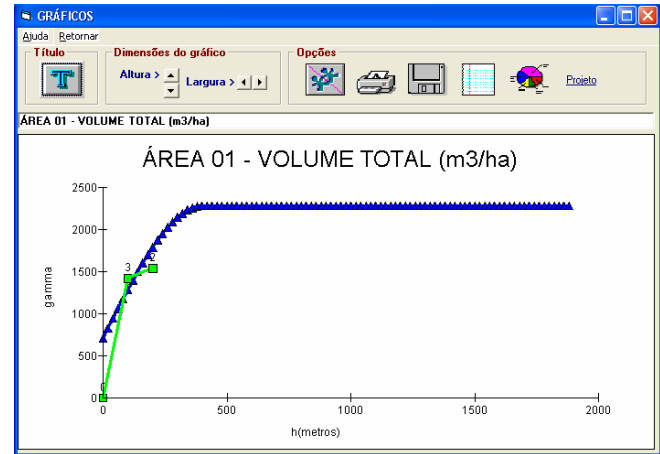


Figura 28 – Semi-variograma resultante para volume total médio (m^3/ha) do talhão 01

Na avaliação da precisão do modelo digital para volume total médio por hectare, obteve-se os valores médios do desvio padrão absoluto de 0,57 e os desvios observados de -0,07. O índice residual normalizado foi de 0,0013. O desvio padrão de 0,585.

A Figura 29 apresenta o mapa de espacialização do volume total médio por hectare. É visto no mapa a variação entre os intervalos das classes para a área, onde se obteve a amplitude de 0,35 a 1,72ha. Sendo que a classe com maior volume total médio por hectare foi à classe com 0,35ha.

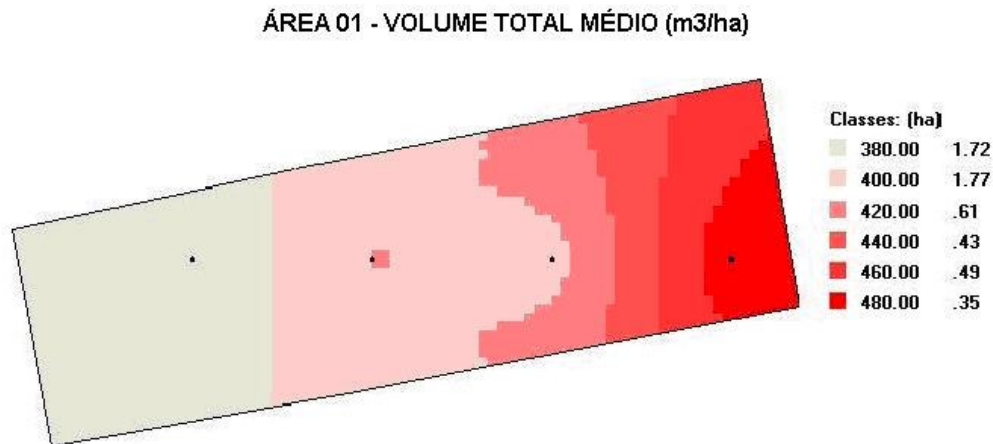


Figura 29 – Mapa resultante para o volume total médio (m³/ha) do talhão 01

4.3.2.2 Resultados referentes às variáveis do talhão 02

4.3.2.2.1 Área basal média por hectare

A Tabela 14 apresenta os resultados do cálculo do semi-variograma da área 02 para a variável área basal média por hectare. Obteve-se o valor de 51,8651 para o efeito pepita. O alcance de correlação entre as amostras foi de 200m. O valor do patamar resultante foi de 98,0648. O grau de casualidade resultante foi de 0,53.

Tabela 14 – Valores resultantes do semi-variograma da variável área basal (m²/ha) do talhão 02

Avaliação	Efeito pepita	Patamar	Alcance (m)	Máximo ValorGamma	Grau CasualidadeGC
Total	51,8651	98,0648	200	131,5816	0,53

Através do grau de casualidade é avaliado o grau de significância da área. Neste caso devido o valor do grau de casualidade ser maior que 0,30 o componente aleatório é altamente significativo, pois existe alta dependência espacial.

A Figura 30 apresenta a precisão do ajuste do modelo da área basal do semi-variograma, a Figura 31 o semi-variograma resultante para esta variável.

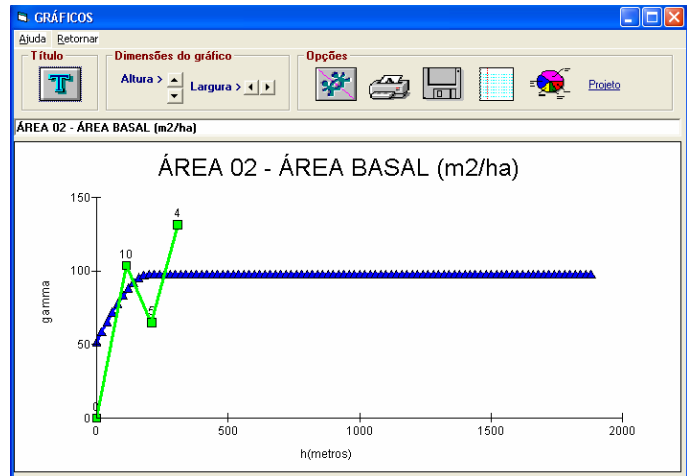
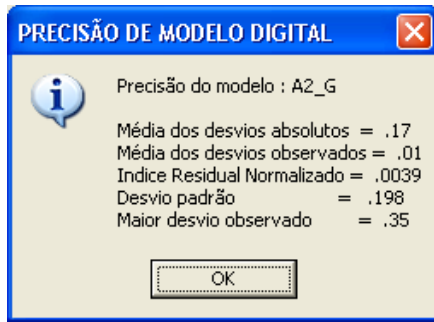


Figura 30 - Precisão do modelo digital para a área basal média (m^2/ha) para o talhão 02

Figura 31 – Semi-variograma resultante para área basal média (m^2/ha) do talhão 02

Na avaliação da precisão do modelo digital para área basal média por hectare, obteve-se os valores médios do desvio padrão absoluto de 0,17 e os desvios observados de 0,01. O índice residual normalizado foi de 0,0039. O desvio padrão de 0,198.

O mapa de espacialização da área basal média por hectare é apresentado na Figura 32. É apresentada no mapa a variação entre os intervalos das classes para a área, onde se obteve a amplitude de 1,00 a 4,80ha. A classe com maior área basal média por hectare foi à classe com 1,00ha com valor de $55,72m^2$ médios por hectare.

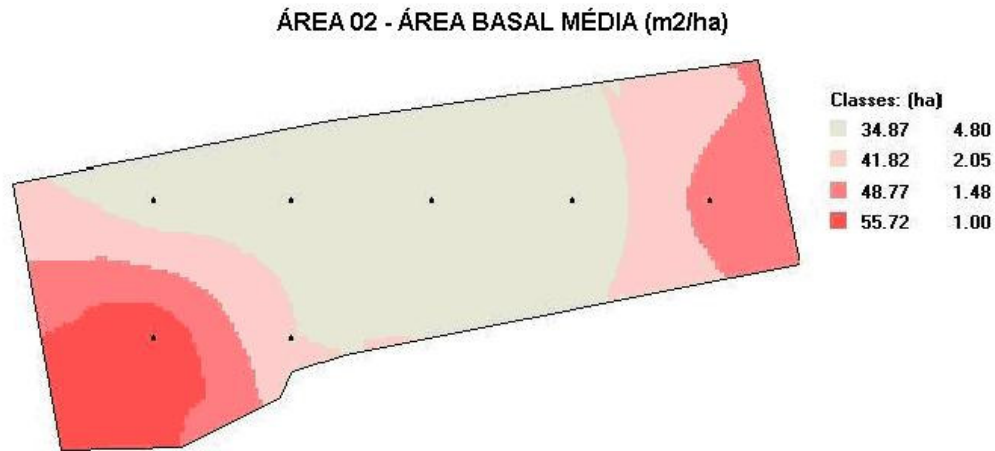


Figura 32 – Mapa resultante para a área basal média (m²) por hectare no talhão 02

4.3.2.2.2 Altura média por hectare

Os valores do cálculo do semi-variograma para a variável da altura média por hectare são apresentadas na Tabela 15. O resultado obtido para o efeito pepita foi de 0,1531. O alcance de correlação entre as amostras foi de 400m. O patamar resultante foi de 0,9900. O grau de casualidade resultante foi de 0,15.

Tabela 15 – Valores resultantes do semi-variograma para a variável altura média (m/ha) do talhão 02

Avaliação	Efeito pepita	Patamar	Alcance (m)	Máximo ValorGamma	Grau CasualidadeGC
Total	0,1531	0,9900	400	3,1700	0,15

Nesta avaliação o valor do grau de casualidade foi igual a 0,15, sendo assim, o componente aleatório é significativo, porém a dependência espacial entre amostras é pouco significativa.

A Figura 33 apresenta a precisão do ajuste do modelo da altura média por hectare do semi-variograma para a área 02. A Figura 34 apresenta o semi-variograma resultante para esta variável.

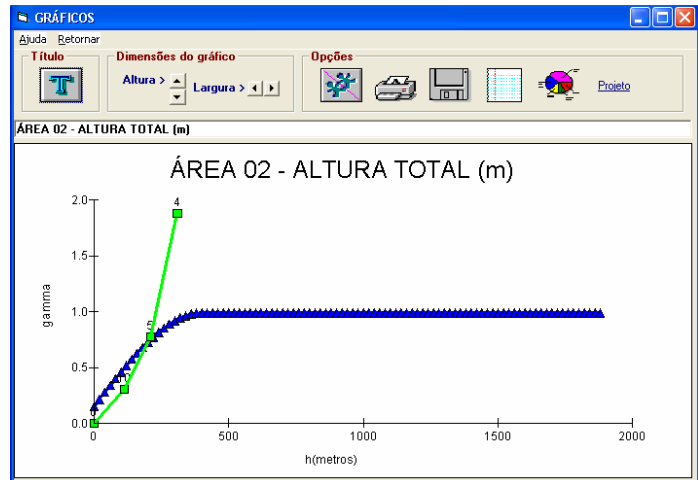
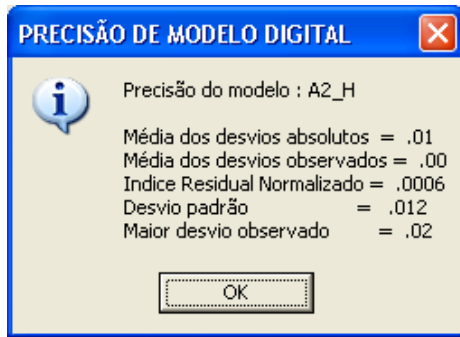


Figura 33 – Precisão do modelo digital para a altura total média (m/ha) do talhão 02

Figura 34 – Semi-variograma resultante para altura total média (m/ha) do talhão 02

Os resultados encontrados na precisão do modelo digital para área total média por hectare, para o desvio padrão absoluto foi de 0,01, os desvios observados foram de 0,00. O índice residual normalizado foi de 0,0006. O desvio padrão de 0,012.

A Figura 35 apresenta o mapa de espacialização da altura total média por hectare. Neste mapa é exposta a variação entre as classes para a área, onde resultou numa amplitude de 1,68 a 4,06ha. A classe que apresentou maior altura total média por hectare foi à classe com 4,06ha.

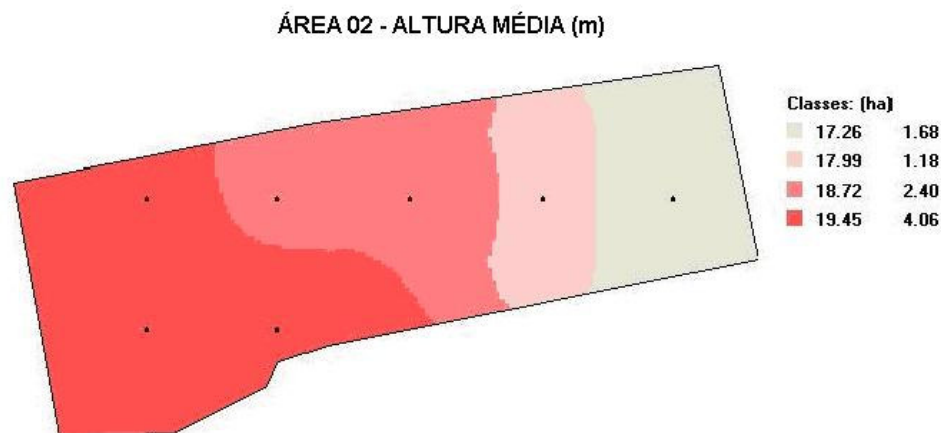


Figura 35 – Mapa resultante para a altura total média (m) por hectare do talhão 02

4.3.2.2.3 Volume total médio por hectare

A Tabela 16 apresenta os resultados do cálculo do semi-variograma da área 02 para a variável volume total médio por hectare, onde obteve-se o valor de 5602,0524 para o efeito pepita. O alcance de correlação entre as amostras foi de 200m. O valor do patamar resultante foi de 10951,9154, o que significa que a partir deste valor já não existe mais correlação entre amostras. O grau de casualidade resultante foi de 0,51.

Tabela 16 – Valores resultantes do semi-variograma da variável volume total médio (m³/ha)

Avaliação	Efeito pepita	Patamar	Alcance (m)	Máximo ValorGamma	Grau CasualidadeGC
Total	5602,0524	10951,9154	200	14148,6067	0,51

Neste caso devido o valor do grau de casualidade ser maior que 0,30 o componente aleatório é altamente significativo, tendo assim, alta dependência espacial.

A precisão do ajuste do modelo de volume total médio do semi-variograma é apresentado na Figura 36. Já a Figura 37 apresenta o semi-variograma resultante para esta variável.

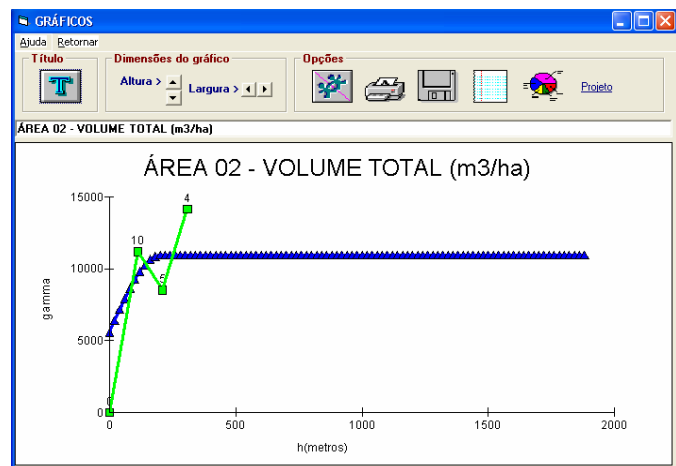
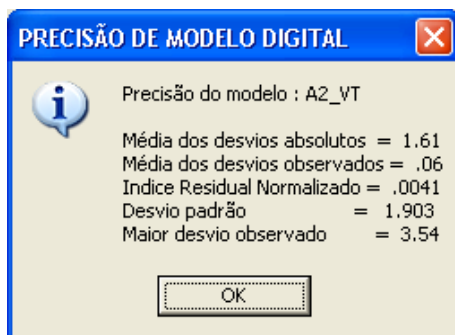


Figura 36 – Precisão do modelo digital para o volume total médio (m³/ha) do talhão 02

Figura 37 – Semi-variograma resultante para volume total médio (m³/ha) do talhão 02

Na avaliação da precisão do modelo digital para volume total médio por hectare, obteve-se os valores médios do desvio padrão absoluto de 1,61 e os desvios observados de 0,06. O índice residual normalizado foi de 0,0041. O desvio padrão de 1,903.

A Figura 38 apresenta o mapa de espacialização do volume total médio por hectare. No mapa é apresentada a variação entre os intervalos das classes para a área. Obteve-se nesta área a amplitude de 0,01 a 3,10ha. Sendo que a classe com maior volume total médio por hectare foi à classe com 0,13ha, onde a média foi de 600m³/ha.

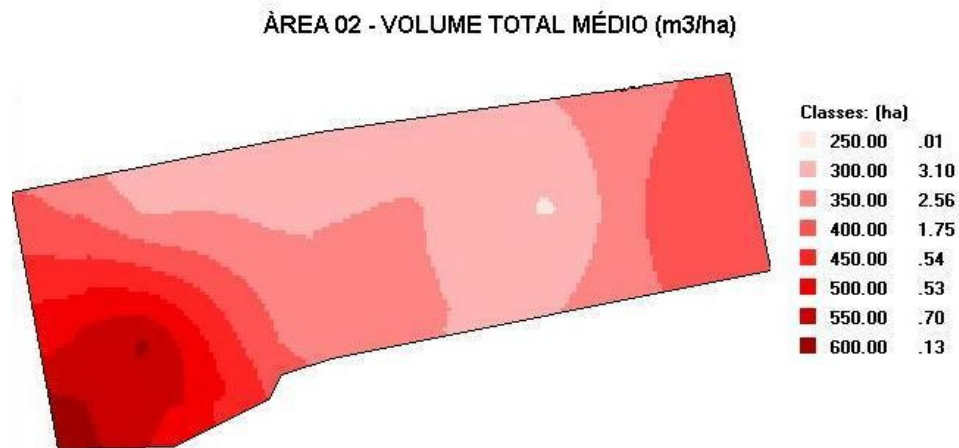


Figura 38 – Mapa resultante para o volume total médio (m³/ha) do talhão 02

4.3.2.3 Resultados referentes as variáveis do talhão 03

4.3.2.3.1 Área basal média por hectare

A Tabela 16 apresenta os resultados do cálculo do semi-variograma da área 03 para a variável área basal média por hectare. Onde obteve-se o valor de 21,3104 para o efeito pepita. O alcance de correlação entre as amostras foi de 300m. O valor do patamar resultante foi de 45,0279. O grau de casualidade resultante foi de 0,47.

Tabela 16 – Valores resultantes do semi-variograma da variável área basal média m²/ha para o talhão 03

Avaliação	Efeito pepita	Patamar	Alcance (m)	Máximo ValorGamma	Grau CasualidadeGC
Total	21,3104	45,0279	300	50,9533	0,47

Através do grau de casualidade é avaliado o grau de significância da área. Neste caso devido o valor do grau de casualidade ser maior que 0,30 o componente aleatório é significativo e há dependência espacial entre os dados.

A Figura 39 apresenta a precisão do ajuste do modelo da área basal do semi-variograma e a Figura 40 o semi-variograma resultante para esta variável.

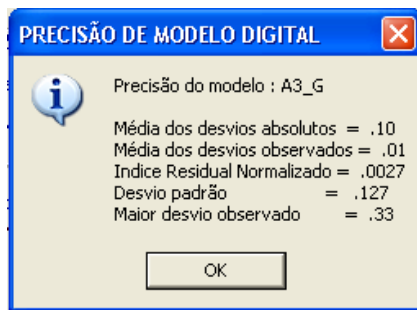


Figura 39 – Precisão do modelo digital para a área basal média (m²/ha) do talhão 02

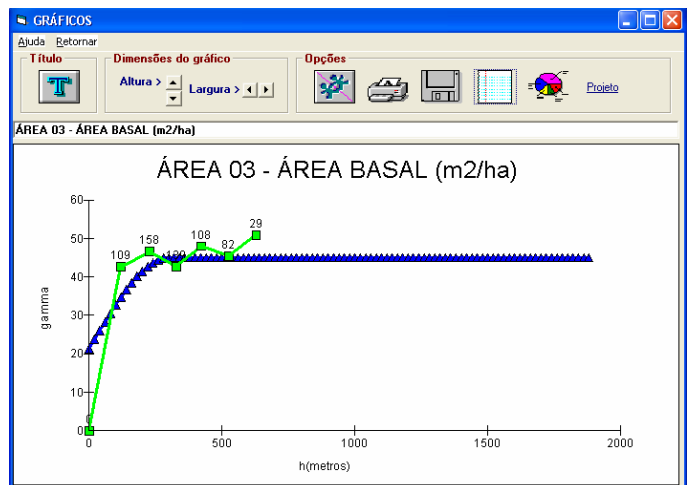


Figura 40 – Semi-variograma resultante para área basal média (m²/ha) do talhão 03

Na avaliação da precisão do modelo digital para área basal média por hectare, obteve-se os valores médios do desvio padrão absoluto de 0,10 e os desvios observados de 0,01. O índice residual normalizado foi de 0,0027. O desvio padrão de 0,127.

O mapa de espacialização da área basal média por hectare é apresentado na Figura 41. É apresentada no mapa a variação entre os intervalos das classes para a área, onde se obteve a amplitude de 0,62 a 20,48ha. A classe com maior área basal média por hectare foi à classe com 1,07ha com valor de 47,00m² médios por hectare.

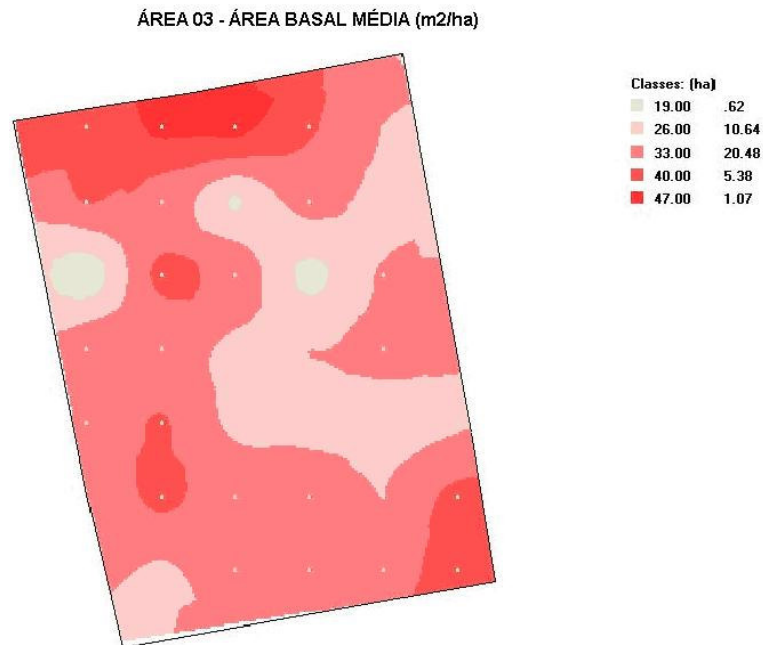


Figura 41 – Mapa resultante para a área basal (m²) média por hectare no talhão 03

4.3.2.3.2 Altura média por hectare

Os valores do cálculo do semi-variograma para a variável da altura média por hectare são apresentadas na Tabela 17. O resultado obtido para o efeito pepita foi de 1,7151. O alcance de correlação entre as amostras foi de 500m. O patamar resultante foi de 6,7047. O grau de casualidade resultante foi de 0,26.

Tabela 17 – Valores resultantes do semi-variograma para altura média (m/ha) para a área 03

Avaliação	Efeito pepita	Patamar	Alcance (m)	Máximo ValorGamma	Grau CasualidadeGC
Total	1,7151	6,7047	500	21,7269	0,26

Através do grau de casualidade é avaliado o grau de significância da área. Neste caso devido o valor do grau de casualidade ser maior que 0,15 e menor que 0,30 o componente aleatório é significativo e existe dependência espacial entre as amostras.

Na Figura 42 apresenta a precisão do ajuste do modelo da altura total média do semi-variograma. A Figura 43 apresenta o semi-variograma resultante.

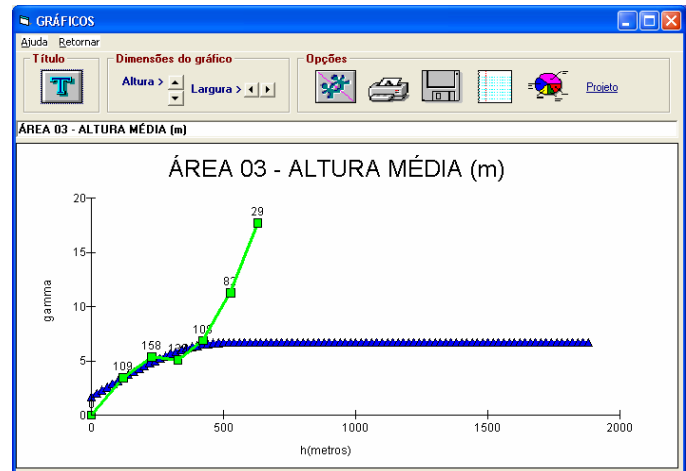


Figura 42 – Precisão do modelo digital para a altura total média (m/ha) do talhão 03

Figura 43 – Semi-variograma resultante para altura total média (m/ha) do talhão 03

Os resultados encontrados na precisão do modelo digital para área total média por hectare, para o desvio padrão absoluto foi de 0,02 e os desvios observados de 0,00. O índice residual normalizado foi de 0,0013. O desvio padrão de 0,035.

A Figura 44 apresenta o mapa de espacialização da altura total média por hectare. Neste mapa é exposta a variação entre as classes para a área, onde resultou numa amplitude de 2,87 a 19,98ha. A classe com maior altura total média por hectare foi a classe com 2,87ha.

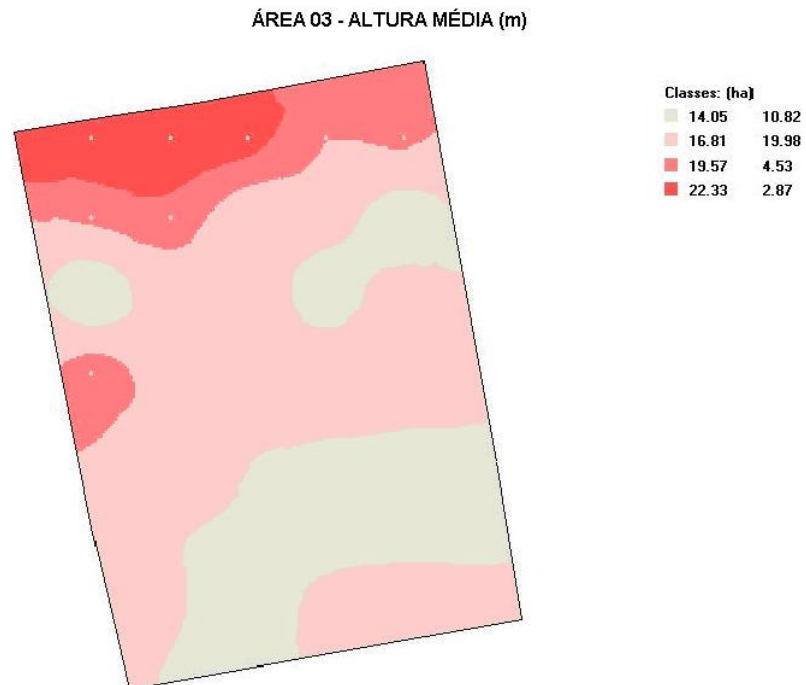


Figura 44 – Mapa resultante para a altura total (m) média por hectare do talhão 03

4.3.2.3.3 Volume total médio por hectare

A Tabela 18 apresenta os resultados do cálculo do semi-variograma da área 03 para a variável volume total médio por hectare, onde obteve-se o valor de 3241,6620 para o efeito pepita. O alcance de correlação entre as amostras foi de 500m. O valor do patamar resultante foi de 8381,0387, o que significa que a partir deste valor já não existe mais correlação entre amostras. O grau de casualidade resultante foi de 0,39.

Tabela 18 – Valores resultantes do semi-variograma para a variável volume total médio/ha para o talhão 03

Avaliação	Efeito pepita	Patamar	Alcance (m)	Máximo ValorGamma	Grau CasualidadeGC
Total	3241,6620	8381,0387	500	16558,2105	0,39

Neste caso, o valor do grau de casualidade é maior que 0,30 o componente

aleatório é altamente significativo, existindo assim alta dependência espacial entre as amostras.

A precisão do ajuste do modelo de volume total médio do semi-variograma é apresentado na Figura 45. Já a Figura 46 apresenta o semi-variograma resultante para esta variável.

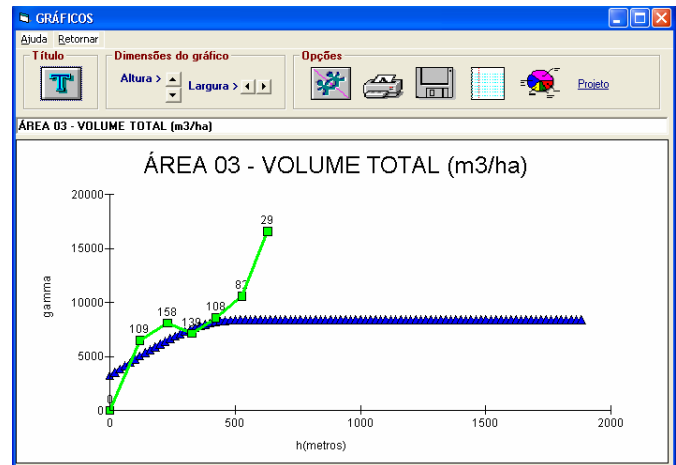
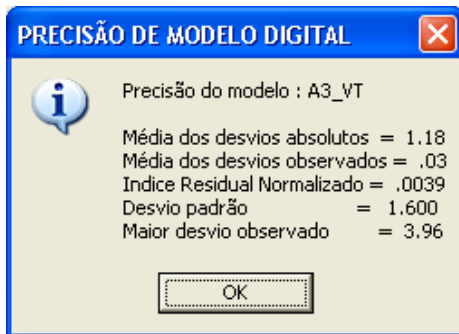


Figura 45 – Precisão do modelo digital para o volume total médio (m^3/ha) do talhão 03 **Figura 46 – Semi-variograma resultante para volume total médio (m^3/ha) do talhão 03**

Na análise da precisão do modelo digital para volume total médio por hectare, obteve-se os valores médios do desvio padrão absoluto de 1,18 e os desvios observados de 0,03. O índice residual normalizado foi de 0,0039. O desvio padrão de 1,600.

A Figura 47 apresenta o mapa de espacialização do volume total médio por hectare, no mapa é apresentada à variação entre os intervalos das classes para a área. Obteve-se nesta área a amplitude de 0,09 a 13,25ha. Sendo que a classe com maior volume total médio por hectare foi a classe com 0,41ha, onde a média foi de $570m^3/ha$.

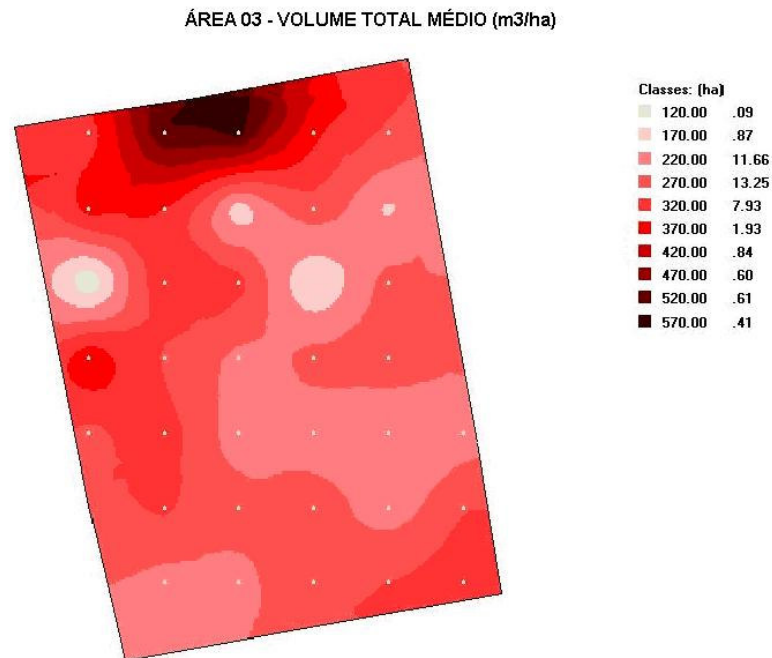


Figura 47 – Mapa resultante para o volume total médio (m³/ha) do talhão 01

Além destes dados de precisão do ajuste é apresentado no Anexo 03 o relatório do semi-variograma para os dados dos levantamentos contendo dados estimados pelo modelo e a magnitude dos desvios em cada ponto amostral. Juntamente são apresentados os elementos da análise de precisão acima especificados e os parâmetros do modelo digital.

4.3.3 Análise comparativa para volume total (m³/ha)

A partir dos modelos digitais de volume total médio foram geradas através do sistema CR Campeiro 6.0 as classes volumétricas e as respectivas áreas abrangidas para cada talhão e conseqüentemente o volume (m³/ha) para cada classe.

No talhão 01 com 5,37ha obtiveram-se seis classes volumétricas onde o intervalo foi de 20m³/ha. Para esta área a classe mais representativa foi a 400-420 onde se obteve volume total médio de 725,7m³/ha. A classe com menor representação foi a 500-

520 onde se obteve volume médio de 178,5m³/ha. O volume total obtido nesta área foi de 2030,8m³/ha. Esses dados são apresentados na Tabela 19.

Tabela 19 – Classes volumétricas do talhão 01, com as respectivas áreas abrangidas por cada classe e o volume total médio (m³/ha)

Classes volumétricas	CC	Área (ha)	Volume total (m³/ha)
380 - 400	390	1,72	670,8
400 - 420	410	1,77	725,7
420 - 440	430	0,61	262,3
440 - 460	450	0,43	193,5
460 - 480	470	0,49	230,3
500 - 520	510	0,35	178,5
Total	--	5,37	2030,8

Para o talhão 02 com área de 9,32ha obtiveram-se oito classes volumétricas onde o intervalo entre classes foi de 50m³/ha. A classe volumétrica 300-350 foi a que apresentou maior representação para este talhão, onde totalizou 1007,5m³/ha. Já a classe com menor representação foi a 250-300. O volume total obtido nesta área foi de 3757,25m³/ha. Os dados são apresentados na Tabela 20.

Tabela 20 – Classes volumétricas do talhão 02, com as respectivas áreas abrangidas por cada classe e o volume total médio (m³/ha)

Classes volumétricas	CC	Área (ha)	Volume total (m³/ha)
250 - 300	275	0,01	27,50
300 - 350	325	3,10	1007,5
350 - 400	375	2,56	960
400 -450	425	1,75	743,75
450 - 500	475	0,54	256,5
500 -550	525	0,53	278,25
550 – 600	575	0,70	402,5
600 - 650	625	0,13	81,25
Total	--	9,32	3757,25

Já no talhão 03 com área total de 38,19ha foram geradas dez classes volumétricas, com intervalo de classe de 50m³/ha. Nesta área foram obtidas três classes com maior produção volumétrica onde abrangeu de 220 a 370m³/ha. O menor

valor obtido foi na classe 120-170. O volume total nesta área foi de 11693,55m³/ha. As informações são apresentadas na Tabela 21.

Tabela 21 – Classes volumétricas do talhão 03, com as respectivas áreas abrangidas por cada classe e o volume total médio (m³/ha)

Classes volumétricas	CC	Área (ha)	Volume total (m³/ha)
120 – 170	145	0,09	13,05
170 – 220	195	0,87	169,65
220 – 270	245	11,66	2856,7
270 – 320	295	13,25	3908,75
320 – 370	345	7,93	2735,85
370- 420	395	1,93	762,35
420 - 470	445	0,84	373,8
470 – 520	495	0,60	297
520 – 570	545	0,61	332,45
570 - 620	595	0,41	243,95
Total	--	38,19	11693,55

Perante as variações entre as classes dos três talhões estudados, podem-se visualizar as diferenças existentes dentro da mesma área, apontando a heterogeneidade nos talhões e as diferenças nos sítios florestais.

4.3.3.1 Valores resultantes do inventário convencional comparado com o inventário calculado pela silvicultura de precisão

Calculou-se a diferença entre os dois métodos para cada talhão, onde foram comparados os valores resultantes. Os dados são apresentados na Tabela 22.

Tabela 22 – Valores resultantes do inventário convencional e do inventário calculado pela silvicultura de precisão

ÁREA	¹IF VT(m³/ha)	Erro %	²G VT (m³/ha)	³D (m³/ha)	Diferença%
01	2287,62	5,83	2030,8	> 256,82	37,17
02	3354,13	9,77	3757,25	< 403,12	58,34
03	11724,58	14,39	11693,55	< 31,03	4,49

¹Inventário Florestal – volume total; ²Geoestatística; ³Diferença.

Foram obtidos pelo inventário convencional os valores do volume total médio década talhão. Onde para o talhão 01 obteve-se o volume de 2287,62 (m³/ha) com erro admissível de 5,83%. Para o talhão 02 obteve-se o valor de 3354,13 (m³/ha) com erro de 9,77%, já para o talhão 03 o valor obtido foi de 11724,58 (m³/ha) com erro admissível de 14,39%.

Ao recalcular o inventário florestal para a variável volume total, para cada talhão aplicando as técnicas de geoestatística, obteve-se os valores de 2030,8 (m³/ha) para o talhão 01, no talhão 02 obteve-se 3757,25 (m³/ha) e no talhão 03 obteve-se o volume total de 11693,55 (m³/ha).

A diferença entre os dois processos resultou em 256,82 (m³/ha) ou 37,17% para o talhão 01. No talhão 02 a diferença foi de 403,12 (m³/ha) ou 58,34% e para o talhão 03 foi de 31,03 (m³/ha) ou 4,49%.

A partir dos valores obtidos nesta avaliação, observa-se que existe sim uma diferença entre os dois métodos (inventário convencional e o realizado a partir das classes volumétricas distribuídas na áreas). Nos três talhões os valores apresentaram diferença quando comparados com o inventário convencional, o que nos impulsiona realizar novos testes.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com base nos objetivos propostos, foram avaliadas e demonstradas as potencialidades da tecnologia móvel em atividades de silvicultura de precisão, com as seguintes conclusões:

Os dois aparelhos GPS de navegação são recomendados para realizar levantamentos onde é requerida precisão métrica de 3-10m. Quando analisado o talhão 02 onde possui floresta plantada na área, o GPS Garmim 10 mostrou melhores resultados nos coeficientes de variação do que o aparelho GPS Etrex Vista. Nos

talhões 01 e 03 onde não havia florestas plantadas nas áreas, os resultados dos coeficientes de variação foram favoráveis uso do GPS Garmim 10.

A melhor precisão das coordenadas coletadas com o aparelho GPS Garmim 10 foi proporcionada, devido à função do sistema de coleta de dados para inventário florestal de florestas plantadas, gerar a médias corrigidas das coordenadas armazenadas no aparelho.

O sistema de coleta de dados para inventários florestais de florestas plantadas auxiliou na manipulação e na localização das unidades amostrais do inventário florestal. A mobilidade propiciada pelo Pocket PC com o sistema de coleta de informações permitiu que os dados do inventário fossem registrados e armazenados para posterior manipulação; o sistema propiciou rapidez e otimização das atividades no processamento dos dados após a transmissão para o computador, devido não mais necessitar digitar as informações oriundas de planilhas analógicas, mostrando-se relevante para a tomada de decisões.

A interação entre as variáveis utilizadas nesta pesquisa, juntamente com os dados georreferenciados, permitiu distinguir e visualizar, características distintas da floresta possibilitou relacionar a produtividade e, assim, predizer a capacidade produtiva do povoamento, bem como realizar o zoneamento do melhor crescimento das florestas.

A aplicação da tecnologia móvel com o sistema de coletas de dados para inventário florestal de florestas plantadas, assim como o emprego de mapeamento e geoestatística são recomendados para melhorar a qualidade da quantificação e qualificação das florestas, incentivando assim o emprego da silvicultura de precisão.

A partir da análise dos resultados que a pesquisa proporcionou, recomenda-se realizar novos trabalhos onde os dados não sejam simulados para a área, para assim solidificar a eficiência da precisão das coletas de dados com o uso do dispositivo móvel,

e propagar a silvicultura de precisão como uma forma fácil e prática de aumentar a produtividade e melhorar a difusão das informações.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREIS, S. **Descrição do sistema de recadastramento urbano municipal em implantação na cidade de Lajeado-RS**. 62p. Santa Maria: 2006. Monografia (Especialização) – Universidade Federal de Santa Maria. 2006.

ARONOFF, S. **Geographical Information Systems: a management perspective**. Ottawa: WDL Publications, 1989. 294p.

AVERY, T.E.; BURKHART, H.E. **Forest Measurements**. McGraw Hill, 1994. 408p.

AUGUST, P. et al. GPS for environmental applications - Accuracy and precision of locational data. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, Bethesda, v.60, n.1, p.41-45.1994.

BARBOSA, P.M. **Introdução aos Métodos de Estimação Espacial para Confecção de Mapas - Texto Didático 02**. Laboratório de Geomatemática do Departamento de Geologia Aplicada UNESP/Rio Claro: SP. 2000.

BARROS, N.F. **Contribuição ao relacionamento de características pedológicas e topográficas com altura de Eucalyptus alba, na região de Santa Bárbara**. 89f. Viçosa: 1974. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa.

BELLOQUIM, Á. Qualidade de software: Um compromisso da empresa inteira. **Revista Developers' Magazine**. p.73-75. 1997.

BILLO, A.E. **Uma pilha de protocolos Bluetooth adaptável à aplicação**. 2003. 82f. Monografia (Bacharelado em Ciência da Computação). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003.

BOLFE, E.L. **Geoprocessamento aplicado a análise de recursos florestais estudo de caso: folha SH. 22 - Y -A/ DSG**. 2001. 139f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2001.

BRAGA, F.A. **Uso da análise discriminante na identificação de características ambientais determinantes da capacidade produtiva de povoamentos de eucalipto**. Viçosa: 1997. 65f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa.

BRENA, D.A. **Inventário florestal nacional: proposta de um sistema para o Brasil**. 1995. 226f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) Universidade Federal de Curitiba. Curitiba, 1995.

BUENO, R.F. **Avaliação da precisão do sistema NAVISTAR/GPS**. 1995. 209f. Dissertação (Mestrado na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo). São Paulo, 1995.

BURÉGIO, V.A.A. **Desenvolvimento de aplicações para dispositivos móveis com .NET**. 2003. 69p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Ciências da Computação) – Centro de Informática, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.

CÂMARA, G. Anatomia de sistemas de informações geográficas: visão atual e perspectivas de evolução. In: ASSAD, E.D.; SANO, E.E. **Sistemas de Informações Geográficas: aplicações na agricultura**. Brasília: EMBRAPA, 1993. p.15-37.

CAMARGO, E.C.G. Geoestatística: fundamentos e aplicações. In: **Geoprocessamento em projetos ambientais...** p. 1-36. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis_ambiente/5geoest.pdf. Acesso em: 27/01/2007.

DRAGO, D.; DISPERATI, A.A. **Aspectos básicos sobre GPS**. Série didática: n.6. FUPEF, Curitiba, 1996.17p.

DUNCAN, W. G. Cultural manipulation for higher yields. In: EASTIN, J.D.; HASKINS, F.A.; SULLIVAN, C.Y.; VAN BAVEL, C.H.M. **Physiological aspects of crop yield**. Madison, American Society of Agronomy, 1979. p.327-342.

FIORINI, S. T.; STAA, A.v.; BAPTISTA, R.M. **Engenharia de Software com CMM**. Rio de Janeiro: Brasport, 1998. 346p.

GALVIN, D. **Protótipo de sistema de CRM para dispositivos móveis utilizando a tecnologia .NET**. 2004. 89p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Ciências da Computação) – Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau. Blumenau, 2004.

GARCIA, L.F. F.; LIMA;J. V. **Sumarização baseada em contexto ambiental como fator de adaptação de objetos multimídia em dispositivos de computação móvel**. Material didático. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2003.

GARROZI, C.; SILVA, R.M.A. **Uso da tecnologia móvel no auxílio à reeducação alimentar**. Universidade Federal de Lavras. Lavras. Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Tecnologia_m%C3%B3vel. Acesso em: 27/01/2007.

GILBERT, C. GPS – Performance sob coberturas vegetais. **Fator GIS**, v.5, n.18, p.52-53, 1997.

GIMENEZ, I. Processo de desenvolvimento. In: ROCHA, A.R.C. et al. **Qualidade de software**: teoria e prática. São Paulo: Prentice Hall, 2001. p.43-47.

GIOTTO, E.; ROBAINA, A.D.; SULZBACH, L. **Agricultura de Precisão com o Sistema Cr Campeiro 5.0**. Manual Técnico. UFSM, 2004.

GONÇALVES, J.L.M. **Interpretação de levantamento de solo para fins silviculturais**. IPEF, n.39, 1988. p.65-72.

GONÇALVES, J.L.M et al. **Relações entre a produtividade de sítios florestais de Eucalyptus saligna com as propriedades de alguns solos de textura arenosa e média no Estado de São Paulo**. IPEF, n.43/44. 1990. p.24-39.

Hp - Hewlett Packard: **A mobilidade feita simplicidade**. Catálogo. Disponível em: www.hp.com. Acesso em: 04/01/2006.

HUSCH, B., MILLER, C.I. BEERS, T.W. **Forest mensuration**. New York: The Ronald Press company, 1972. 410p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. Disponível em: www.ibge.org.br . Acesso em: 16/01/2007.

INTHURN, C. **Qualidade & teste de software**. Visual books. 2001. p.107.

LEHRBAUM, R. **The linux-pda and pda-linux quick reference guide**. 2001. Disponível em: <http://www.linuxdevices.com/articles/AT8728350077.html>. Acesso: 05/11/2005.

LIU, C.J.; BRANTIGAN, R.D. Using differential GPS for forest traverse surveys. **Canadian Journal of Forest Research**, v.25, n.11, p.1795-1805, 1995.

LOUREIRO, A.A.F. et al. **Comunicação sem fio e computação móvel: tecnologias, desafios e oportunidades**. CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO, 23, 2003. Campinas. Disponível em: <http://www2.dcc.ufmg.br/~loureiro/cm/docs/jai03.pdf> . Acesso em: 09/03/2006.

LOUREIRO, A.A.F. et al. **Redes de sensores sem fio**. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE REDES DE COMPUTADORES, 21, 2003, Natal. Disponível em: <http://www.lbd.dcc.ufmg.br/bdbcomp/servlet> . Acesso em: 20/01/2006.

LUZ, E. **Telefonia móvel sem interferência na Amazônia**. Disponível em: <http://www.ufpa.br/beiradorio/arquivo/beira37/noticias/noticia1.htm>. Acesso em: 16/02/2007.

MACHADO, S.A. **Inventário nacional das florestas plantadas nos Estados do Paraná e Santa Catarina**. Brasília, Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, 1984. 284 p.

MACHADO, S.A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. Curitiba: A. Figueiredo Filho. 2003. 309 p.

MCCORMICK, C.M. Mapping exotic vegetation in the Everglades from large-scale aerial photographs. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Bethesda**, v.65, n.2, p.179-18, 1999.

MALDONADO, J.C. et al. Processo de software. In: ROCHA, A.R.C. et al. **Qualidade de software: teoria e prática**. São Paulo: Prentice Hall, 2001. p.5-7.

MATEUS, G.R; LOUREIRO, A.A.F. **Introdução à computação móvel**. Material didático do Departamento de ciências da computação da UFMG. 1998. p.115. Disponível em: www.di.inf.puc-rio.br. Acesso em: 01/11/2005.

MATEUS, G.R; LOUREIRO, A.A.F. **Introdução à computação móvel**. Material didático do Departamento de ciências da computação da UFMG. 2004. 120f. Disponível em: http://www2.dcc.ufmg.br/~loureiro/cm/docs/cm_livro_2e.pdf. Acesso em: 09/03/2006.

KOBAYASHI, C. Y. **A Tecnologia Bluetooth e aplicações**. Monografia. Computação Móvel. São Paulo: USP, 2004.

KOFUGI, S.T. et al. **Bluetooth e tecnologia, no ambiente de WLAN/WPANs**. Mestrado Profissional / Engenharia de Computação 2005. Disponível em: www.pad.lsi.usp.br/ipt-redes-2k2/trabalhos. Acesso em: 01/11/2005.

OLIVEIRA F.P.C; DISPERATI, A.A. Geotecnologias: aplicações florestais e ambientais. In: WATZLAWICK, L.F; INOUE, M.T. **Estudos florestais e ambientais**. Irati: UNICENTRO, 2003. p. 107-114.

ORTIZ, J.L. et al.. **Silvicultura de Precisão**: mapeamento do potencial produtivo de um povoamento de eucalipto e atributos do solo e do relevo. Piracicaba, 2003. 205f. Disponível em: <http://www.gpsglobal.com.br>. Acesso em: 04/09/2005.

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

PÉLLICO NETTO, S. **Métodos de amostragem em povoamentos florestais**. Piracicaba: IPEF, 1984.

PETERS, J.F.; PEDRYCZ, W. **Engenharia de software: teoria e prática**. Rio de Janeiro: Campers Ltda., 2001.

PRESSMAN, R.S. **Engenharia de software**. 5 ed. Rio de Janeiro: McGraw-Hill, 2002. p. 843.

RALSTON, C.W. Evaluation of forest site productivity. In: ROMBERGER, T.A.; MIKOLA, P. **International review of forest research**. New York: academic Press, v.1, p.171-201, 1964.

REZENDE, D.A. **Engenharia de Software e Sistemas de Informação**. Rio de Janeiro: Brasposrt. 1999.

RIBEIRO, C.A.A.S. Floresta de Precisão. In.: MACHADO,C.C. **Colheita Florestal**. Viçosa: UFV, 2002. p. 311-335.

RIBEIRO, C.A.A.S. et al. Sistemas de Informações Geográficas. **Agricultura de precisão**. Ed. Aluizio Borém, Viçosa, MG. 2000. p. 381-407.

ROCHA, C.H.B. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar**. Juiz de Fora. Ed. do autor, 2000. 220p.

SANQUETTA, C.R. et al. **Inventários Florestais: planejamento e execução**. Curitiba: Multi-Graphic Gráfica e Editora, 2006. p. 270.

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

SCHUMACHER, M.V. et al. Quantificação de carbono orgânico na serapilheira, sub-bosque e solo de uma floresta de *Pinus elliottii* Engelm aos 36 anos em Santa Maria. In: SANQUETA, C.R.; BALBINOT, R.; ZILLOTTO, M.A. **Fixação de carbono: atualidades, projetos e pesquisas**. Curitiba: UFPR, 2004. p. 77-93.

Secretaria Estadual do Meio Ambiente - SEMA. Disponível em: www.sema.rs.gov.br
Acesso em: 26/10/2005.

TAKASHIBA, E.H. **Desenvolvimento e aplicabilidade de um sistema de representação espacial georreferenciado para o inventário florestal contínuo do Rio Grande do Sul**. 2000. 69f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.

VETTORAZZI, C.A.; ANGULO FILHO, R.; COUTO, H.T.Z. Sistema de posicionamento global. GPS. **Engenharia Rural**, v.5, n.2, p.61-70, 1994.

VETTORAZZI, C.A.; FERRAZ, S.F.B. Silvicultura de precisão: uma nova perspectiva para o gerenciamento de atividades florestais. In: BORÉM, A; GIUDICE, M.P.; QUEIROZ, D.M. de; et al. (Ed.). **Agricultura de Precisão**. Viçosa. Os autores, 2000. p. 65-75.

WATZLAWICK , L.F. et al. Utilização de GPS na localização das unidades amostrais no Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul. CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL, 8, 2000. Nova Prata, **Anais...**Nova Prata, 2000. 1 CD-Room.

WATZLAWICK , L.F. et al. Utilização do geoprocessamento no inventário florestal. In: **Atualidades Florestais e Ambientais**. Irati: UNICENTRO. 2005.

WATZLAWICK , L.F.; SANQUETA, C.R.; KIRCHNER, F.F. GPS: ferramenta de apoio na realização de Inventário Florestal. **Floresta**, v.32, n.1, p.135-141, 2002.

ANEXOS



ANEXO 01 – Relatório gerado no pós-processamento do GPS relativo ProMark2

Spectrum® Survey 3.30 VECTOR SUMMARY
 VECTOR: REC13204a-SMAR RBMC Santa Maria
 VECTOR OCCUPATION NO.: 01

 Project: D:\Catize\Catize_prog.spr

Coordinate System: UTM [Universal Transverse] Datum: sad69
 Geoid Model: <None> Units:Meters
 Processing Date: 2006/11/23 23:23:02 (UTC)

Ephemeris: Broadcast Clock Model: Broadcast
 Elevation Mask: 15°

BASE STATION (SMAR RBMC Santa Maria) [D:\Catize\smar3201.06o]

 Point Occupation: 02
 Antenna Height: 0.008 [Meas.: 0.008] Antenna Model: <None> (meters)
 Met. Measurements Used: Default

WGS84 (meters)	sad69 (meters)
X: 3280744.395	Lat: S 29 43 08.52196
Y: -4468905.191	Lon: W 53 42 59.75551
Z: -3143419.273	Hgt: 113.110

UTM (meters)
 E: 237255.027 Convergence: 1 20 50.04864
 N: 6709313.353 Grid Scale Factor: 1.00045187
 Elevation Factor: 0.99998224

REMOTE STATION (REC13204a) [D:\Catize\Campus\Rinex\REC13204a.06O]

 Point Occupation: 01
 Antenna Height: 0.000 [Meas.: 0.000] Antenna Model: <None> (meters)
 Met. Measurements Used: Default

WGS84 (meters)	sad69 (meters)
X: 3281074.039 +/- 0.003	Lat: S 29 43 08.37774 +/- 0.002
Y: -4468644.121 +/- 0.003	Lon: W 53 42 44.12073 +/- 0.001
Z: -3143405.394 +/- 0.002	Hgt: 92.893 +/- 0.004

UTM (meters)
 E: 237675.210 +/- 0.001 Convergence: 1 20 42.27865
 N: 6709327.673 +/- 0.002 Grid Scale Factor: 1.00044915
 Elevation Factor: 0.99998541

ANEXO 02 – Identificação das parcelas amostrais através do relatório da relação das coordenadas UTM

Grade de Amostragem

Pontos da Malha de Amostragem

NP	CD	E	N	VALOR
1	202	237310.54	6709184.48	0
2	203	237410.54	6709184.48	0
3	204	237510.54	6709184.48	0
4	205	237610.54	6709184.48	0

Figura 01 - Pontos da malha amostral do talhão 01

Grade de Amostragem

Pontos da Malha de Amostragem

NP	CD	E	N	VALOR
1	202	237235.43	6708932.19	0
2	203	237335.43	6708932.19	0
3	204	237435.43	6708932.19	0
4	205	237535.43	6708932.19	0
5	206	237635.43	6708932.19	0
6	302	237235.43	6708832.19	0
7	303	237335.43	6708832.19	0

Figura 02 - Pontos da malha amostral do talhão 02

Grade de Amostragem

Pontos da Malha de Amostragem

NP	CD	E	N	VALOR
1	202	236699.20	6708831.58	0
2	203	236799.20	6708831.58	0

3	204	236899.20	6708831.58	0
4	205	236999.20	6708831.58	0
5	206	237099.20	6708831.58	0
6	302	236699.20	6708731.58	0
7	303	236799.20	6708731.58	0
8	304	236899.20	6708731.58	0
9	305	236999.20	6708731.58	0
10	306	237099.20	6708731.58	0
11	402	236699.20	6708631.58	0
12	403	236799.20	6708631.58	0
13	404	236899.20	6708631.58	0
14	405	236999.20	6708631.58	0
15	406	237099.20	6708631.58	0
16	502	236699.20	6708531.58	0
17	503	236799.20	6708531.58	0
18	504	236899.20	6708531.58	0
19	505	236999.20	6708531.58	0
20	506	237099.20	6708531.58	0
21	602	236699.20	6708431.58	0
22	603	236799.20	6708431.58	0
23	604	236899.20	6708431.58	0
24	605	236999.20	6708431.58	0
25	606	237099.20	6708431.58	0
26	607	237199.20	6708431.58	0
27	703	236799.20	6708331.58	0
28	704	236899.20	6708331.58	0
29	705	236999.20	6708331.58	0
30	706	237099.20	6708331.58	0
31	707	237199.20	6708331.58	0
32	803	236799.20	6708231.58	0
33	804	236899.20	6708231.58	0
34	805	236999.20	6708231.58	0
35	806	237099.20	6708231.58	0
36	807	237199.20	6708231.58	0

Figura 03 - Pontos da malha amostral do talhão 03

0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00

Efeito Pepita - .0927
 Patamar - .1185
 Alcance (m) - 200
 Máximo Valor Gamma - .1854
 Grau Casualidade GC - 0.78
 GC < 0.15 - Componente aleatória pequena
 0.15 < GC < 0.30 - Componente aleatória significativa
 GC > 0.30 - Componente aleatória muito significativa

Cálculo do Semi Variograma : Al_VT
 Ajuste a Modelo Esférico

Ângulo direcional - 0
 Tolerância angular - 90
 Distância - 100
 Número de Pontos - 4
 Semi-Variograma para Direção 0 graus

N Pares	Contribuição (gamma)	Distância média (h)
0	0.00	0.00
3	1423.08	100.00
2	1542.47	200.00
1	6336.00	300.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00

Efeito Pepita - 711.5386
 Patamar - 2281.6967
 Alcance (m) - 400
 Máximo Valor Gamma - 6335.9998
 Grau Casualidade GC - 0.31
 GC < 0.15 - Componente aleatória pequena
 0.15 < GC < 0.30 - Componente aleatória significativa
 GC > 0.30 - Componente aleatória muito significativa

- Talhão 02

Grau Casualidade GC - 0.15
 GC < 0.15 - Componente aleatória pequena
 0.15 < GC < 0.30 - Componente aleatória signficante
 GC > 0.30 - Componente aleatória muito significativa

Cálculo do Semi Variograma : A2_VT
 Ajuste a Modelo Esférico

Ângulo direcional - 0
 Tolerância angular - 90
 Distância - 100
 Número de Pontos - 7

Semi-Variograma para Direção 0 graus

N Pares	Contribuição (gamma)	Distância média (h)
0	0.00	0.00
10	11204.10	112.43
5	8527.48	209.44
4	14148.61	308.11
2	9358.67	406.16
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00

Efeito Pepita - 5602.0524
 Patamar - 10951.9154
 Alcance (m) - 200
 Máximo Valor Gamma - 14148.6067
 Grau Casualidade GC - 0.51
 GC < 0.15 - Componente aleatória pequena
 0.15 < GC < 0.30 - Componente aleatória signficante
 GC > 0.30 - Componente aleatória muito significativa

• Talhão 03

Cálculo do Semi Variograma : A3_G
 Ajuste a Modelo Esférico

Ângulo direcional - 0
 Tolerância angular - 90
 Distância - 100
 Número de Pontos - 36

Semi-Variograma para Direção 0 graus

N Pares	Contribuição (gamma)	Distância média (h)
0	0.00	0.00
109	42.62	119.00
158	46.60	228.73
139	42.71	327.36
108	48.03	421.82
82	45.45	525.97
29	50.95	628.50

5	6.33	727.49
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00

Efeito Pepita - 21.3104
 Patamar - 45.0279
 Alcance (m) - 300
 Máximo Valor Gamma - 50.9533
 Grau Casualidade GC - 0.47
 GC < 0.15 - Componente aleatória pequena
 0.15 < GC < 0.30 - Componente aleatória significativa
 GC > 0.30 - Componente aleatória muito significativa

Cálculo do Semi Variograma : A3_H
 Ajuste a Modelo Esférico

Ângulo direcional - 0
 Tolerância angular - 90
 Distância - 100
 Número de Pontos - 36
 Semi-Variograma para Direção 0 graus

N Pares	Contribuição (gamma)	Distância média (h)
0	0.00	0.00
109	3.43	119.00
158	5.38	228.73
139	5.09	327.36
108	6.89	421.82
82	11.30	525.97
29	17.68	628.50
5	21.73	727.49
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00

Efeito Pepita - 1.7151
 Patamar - 6.7047
 Alcance (m) - 500
 Máximo Valor Gamma - 21.7269
 Grau Casualidade GC - 0.26
 GC < 0.15 - Componente aleatória pequena
 0.15 < GC < 0.30 - Componente aleatória significativa
 GC > 0.30 - Componente aleatória muito significativa

Cálculo do Semi Variograma : A3_VT
 Ajuste a Modelo Esférico

Ângulo direcional - 0
 Tolerância angular - 90
 Distância - 100

Número de Pontos - 36
Semi-Variograma para Direção

0 graus

N Pares	Contribuição (gamma)	Distância média (h)
0	0.00	0.00
109	6483.32	119.00
158	8111.86	228.73
139	7145.14	327.36
108	8577.53	421.82
82	10591.71	525.97
29	16558.21	628.50
5	4688.16	727.49
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00

Efeito Pepita - 3241.6620

Patamar - 8381.0367

Alcance (m) - 500

Máximo Valor Gamma - 16558.2105

Grau Casualidade GC - 0.39

GC < 0.15 - Componente aleatória pequena

0.15 < GC < 0.30 - Componente aleatória significativa

GC > 0.30 - Componente aleatória muito significativa