

MAURÍCIO CANESTRAO NADOLNY

**APLICABILIDADE DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÕES  
GEOGRÁFICAS E IMAGENS DE SENSOR  
AEROTRANSPORTÁVEL PARA O  
PLANEJAMENTO FLORESTAL.**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Flávio Felipe Kirchner

CURITIBA

1996

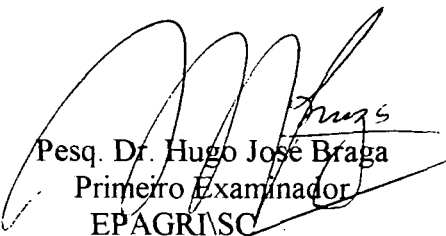
**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**  
**SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**COORDENAÇÃO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

**P A R E C E R**

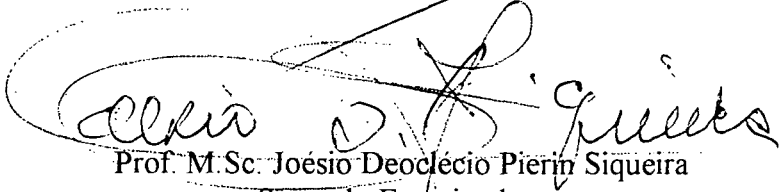
Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, reuniram-se para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado, apresentada pelo candidato **MAURICIO CANESTRARO NADOLNY**, sob o título "**APLICABILIDADE DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS E IMAGENS DE SENSOR AEROTRANSPORTÁVEL PARA O PLANEJAMENTO FLORESTAL**", para obtenção do grau de **Mestre** em Ciências Florestais, no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, Área de Concentração **MANEJO FLORESTAL**.

Após haver analisado o referido trabalho e argüido o candidato são de parecer pela "**APROVAÇÃO**" da Dissertação, com média final: (9,0), correspondente ao conceito: (A).

Curitiba, 01 de março de 1996



Pesq. Dr. Hugo José Braga  
Primeiro Examinador  
EPAGRISCO



Prof. M. Sc. Joésio Deoclecio Pierin Siqueira  
Segundo Examinador  
UFPR



Prof. Dr. Flávio Felipe Kirchner  
Orientador e Presidente da Banca  
UFPR

Aos meus pais,  
Lília e Mármonn,  
com amor,

**DEDICO**

## **BIOGRAFIA DO AUTOR**

O autor nasceu aos 25 dias do mês de janeiro de 1969, em Curitiba, Paraná, filho de Mármonn Emilio Nadolny e Lília Maria Canestraro Nadolny.

Cursou o primeiro grau no Colégio Bom Jesus e Colégio Santa Maria; e o segundo grau no Colégio Santa Maria e Colégio Positivo, todos em Curitiba.

Em 1987 ingressou no Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, em Curitiba, onde formou-se em 1991.

Em 1992 iniciou o curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, concluindo os créditos em 1993.

No início de 1994 foi contratado pela PISA Florestal S.A., onde exerceu atividades profissionais nas áreas de Manejo Florestal, Geoprocessamento e Silvicultura, até o início de 1996.

Coincidindo com a conclusão e apresentação do trabalho de Dissertação de Mestrado, em março de 1996, transferiu-se para a Indústria de Celulose e Papel CELMAR, onde atualmente trabalha na implementação do Setor de Geoprocessamento da empresa.

## AGRADECIMENTOS

O autor expressa os mais sinceros agradecimentos:

Ao Professor Flávio Felipe Kirchner pela orientação e colaboração, que possibilitaram a execução do presente trabalho, além do incentivo e amizade durante o desenvolvimento da pesquisa.

Aos Professores Afonso Figueiredo Filho e Joésio Pierin Siqueira, pela orientação e contribuição no desenvolvimento do trabalho.

Ao Professor Décio José de Figueiredo, pelo constante estímulo, amizade e contribuição na formação profissional.

Aos demais Professores e colegas do Curso de Pós Graduação em Engenharia Florestal, pelo convívio durante os anos de curso.

À FUPEF, pelo apoio logístico na etapa de coleta de dados.

À AERODATA, pela concessão das imagens CASI, sistema GIS SPANS, sistema de tratamento de imagens ARIES 380, e pelo apoio recebido.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

Aos Engenheiros Roberto Preosk, João Norberto Destro, Luis Ernesto Renuncio e Engenheira Jane Cristina Silva, pela valiosa contribuição na execução do trabalho.

Ao vice-presidente da *ITRES RESEARCH*, Steven Mah, pelas sugestões e apoio recebido.

À PISA Florestal S. A., pelo fornecimento dos dados, imprescindíveis para a realização deste trabalho e pelo apoio dispensado.

Aos Gerentes da PISA Florestal, Alzir Rosak Fiates e Romualdo Maestri, pela oportunidade, apoio e estímulo recebidos.

Ao Engenheiro Carlos Eduardo Genovezzi, pela colaboração em todas as fases da pesquisa, pela amizade e companheirismo no dia-a-dia de trabalho.

Ao Engenheiro Maurício Bueno Penteado, pela amizade e contribuição na fase final e apresentação do trabalho.

Aos meus pais, Lília e Mármonn, minhas irmãs, Lilimar e Liliane, e irmãos Mármonn e Marcelo, pelo constante estímulo, preocupação e amizade, sem os quais qualquer desafio tornaria-se impossível de ser superado.

À Robert Plant, Jimmy Page, John Paul Jones e John Bonham (*in memoriam*) que, em forma de música amenizaram os momentos de perplexidade ocorridos durante o desenvolvimento do presente trabalho.

À todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização do trabalho.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	ix
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	x
<b>LISTA DE ABREVIATURAS</b> .....	xii
<b>RESUMO</b> .....	xiii
<b>ABSTRACT</b> .....	xiv
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	4
2.1 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS .....	4
2.1.1 Estrutura e Representação de Dados Espaciais em SIG .....	11
2.2 APLICAÇÕES DE SIG PARA O MANEJO FLORESTAL .....	15
2.3 SENSOR AEROTRANSPORTÁVEL .....	26
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	29
3.1 PESQUISA PRELIMINAR .....	29
3.2 ÁREA DE ESTUDO .....	29
3.2.1 Dados Básicos da Área de Estudo .....	33
3.3 OBTENÇÃO DOS DADOS .....	34
3.3.1 Obtenção de Dados Multiespectrais .....	34
3.3.2 Processamento, Correção e Classificação das Imagens Digitais CASI/ .....	39
3.3.3 Coleta de Dados Alfanuméricos .....	45
3.3.4 Coleta de Dados em Campo .....	46
3.3.5 Aquisição e Transferência da Base Cartográfica Digital - Criação da Área de Estudo no SIG .....	47

3.4 UTILIZAÇÃO DO SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS .....	50
3.4.1 SPANS - SPATIAL ANALYSIS SYSTEM .....	50
3.4.2 Desenvolvimento da Área de Estudo no Ambiente do SIG .....	52
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>59</b>
4.1 PESQUISA PRELIMINAR .....	59
4.2 TRANSFERÊNCIA DA BASE CARTOGRÁFICA DIGITAL .....	62
4.3 INCORPORAÇÃO DO BANCO DE DADOS ALFANUMÉRICO .....	64
4.4 MAPAS TEMÁTICOS GERADOS .....	65
4.4.1 Informações Planimétricas .....	65
4.4.2 Informações Altimétricas .....	77
4.5 ANÁLISES ESPACIAIS E MODELAGEM .....	84
4.6 IMAGENS DIGITAIS CLASSIFICADAS .....	86
<b>5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>98</b>
<b>6 ANEXOS .....</b>	<b>101</b>
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>119</b>



## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - COMPARAÇÃO ENTRE MODELOS RASTER E VETORIAL .....	13
TABELA 2 - CARACTERÍSTICAS DO SENSOR AEROTRANSPORTÁVEL CAS/ .....	35
TABELA 3 - CONJUNTO DAS BANDAS ESPECTRAIS UTILIZADAS PELO CAS/ NO MODO ESPACIAL .....	38
TABELA 4 - RESULTADOS - CLASSIFICAÇÃO CENA FAIXA 4 .....	95
TABELA 5 - RESULTADOS - CLASSIFICAÇÃO CENA FAIXA 2 .....	96

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO DA PISA FLORESTAL .....	31
FIGURA 2 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	32
FIGURA 3 - ESQUEMA DE FUNCIONAMENTO DO SENSOR CASI .....	36
FIGURA 4 - SENSOR CASI EM FASE DE PREPARAÇÃO PARA VÔO .....	37
FIGURA 5 - SENSOR CASI INSTALADO NO AVIÃO .....	37
FIGURA 6 - ESQUEMA DAS ETAPAS DESENVOLVIDAS NO SISTEMA ARIES-380 (Adaptado de BRAGA, 1995) .....	40
FIGURA 7 - PROCESSO DE TRANSFORMAÇÃO E INCORPORAÇÃO DO ARQUIVO ORIGINAL ATÉ O SIG .....	49
FIGURA 8 - PRODUÇÃO DE MAPAS PELO GIS SPANS .....	54
FIGURA 9 - UTILIZAÇÃO DO ARQUIVO DE PONTOS ALTIMÉTRICOS .....	57
FIGURA 10 - ÁREA DE ESTUDO NO FORMATO ORIGINAL .....	63
FIGURA 11 - MAPA PLANIMÉTRICO - ÁREA DE ESTUDO .....	66
FIGURA 12 - MAPA PLANIMÉTRICO - TALHÕES .....	67
FIGURA 13 - MAPA PLANIMÉTRICO - ESTRATOS .....	68
FIGURA 14 - MAPA PLANIMÉTRICO - PROJETOS FLORESTAIS .....	69
FIGURA 15 - MAPA PLANIMÉTRICO - ESPÉCIES .....	70
FIGURA 16 - MAPA PLANIMÉTRICO - HIDROGRAFIA .....	71
FIGURA 17 - MAPA PLANIMÉTRICO - DESBASTE .....	72
FIGURA 18 - MAPA PLANIMÉTRICO - ÍNDICE DE SÍTIO .....	73
FIGURA 19 - MAPA PLANIMÉTRICO - ALTURA DOMINANTE .....	74
FIGURA 20 - DETALHE AMPLIADO (ZOOM) MOSTRANDO TALHÕES E VETORES DE PARTE DA ÁREA DE ESTUDO .....	75

FIGURA 21 - DETALHE AMPLIADO (ZOOM) MOSTRANDO TALHÕES E TOPONÍMIA DE TALHÕES .....	76
FIGURA 22 - MAPA ALTIMÉTRICO DA ÁREA DE ESTUDO .....	78
FIGURA 23 - MAPA DE DECLIVIDADE DA ÁREA DE ESTUDO .....	79
FIGURA 24 - MAPA DE VISIBILIDADE A PARTIR DE TORRE DE OBSERVAÇÃO .....	80
FIGURA 25 - DETALHE DE MAPA DE VISIBILIDADE .....	81
FIGURA 26 - DETALHE MOSTRANDO ÂNGULOS DE VISADA E DISTORÇÃO RADIAL .....	82
FIGURA 27 - DETALHE DE MAPA TEMÁTICO VISUALIZADO EM 3D .....	83
FIGURA 28 - TALHÕES SELECIONADOS POR MODELAGEM MATEMÁTICA .....	85
FIGURA 29 - COMPOSIÇÃO COLORIDA (r8, g5, b2) PARA CENA SELECIONADA - FAIXA 2 - PIXEL DE 3,5 X 3,5 m .....	87
FIGURA 30 - COMPOSIÇÃO COLORIDA (r7, g4, b2) PARA CENA SELECIONADA - FAIXA 2 - PIXEL DE 3,5 X 3,5 m .....	88
FIGURA 31 - DETALHE AMPLIADO DA CENA SELECIONADA - FAIXA 2 (r8, g5, b2) - PIXEL DE 3,5 X 3,5 m .....	89
FIGURA 32 - COMPOSIÇÃO COLORIDA (r7, g5, b2) PARA CENA SELECIONADA - FAIXA 4 - PIXEL DE 3,5 X 3,5 m .....	90
FIGURA 33 - COMPOSIÇÃO COLORIDA (r8, g5, b1) PARA CENA SELECIONADA - FAIXA 4 - PIXEL DE 3,5 X 3,5 m .....	91
FIGURA 34 - DETALHE AMPLIADO DE CENA SELECIONADA - FAIXA 4 .....	92
FIGURA 35 - CLASSIFICAÇÃO FINAL - CENA FAIXA 4 .....	94
FIGURA 36 - CLASSIFICAÇÃO FINAL - CENA FAIXA 2 .....	96

## LISTA DE ABREVIATURAS

AERODATA S.A. - Empresa de Engenharia de Aerolevantamentos  
ARIES - Estação de Trabalho (*Workstation*)  
CAD - *Computer Aided Design*  
CASI - *Compact Airborne Spectrographic Imager*  
CGIS - *Canadian Geographic Information System*  
DAP - Diâmetro à Altura do Peito  
DTM - *Digital Terrain Model*  
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
GIS - *Geographical Information System*  
GPS - *Global Positioning System*  
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
LANDSAT TM - Satélite americano de recursos da Terra - Mapeador Temático  
LANDSAT MSS - Satélite americano de recursos da Terra - Varredura Multiespectral  
MNT - Modelo Numérico de Terreno  
NMA - Núcleo de Monitoramento Ambiental e de Recursos Naturais por Satélite  
PC - *Personal Computer*  
PISA - Papel de Imprensa S.A.  
SAS - *Statistical Analysis System*  
SGI - Sistema Geográfico de Informações  
SIG - Sistema de Informações Geográficas  
SPANS - *Spatial Analysis System*  
SITIM - Sistema de Tratamento de Imagens  
TIN - *Triangulated Irregular Network*  
UTM - *Universal Transverse Mercator*

## RESUMO

O presente trabalho objetivou mostrar a aplicabilidade de um Sistema de Informações Geográficas e imagens captadas por sensor aerotransportável, no auxílio às atividades de levantamento, atualização e planejamento florestais. O Sistema utilizado foi o *GIS SPANS (Spatial Analysis System)* e as imagens foram captadas pelo sensor *CASI (Compact Airborne Spectrographic Imager)*, ambos de procedência canadense. A área de estudo é situada no Norte Pioneiro do Estado do Paraná, pertencente à *PISA Florestal S/A*, a qual cedeu a base cartográfica digital para transformação e incorporação ao SIG utilizado. Um banco de dados alfanumérico foi gerado e inserido no Sistema. Foram incorporadas também as imagens captadas pelo sensor mencionado, após estas terem sido processadas e classificadas com o auxílio do sistema de tratamento de imagens *ARIES 380*. Foram produzidos mapas temáticos planimétricos e altimétricos para a Área de Estudo. Além destes, foram gerados relatórios e análises, provenientes da manipulação dos dados presentes no SIG. As classificações finais das imagens selecionadas mostraram resultados satisfatórios, considerando os objetivos prévios do trabalho. O Sistema de Informações Geográficas mostrou-se altamente eficaz no desenvolvimento e processamento das tarefas a que foi submetido, comprovando ser de extrema aplicabilidade para rotinas inerentes à organização e planejamento das atividades florestais de uma Empresa do setor. Em relação ao uso de imagens captadas por sensores aerotransportáveis, recomenda-se aprofundamento no estudo das configurações destas, para que possam ser efetivamente úteis às necessidades do Setor Florestal Brasileiro.

## ABSTRACT

The present work aimed to show a Geographic Information System applicability and images got from a airborne sensor, in aid to inventory activities, actualization and forestry planning. The system used was GIS SPANS (Spatial Analysis System) and the images were obtained from CASI sensor (Compact Airborne Spectrographic Imager), both Canadians. The studied area is sited at Paraná State Northeast, belonging to PISA Florestal S/A, which yielded the digital cartographic base for changing and incorporating to GIS used. The obtained images by the mentioned system were also incorporated before they had been processed and classified with the images treatment system ARIES 380 aid. Planimetric and altimetric thematic maps were made to the studied area. Over them, reports and analysis were generated from the GIS data handling. The selected images final classification shown satisfactory results, considering the prior work targets. The GIS was fully effective on tasks development and processing that was submitted, confirming its large applicability to rotines inherent to organization and planning of forestries activities. About the use of images obtained by airbornes sensors, its recommendable a deep study of its configuration, to the possibility to be effectively usefull to the Brazilian Forestry Sector necessities.

## 1 INTRODUÇÃO

A interação do Homem com o meio ambiente natural tem sido um elemento crucial para o desenvolvimento da civilização. Assim como aumenta a população, também aumenta a pressão sobre os recursos naturais da Terra. Muitos destes recursos, como carvão, gás e óleo são finitos. Outros, como o solo, água e vegetação são renováveis.

Assegurar que estes recursos estejam disponíveis para as gerações futuras depende de um frágil equilíbrio entre preservação e exploração. A chave para promover este equilíbrio é o manejo cuidadoso dos recursos naturais aliado ao conhecimento das potenciais consequências de sua exploração. Este manejo requer uma combinação de conhecimento, disponibilidade de dados e experiência para auxiliar no processo de tomada de decisões.

Técnicas geográficas tem sido usadas por muitos anos para ajudar a visualização de informações obtidas de inventários de recursos ambientais. Entretanto, o monitoramento, e as predições das consequências da estratégia de manejo adotada, tem sido, essencialmente não geográficas, sendo dominadas por estatísticas e observações descritivas. Estas limitações promoveram o desenvolvimento da tecnologia dos Sistemas de Informações Geográficas, que propiciam muitos benefícios imediatos, tais como:

a) **Visualização:** visualizar diferentes dados de diferentes fontes ou arquivos, de áreas distintas, em uma mesma imagem e proceder a análise do conjunto;

b) **organização:** os dados são organizados espacialmente, a ordenação das informações é feita a partir de ligações lógicas;

c) **combinação:** é possível o agrupamento de dados provenientes de diferentes fontes;

d) análise: possibilidade de inferências e interpretação de dados coletados e informações combinadas;

e) simulação: desenvolvimento de modelos matemáticos para promover previsões, a partir de dados e informações contidas no Sistema;

f) questionamento: uma forte característica deste Sistema, é sua habilidade em responder questões interativamente, simplesmente movendo-se um ponto sobre um mapa.

A evolução dos computadores, seja em memória, periféricos ou *softwares*, propiciou o desenvolvimento de sistemas de informações destinados ao processamento de dados referenciados geograficamente, desde a sua aquisição até a geração de saídas na forma de mapas convencionais, relatórios, arquivos em meio magnético, entre outros, provendo recursos para a sua estocagem, gerenciamento, manipulação e análise.

Um Sistema de Informações Geográficas aplicado às atividades na área florestal, não deve prescindir de informações provenientes de mapas, informações de campo (inventários, dados meteorológicos, climáticos, etc.) e informações política, social e econômica, na região de influência de empresas privadas ou estatais, que procuram otimizar decisões e manejo dos recursos. Neste sentido, de uma forma geral, essas empresas ou organizações não dispõem de um sistema de gerenciamento ambiental, com alta capacidade de manipulação das informações necessárias ao planejamento e tomada de decisões quanto a utilização dos recursos disponíveis.

É necessário portanto, que os órgãos governamentais ou ainda empresas privadas, estabeleçam políticas de ação no sentido de incrementar as informações, registrá-las de uma forma compatível, para que os usuários desses sistemas possam minimizar os erros de planejamento ou uso dos seus recursos.

Considerando a importância atual do uso destes Sistemas, este trabalho propôs uma aplicação da tecnologia de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) na



atividade florestal, utilizando-se dados e informações provenientes de uma empresa do setor.

O objetivo geral do trabalho foi testar a aplicabilidade de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), para a manipulação e análise de informações do banco de dados de uma organização florestal, bem como incorporar informações de outras fontes ao Sistema.

Os objetivos específicos do trabalho foram:

a) Formar o perfil das empresas de base florestal frente à utilização de técnicas de Geoprocessamento e Sistemas de Informações Geográficas, a partir de uma pesquisa direcionada;

b) Migrar a base de dados cartográficos existente da área de estudo para o ambiente do SIG a ser utilizado;

c) utilizar o *software GIS SPANS (Geographical Analysis System - Spatial Analysis System)* da *INTERA TYDAC TECHNOLOGIES INC.* para a integração e manejo dos dados provenientes de fontes díspares;

d) criar e incorporar ao Sistema um banco de dados alfanumérico e correlacioná-lo com os dados geográficos;

e) analisar e manipular imagens obtidas com o sensor *Aerotransportável CASI (Compact Airborne Spectrographic Imager)*, classificá-las e correlacioná-las com as verdades terrestres, definidas a partir de informações dos cadastros florestais da empresa e coletadas em campo;

f) incorporar ao Sistema as imagens obtidas a partir do Sensor *Aerotransportável CASI*.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

Segundo TEIXEIRA (1995) o surgimento dos Sistemas de Informações Geográficas não foi um acontecimento isolado dentro das Geociências. Ao contrário, teve desenvolvimento simultâneo com várias outras ciências e, dentro destas, de técnicas sofisticadas de análise e tratamento de informações gráficas e alfanuméricas. Mais especificamente, seu desenvolvimento pode ser vinculado aos avanços na Cartografia, Computação Gráfica e Geografia, principalmente, os decorrentes da informatização e novos recursos proporcionados pela introdução dos computadores. A tecnologia SIG tem uma característica multidisciplinar que a torna complexa e requer conhecimento abrangente dos temas relacionados. Geralmente este aspecto dificulta o acesso da maior parte das pessoas, restringe sua compreensão, limitando a aplicação correta.

TEIXEIRA (1995) mostrou que o processo evolutivo dos SIG passou por vários estágios até atingir o alto nível de sofisticação tecnológica observado nos dias atuais. Apresentou uma periodização abrangente do desenvolvimento:

a) Primeira fase (1960-1975), ou período pioneiro, com destaque para os esforços individuais;

b) segunda fase, aproximadamente de 1973 até o começo dos anos 80, quando houve a regularização das experiências e práticas e o surgimento dos órgãos nacionais comprometidos com o desenvolvimento de SIG;

c) terceira fase, a partir de 1982 até o final da década de 80, quando o fator competitivo do setor comercial reforçou a dinamização do desenvolvimento;

d) quarta e atual fase, de domínio do usuário, de competições entre empresas fornecedoras de sistemas, padronização e sofisticação dos sistemas e conhecimento de suas potencialidades pelo usuário.

O capítulo *Background to Spans*, de *Spans Learning System*, *INTERA - TYDAC* (1991), mencionou que Sistemas de Informações Geográficas e as primeiras análises espaciais simples não existiriam sem base geográfica. As contribuições, entretanto, vindas das informações e sistemas, em conjunto com os avanços em informática fizeram dos SIG uma poderosa ferramenta analítica.

Nesta mesma referência, *INTERA - TYDAC* (1991), consta que, do ponto de vista geográfico, o estudo de fenômenos físicos, culturais e econômicos necessitam de posicionamento ou locação, para entendimento de suas origens e princípios. Uma primeira etapa da utilização dos SIG foi a conversão de mapas usuais, em papel, para memória digital (digitalização) e mais tarde, armazenagem, aquisição e manutenção destes dados em forma digital. Os usuários foram incentivados a promover e expandir a utilização do Sistema, devido a significativa facilidade na manipulação e acesso aos bancos de dados. O desenvolvimento do Sistema veio também através de investimentos e aperfeiçoamento na área da informática, ou seja, em *hardware* e *software*, o que propiciou facilidades em converter, mostrar e reproduzir mapas. A fase seguinte na utilização dos SIG surgiu da necessidade de integração e análise das bases geográficas já existentes em meio digital. Era necessária pesquisa para se obter mais informações a partir daquelas existentes, criar novas informações, não apenas reproduzi-las ou duplicá-las. Esta fase

emergiu na década de 60, com a introdução de sistemas específicos para resolução de problemas e análise. Surgiram então novas aplicações, com raízes geográficas, como manejo ambiental, planejamento urbano e arquitetura de paisagem.

Segundo *INTERA - TYDAC* (1991), metodologias foram desenvolvidas para combinar e analisar dados dentro de um ambiente de trabalho geográfico, entretanto, os dados eram abundantes e as análises eram difíceis e complexas. Isto foi o princípio para o desenvolvimento de algoritmos espaciais e modelos espaciais computacionais. O Canadá foi um pioneiro no desenvolvimento dos SIG, como resultado das inovações ocorridas a partir da década de 60. As grandes extensões e o planejamento e manejo dos recursos do país foram os fatores e objetivos do desenvolvimento de métodos de armazenagem de dados, análises e recuperação destes. Dados coletados pelo Sistema de Inventário de Terras do Canadá (*Canada's Land Inventory System*) combinados com a tecnologia em informática existente e o uso de equipamento para digitalização de mapas, resultaram no desenvolvimento do primeiro Sistema de Informações Geográficas, o *Canadian Geographical Information System, CGIS*, em 1962. O CGIS foi designado para identificar terras apropriadas para a agricultura e atividade florestal, usando mapas que incluíam informações sobre solos, clima, drenagem e formações geológicas. A terra também foi classificada em termos de sustentabilidade para determinadas espécies selvagens e associadas à características ecológicas, bem como para uso recreacional. O sucesso do CGIS foi atribuído à pesquisa e planejamento de cientistas canadenses, por desenvolver um consistente meio de obtenção de dados. Isto significa que a base do CGIS foi definida em informações acuradas, confiáveis e relevantes; condições básicas para a implementação de qualquer SIG funcional.

Para *INTERA - TYDAC* (1991), considerando o aspecto informação, o homem sempre teve a preocupação de conhecer o seu ambiente. Incontáveis métodos manuais são utilizados para guardar as informações coletadas deste meio e reproduzi-las. Até os anos 60, o maior desafio era a recuperação destas informações. Frequentemente surgiam problemas como o desconhecimento do local onde estavam armazenadas determinadas informações ou ainda se a informação tinha sido coletada ou não. Além destes problemas, era dispendiosa a tarefa de procurar e encontrar os dados desejados. O computador transformou-se em uma ferramenta para coleta, armazenagem e recuperação de informações. Com o auxílio de computadores, mais e mais dados puderam ser coletados. A grande vantagem é que tais informações eram organizadas de maneira lógica, facilitando o seu manuseio e mudando o padrão de manutenção de informações. Os primeiros computadores tinham suas limitações. O espaço de armazenagem de dados era limitado e a velocidade de recuperação era lenta, especialmente quando o volume de dados aumentava. As indústrias especializadas responderam com contínuos melhoramentos na capacidade de armazenamento de informações e poder de processamento de dados. A partir dos avanços tecnológicos, o tamanho e o custo de computadores decresceram, enquanto que a capacidade de armazenagem e de processamento aumentaram. Agora, um pequeno computador pode manter informações que no passado necessitavam de um complexo sistema e grandes computadores de banco de dados.

Segundo *INTERA - TYDAC* (1991), considerando o aspecto sistema, os SIG são meios pelos quais tarefas e estruturas podem ser repartidas em seus componentes e interações, e acessadas individualmente ou coletivamente, de modo

a facilitar o entendimento a seu respeito e aumentar a eficiência das análises. No anos 60 os sistemas objetivaram solucionar problemas a partir da necessidade de organizar e racionalizar grandes volumes de dados, não estando a totalidade deste volume armazenado em computadores.

Segundo ASPIAZÚ; BRITES (1989), os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), tradução para *Geographical Information Systems (GIS)*, são ferramentas poderosas, empregadas na integração e análise de dados provenientes de fontes muito díspares, como imagens fornecidas por satélites terrestres, mapas (de solos, de propriedade da terra, topográficos, de vegetação), cartas climatológicas, censos, etc. Podem ser caracterizados como sistemas constituídos a partir da escolha, obtenção e armazenagem de dados, de modo a fornecer ao usuário meios para a sua recuperação e manipulação com o uso de computadores. Tais dados estão, geralmente, vinculados a uma dada região geográfica, condição que os diferencia dos sistemas puramente de gerenciamento de banco de dados.

COUTO (1993) apresentou a seguinte definição para um SIG: "Uma coleção organizada de equipamentos para computação eletrônica (*hardware*), programas (*software*), dados georreferenciados e pessoal especializado, projetada para coletar, armazenar, atualizar, manipular, analisar e apresentar visualmente todas as formas de informações geograficamente referenciadas". Tecnicamente, diz-se que os dados estão geo-referenciados ou geo-codificados. Resumindo, pode-se dizer que os Sistemas de Informações Geográficas têm por objetivo principal processar dados espaciais, sejam eles bi ou tri-dimensionais.

Segundo BURROUGH (1987), um sistema de manejo de dados é direcionado para organizar e catalogar informações, sendo um método computadorizado de gravação, organização, manutenção e recuperação de dados. Tais sistemas auxiliaram o desenvolvimento de diferentes métodos de análises. Um *software* para SIG envolveu primariamente grandes redes de computadores. Os cartógrafos que necessitavam realizar constantemente atualizações nos mapas, usualmente trabalhavam para grandes agências governamentais em setores civil e de defesa. Suas necessidades eram satisfeitas através do uso de grandes redes designadas para usuários de SIG, usualmente descritas como sistemas administrativos. Estes sistemas foram direcionados para construir, manejar e analisar uma extensa cobertura de dados geograficamente referenciados. Aliados a estes sistemas administrativos, existem computadores pessoais e produtos integrados, disponíveis para individuais ou relativamente pequenas organizações. O objetivo é fornecer aos profissionais envolvidos, a capacidade para aplicar a tecnologia dos SIG para o processo de tomada de decisões em suas atividades, no comércio e indústria. As possibilidades desta utilização se estendem desde um simples mapeamento até poderosas análises de informações espaciais.

Para ARONOFF (1993) os Sistemas de Informações Geográficas são baseados em computadores usados para armazenar e manipular informações geográficas. Esta tecnologia desenvolveu-se tão rapidamente nas duas últimas décadas, que agora é tida como uma ferramenta essencial para o uso efetivo da informação geográfica. Os recentes desenvolvimentos nos padrões de *softwares* estão proporcionando aos usuários e pesquisadores de SIG oportunidades para a construção e desenvolvimento de métodos de fácil uso e entendimento dos SIG.

Métodos de interação com um sistema computacional são chamados *interface*. Algumas *interfaces* em SIG podem ser modificados ou particularizados, para reunir objetivos específicos do usuário. Este desenvolvimento de integração tem amenizado a característica de alta-tecnologia dos SIG, fazendo-os acessíveis a usuários que possuam experiência limitada em sistemas computacionais.

A estrutura básica de um SIG, segundo TOMLINSON (1976), MARBLE; PEUQUET (1983), OLIVEIRA (1986) e BORROUGH (1987), pode ser descrita como o conjunto dos seguintes componentes:

a) Subsistema de coleta ou entrada de dados, que permite a inserção de dados de forma automática para dados digitais disponíveis, como imagens multiespectrais, e através da digitalização de mapas topográficos, dados de inventário, solos, geologia, geoquímica, etc., definindo níveis de informação. Estão associadas à entrada de dados as operações de edição, correção e eliminação;

b) subsistema de armazenamento e recuperação de dados, que permite a descrição da base de dados, com listagens, mapas, bem como operações de modificação, inserção e eliminação;

c) subsistema de manipulação, que permite análise, síntese e modelagem a partir de operações em um plano de informação e entre planos de informação de acordo com critérios e procedimentos definidos pelo usuário;

d) subsistema de saída, que permite a apresentação de dados na forma de tabelas, gráficos, imagens e mapas.



### 2.1.1 Estrutura e Representação de Dados Espaciais em SIG

Segundo PAREDES (1994), o modelo de dados é definido como a abstração do mundo real, incorporando somente aquelas propriedades relevantes para aplicações pré-definidas, ou seja, é uma conceituação da realidade. Diferentes usuários e diferentes aplicações podem ter diferentes modelos. Cada modelo de dados representa a realidade numa variedade de níveis de implementação. A estrutura de dados pode ser definida como a organização lógica das informações para preservar a integridade e facilitar o uso dos mesmos, isto é, armazená-los com precisão de maneira consistente e coerente, para garantir a manipulação da informação correta e no tempo correto.

DANGERMOND (1987), BURROUGH (1987), ARONOFF (1993) e PAREDES (1994) citaram que duas classes de modelos de dados geográficos têm sido usadas para armazenar e representar a informação localizacional na forma digital: a estrutura matricial e a estrutura vetorial. A estrutura matricial ou raster divide toda a área de estudo em grades regulares, constituindo células (pixeis). Cada célula contém um valor único. É um espaço que, quando preenchido, define a localização das entidades na área de estudo. A estrutura vetorial usa entidades (como pontos e linhas) para identificar as localizações. Objetos discretos (como limites, drenagens, cidades, etc) são formados pela conexão de segmentos de linhas. Os objetos vetoriais podem não preencher os espaços. Nem toda localização é um espaço necessário para ser referenciado no modelo.

Para DANGERMOND (1987) o formato raster apresenta limitações pela transformação dos valores de pontos de uma área em um único valor por

quadrícula, incertezas na definição da resolução ou área mínima para representação de atributos e inflexibilidade para representar diferentes intensidades de amostragem uma vez definido o tamanho da quadrícula. A resolução do formato vetorial tem suas limitações relacionadas à capacidade do *hardware e software* em representar coordenadas na forma numérica para detalhamento de alta precisão, que por outro lado é, ainda, incompatível com a precisão dos dados disponíveis para a grande maioria das aplicações. A decisão sobre o formato de representação está relacionada à natureza dos fenômenos estudados, fontes de dados disponíveis, capacidade de armazenamento e processamento, modelos analíticos e aplicação dos produtos.

ARONOFF (1993) fez uma comparação entre os modelos raster e vetorial, vista na TABELA 1.

TABELA 1 - COMPARAÇÃO ENTRE MODELOS RASTER E VETORIAL

MODELO RASTER	MODELO VETORIAL
<p><b>VANTAGENS:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. É uma estrutura de dados simples;</li> <li>2. Operações de sobreposição são facilmente e eficientemente implementadas;</li> <li>3. Alta variabilidade espacial é eficientemente representada;</li> <li>4. O formato raster é eficiente para manipulação e realce de imagens digitais;</li> </ol> <p><b>DESVANTAGENS:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. A estrutura raster de dados é menos compacta</li> <li>2. Relações topológicas são mais difíceis de serem representadas;</li> <li>3. A saída gráfica é menos estética, devido às bordas terem a aparência de blocos e não de linhas suaves. Isto pode ser melhorado usando-se um grande número de células, entretanto resultaria em tamanhos de arquivos inaceitáveis.</li> </ol>	<p><b>VANTAGENS:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fornece uma estrutura de dados mais compacta que o modelo raster;</li> <li>2. Fornece eficiente ligação de topologia, e, como resultado, mais eficiente implementação de operações que requerem informações topológicas, como análise de redes;</li> <li>3. O modelo vetorial é melhor para as saídas gráficas, que aproximem-se de mapas desenhados à mão;</li> </ol> <p><b>DESVANTAGENS:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. É uma estrutura mais complexa que a estrutura simples do modelo raster;</li> <li>2. Operações de sobreposição são mais difíceis de serem implementadas;</li> <li>3. A representação de alta variabilidade espacial é ineficiente;</li> <li>4. Manipulação e realce de imagens digitais não pode ser efetivamente realizada em domínio vetorial.</li> </ol>

BURROUGH (1987) e ARONOFF (1993) descreveram o modelo de dados *quadtree*, como sendo uma derivação do modelo matricial ou raster. O modelo *quadtree* proporciona uma representação raster mais compacta, usando uma grade de células de tamanho variável. Ao invés de dividir uma área em células de um único tamanho, subdivisões menores são usadas em áreas com detalhes menores. Neste sentido, um mais alto nível de resolução é fornecido somente onde isto é necessário.

Conceitualmente, ARONOFF (1993) mostrou a construção de um *quadtree* como um processo de subdivisão regular de um mapa. Se o mapa inteiro contém

uma mesma classe, por exemplo coberto pelo mesmo tipo florestal, então o processo cessa e o mapa seria composto de uma única célula, representativa de uma grande área (no modelo raster convencional, o mapa seria representado por um grande número de pequenas células com o mesmo valor). Se existir mais que uma classe, então o mapa é subdividido em quatro quadrantes de tamanhos iguais. O mesmo procedimento é repetido para cada quadrante. Todo o quadrante que contenha mais que uma classe é novamente subdividido em quatro, enquanto quadrantes homogêneos não são subdivididos.

Para ARONOFF (1993) o uso do modelo *quadtree* é mais vantajoso quando os dados são relativamente homogêneos, não requeiram atualizações freqüentes, e quando execuções rápidas de certos tipos de funções são necessárias.

## 2.2 APLICAÇÕES DE SIG PARA O MANEJO FLORESTAL

TOMLINSON et al. (1976) descreveram o início, em 1961, de pesquisas básicas para o desenvolvimento por computador de dados geo-codificados e o desenvolvimento do *Canadian Geographic Information System (CGIS)* em 1963, a partir das necessidades de inventários e projetos de desenvolvimento relacionados aos recursos naturais no Canadá. Na década de 70, este e outros sistemas já funcionavam em caráter operacional para manutenção de inventários e aplicações para o manejo de recursos naturais no Canadá e nos Estados Unidos (CICONE; MALILA, 1977).

A extensão das áreas manejadas, o volume da produção industrial de papel, celulose e madeira, a evolução da legislação de recursos naturais, a diversidade das necessidades de agências governamentais e das indústrias e a disponibilidade de dados no formato digital fizeram do setor florestal um dos maiores usuários da tecnologia de informação geográfica (TOMLINSON 1976).

MAW; BRASS (1981) combinaram em um SIG: classificação de imagens Landsat para tipo de vegetação e uso da terra, modelo numérico de terreno (MNT), levantamento detalhado de solos, cadastro de propriedades florestais e ocorrência de incêndios em dois modelos, visando localizar equipamentos de controle e medidas de proteção contra incêndios e determinar qualidade e extensão de sítios potenciais para reflorestamento através do potencial de crescimento de classes de solo, declividade limitante para mecanização e vegetação natural.

WILSON; THOMSON (1981) integraram dados Landsat cobrindo dez anos, MNT (Modelo Numérico de Terreno), fotografias aéreas, mapas de solos e estradas para desenvolver modelos para avaliar cobertura vegetal, uso de terra, condições de sítios e de exploração, em análises temporais.

CIVCO et al. (1982) apresentaram resultados de processamento via SIG para estimar classes de sítio potencial por espécie, erodibilidade potencial e oportunidades para manejo e pesquisa.

GARRATT et al. (1982) descreveram a criação de uma base de dados a partir de informações disponíveis de inventário florestal contínuo, topográficos, solos, amostragem sistemática, fotografias aéreas e resultado de processamento de dados Landsat para atualização de inventário. Operações de subtração e divisão de imagens de diferentes datas, priorizaram, para variações maiores que 3% na reflectância, áreas para reamostragem no inventário atual.

SHAPLEIGH; BOSS (1982) também utilizaram SIG para atualização e correções no inventário florestal, avaliação de terra, expansão de resultados de pesquisas, condições de tratos silviculturais, exploração e projetos de estradas.

BENSON et al. (1982) descreveram a construção de uma base de dados para estratificação e inventário da vegetação. A dependência da distribuição de classes de vegetação com relação a distribuição de classes de solos, elevação, exposição solar e declividade, determinou o uso das imagens para a estratificação.

Análises das operações de sobreposição em SIG foram desenvolvidas por BERRY; SAILOR (1982), BERRY et al. (1982), BERRY (1986) e BERRY (1987), onde a integração de classes de vegetação, declividade, erodibilidade, distâncias de exploração, regime hídrico e estradas através de operações de manipulação em SIG permitiram estimar custos de exploração e transporte.

HENDRIX; PRICE (1984) identificaram classes de solos, declividade, elevação, vegetação e estradas como parâmetros para o desenvolvimento de modelo ecológico de manejo, combinando equação para índice de sítio derivada de tipo de solo, índice de erodibilidade potencial e condições de acessibilidade para determinar oportunidades para reflorestamento e exploração.

MARTIN (1985) integrou fotografias aéreas, MNT, estradas, limites de propriedades florestais e classes de vegetação para determinar oportunidades para sistemas e equipamentos de exploração.

DEMARS (1986) descreveu o desenvolvimento de modelo para integração de dados de mortalidade, solos, MNT, classes de sítio e espécies dominantes para correlação com intensidade e distribuição de infestação visando mapear dinâmica de danos por ataque de praga florestal.

Dados e informações essenciais para o manejo florestal estão na forma de mapas, como topografia, solos, estradas e a localização das unidades de manejo, que podem ser caracterizadas quanto ao volume, tipo de sítio, espécie, qualidade do produto, idade, etc (JAAKKOLA, 1986).

TOMLINSON (1987) descreveu a aplicação de SIG como um conjunto de ferramentas para a manutenção e atualização de inventários numa base contínua de dados, modelagem e planejamento de atividades como: inventário dos recursos, exploração, construção de estradas, manejo de bacias, simulação de alternativas de manejo, etc. e observa que, na prática, sua utilização tem sido para pouco mais que a automatização de processos cartográficos (base de dados) devido a limitações de *softwares* e a resistência à adoção de nova tecnologia, seja pelos elevados custos de aquisição e implantação, de obtenção de dados mais precisos ou pelas mudanças implícitas nas formas de análises tradicionais.

REED (1987) discutiu as necessidades de dimensionamento de SIG de forma a abranger planejamento florestal de um modo geral e específico, cobrindo desde inventário, crescimento, análises de produtividade e custos de investimentos e rentabilidade.

COVINGTON (1988) utilizando SIG para dimensionar e avaliar alternativas de manejo, ressaltou a precisão das operações de cálculo de área e a interface com banco de dados relacional para atributos das unidades administrativas com

atributos de parcelas de inventário e de levantamentos e análises de custos e rendimentos.

BURGAN; HARTFORD (1988) construíram mapas de perigo e localização de incêndios em computadores, abrangendo a totalidade do território dos Estados Unidos. Tipos de material combustível, clima e topografia foram os fatores considerados para a divisão de território em 46 polígonos. Descreveram um procedimento computadorizado para mapear classes de perigo de incêndio nos 46 polígonos individualizados. Os mapas foram usados operacionalmente, em manejo de incêndios e em controle da aviação pelo Serviço Florestal. O mapeamento utilizou dados do *National Fire Danger System* e os mapas puderam ser usados por profissionais da área a nível nacional e regional, como apoio na aquisição de informações e em campanhas públicas de prevenção de incêndios. Com o uso do Sistema, tornou-se possível a transferência de números relativos a perigo de incêndios para uma descrição gráfica destes valores.

SADER; JADKOWSK (1989) avaliaram resultados do processamento de imagens pancromáticas e TM (*Thematic Mapper*) Landsat, bandas e razões, como fontes de dados em um SIG de caráter operacional e custo efetivo para estratificação da densidade da vegetação para atualização de inventário de indústria florestal.

HOLDER et al. (1990) testaram a utilidade e aplicabilidade da integração de um Sistema de Informações Geográficas e um Modelo de Crescimento de Incêndios, em três áreas de estudo situadas em Ontario, Canadá. O *software* SIG utilizado foi o SPANS e os *software* de Modelo de Crescimento de Incêndios *INTEGRATED FOREST SYSTEM (IFS)* e *R/EMS Research* foram fornecidos por duas companhias canadenses especializadas nesta área de pesquisa. A integração entre os sistemas foi efetuada em computador pessoal padrão. Os dados utilizados no estudo foram referentes à tipos de combustíveis florestais, dados estes provenientes de classificação de imagens *LANDSAT MSS* (sistema de varredura multiespectral);



parâmetros climáticos, adquiridos a partir de 28 estações meteorológicas; número e localização de relâmpagos que resultaram em ignição de incêndios; mapas da *NTS (National Topographic Series)* e da *OBM (Ontario Base Mapping)* e modelos digitais de terreno (*Digital Terrain Model - DTM*). Os autores concluíram que as três áreas de estudo utilizadas forneceram condições para o exame dos tipos de dados disponíveis e como estes dados podem ser aplicados e relacionados para o manejo e combate dos incêndios florestais. Afirmaram também que muitas das informações obtidas através da integração do Sistema e dos Modelos mencionados, são vitais para locação e dimensionamento de equipamentos e pessoal para prevenção a incêndios. A combinação dos dados disponíveis com o Sistema, tornou acessíveis informações e análises antes limitadas e indispensáveis para os especialistas em operações de incêndios.

ZACK; MINNICH (1991) promoveram a integração de um Sistema de Informações Geográficas com um modelo de diagnóstico de ventos para o manejo de incêndios florestais, em San Jacinto Mountains, Sul da Califórnia, EUA. Justificaram esta integração devido ao fato de que a maioria dos modelos matemáticos envolvendo influências do vento em incêndios florestais, apenas intermediavam o uso de arquivos de dados em *software* específicos, sem serem processados por modelos matemáticos mais sofisticados. Com o uso de um SIG, novos mapas, análises e relatórios foram viabilizados. O *software GIS ARC INFO* foi utilizado para criar e editar as bases de dados topográficos e meteorológicos, fazendo uso de informações vindas do modelo de diagnóstico de ventos *KRISSY*; e perfazendo análises nos efeitos combinados de relevo e ventos predominantes. Os autores concluíram que usando observações meteorológicas esparsas e tecnologia em SIG, produtos podem ser gerados para provir os profissionais de manejo de recursos com informações vitais na formulação de estratégias de manejo em incêndios florestais.

HÖCK et al. (1994) utilizaram um *GIS* (*Geographical Information System*) e técnicas de geoestatística para estimar índice de sítio de *Pinus radiata*, em florestas da Nova Zelândia. O *GIS* utilizado foi o ARC INFO e produziu um mapa de contorno dos índices de sítio associado a pontos centrais de cada compartimento (talhão). As limitações da técnica de estimativa no GIS foram evidenciadas pela dificuldade de predição de valores entre as linhas de contorno. Para incorporação no GIS, estavam disponíveis em formato digital, 1643 contornos de compartimentos florestais (talhões), cada qual ligado a um código que o identificava. Destes, 744 compartimentos tinham seus índices de sítio (refere-se à qualidade do solo em relação à produtividade florestal) conhecidos. Além de dados de índice de sítio foram incorporados ao *GIS* informações de histórico de preparo de solo e silvicultura; número de rotações em cada talhão, entre outras. Nos métodos geoestatísticos, foram utilizados programas estatísticos do *SAS* (*Statistical Analysis System Institute, 1985*), *software* para construção de variogramas e programa para estimar índice de sítio para compartimentos sem tal informação. Os autores concluíram que a combinação de um *GIS* com técnicas de geoestatística serviu para atualizar e completar o mapa de índice de sítio da floresta em questão, eficientemente. Técnicas de geoestatística foram usadas com sucesso para fornecer estimativas de índice de sítio para os talhões sem valores medidos. A produção de um mapa sombreado colorido de índice de sítio para a floresta, em conjunto com a facilidade de acesso ao banco de dados contido no GIS, foi um meio efetivo de mostrar dados de crescimento para a floresta. Adicionalmente, a armazenagem de informações em meio digital permitirá rápida, ou talvez automática, atualização dos mapas no futuro, quando novos dados poderão estar disponíveis.

No Brasil, os trabalhos com enfoque em Geoprocessamento e Sistemas de Informações Geográficas, conceituam, mostram as aplicabilidades e potencialidades, e descrevem a utilização da tecnologia em questão.

MIRANDA et al. (1988) propuseram a aplicação de um Sistema de Informações Geográficas na área objeto do Arquipélago Fernando de Noronha, visando contribuir à problemática do zoneamento ecológico, tendo como perspectiva a definição de um método utilizável em outras áreas do território nacional. Foi utilizado o *software* SGI (Sistema Geográfico de Informações) do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais).

SILVA et al. (1990) apresentaram uma nova versão do Sistema Geográfico de Informação conhecido como S.A.G.A. / UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro), ao qual foi acoplado um banco de dados convencionais, ampliando-se a utilização do mencionado sistema em estudos de risco, potenciais e impactos ambientais.

MIRANDA et al. (1990) estabeleceram procedimentos de rotina para a formação de uma base de dados para o Estado do Tocantins a partir do Sistema de Informações Geográficas do INPE, o SGI, como forma de auxiliar o processo de definição de diretrizes para o planejamento regional. A área de abrangência deste estudo e o grande volume de informações armazenadas representaram uma experiência inédita com um SIG no Brasil. Foram gerados 12 níveis de informações básicas (planos de informação) em cada um dos 30 projetos necessários para cobrir todo o Estado, num total de 360 planos cartográficos. Também foram incorporadas ao sistema informações complementares tais como áreas com vocação para exploração agrícola e um zoneamento agroecológico para o Estado. A partir dessa base de dados foi ainda confeccionado um atlas com 120 mapas na escala 1:500.000.

MIRANDA et al. (1990) trabalhando para o Núcleo de Monitoramento Ambiental e de Recursos Naturais por Satélite (NMA) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), estruturaram uma base de dados informatizados para o Estado do Acre. Foram digitalizadas três propostas de limitação da Reserva Extrativista do Alto Juruá e detalhamento das unidades de

vegetação, ocupação humana e rede hidrológica da bacia do rio Tejo. A criação da base de dados foi apoiada em aplicativos desenvolvidos pelo INPE, SGI (Sistema Geográfico de Informações) e SITIM (Sistema de Tratamento de Imagens).

SANTOS et al. (1990) apresentaram uma metodologia para a confecção de mapas de trafegabilidade do terreno, a partir de cartas topográficas, imagens de satélite e mapas de levantamento pedológicos, utilizando o Sistema de Informações Geográficas do INPE, o SGI. Propuseram também a fixação de limites para a variação da declividade, no estabelecimento das classes de trafegabilidade do terreno. A metodologia consistiu na digitalização e posterior cruzamento das cartas, imagens, mapas e dados dentro do SIG, obtendo-se como produto final o Mapa de Trafegabilidade do Terreno, que foi considerado um documento cartográfico temático de emprego militar e agrícola.

TORRACA (1990) descreveu um sistema informatizado de planejamento e controle de exploração florestal. Tal sistema objetiva planejar e controlar todas as atividades da exploração florestal de uma empresa fabricante de celulose, acompanhando as operações que estão sendo realizadas em cada talhão, acusando as distorções entre o programado e o realizado, reprogramando as atividades em função desses desvios, através de relatórios, gráficos e mapas. O sistema foi composto utilizando um banco de dados relacional (*Extended Data Base - XDB*) suportando um programa de mapeamento (*ARC-INFO*), o que caracterizou um Sistema de Informações Geográficas.

ANDRADE (1993) relatou que através da utilização de imagens orbitais, torna-se possível um planejamento completo para a indústria florestal. A metodologia é baseada na utilização de técnicas de processamento digital de imagens e de interpretação embutidas em um SIG. A manipulação desses dados possibilita a obtenção de um mapeamento preliminar, que por sua vez viabiliza a geração de um planejamento de gerenciamento completo.

BÁRBARA (1993) definiu geoprocessamento como o conjunto de tecnologias de coleta e tratamento de informações espaciais e de desenvolvimento e uso de sistemas que as utilizam. Citou que o geoprocessamento não é uma ciência nova, é amplamente aplicado em países mais desenvolvidos e que é uma tecnologia adequada ao controle florestal, pois florestas possuem como características as grandes extensões, de difícil acesso, quase desprovidas de informações e totalmente dependentes do meio ambiente. Neste contexto, o geoprocessamento fornece informações de forma rápida e confiável, realizando a análise conjunta de todos os fatores e implicações de cada operação.

LACERDA (1993) comentou que em países desenvolvidos a área florestal é grande usuária de todos os segmentos do geoprocessamento. Discorreu sobre as aplicabilidades dos SIG no setor e afirmou que no Brasil muito ainda tem que ser feito em termos de SIG no setor florestal.

KIRCHNER (1993) discutiu os conceitos básicos de um Sistema de Informações Geográficas e as características da base de dados a ser usada para as avaliações florestais. Mostrou, dentro do processo de precisão e qualidade da avaliação florestal, em que situações estruturas de dados raster ou vetoriais são aplicadas e quais as precauções devem ser tomadas quando da sua implementação. Concluiu que a implementação de SIG deve seguir normas e procedimentos, os quais se forem respeitados, com certeza não haverá surpresas ao longo do tempo.

Segundo BARDDAL (1994), as atividades de uma empresa florestal dependem de existência de um cadastro confiável que expresse a realidade de campo, modelado para monitorar qualquer evento e as freqüentes transformações decorrentes do dinamismo das operações florestais. A autora apresentou a evolução e o estágio atual do projeto de geoprocessamento de uma empresa fabricante de papel e celulose, bem como as dificuldades encontradas em sua implantação, abrangendo uma área de 215.515 hectares. Concluiu que a

implementação de um SIG numa empresa florestal de grande porte é imprescindível, e que sua utilização no dia a dia extrapola em muito a idéia inicial de uma simples automação dos processos e rotinas existentes.

MEDEIROS (1994) apresentou uma forma de encadeamento entre os bancos de dados existentes em empresas do setor florestal brasileiro e bases de dados cartográficos digitais. As relações lógicas foram feitas a partir da criação de rótulos ou identificadores únicos para os polígonos (talhões) contidos em planos de informação contendo a distribuição de talhões das fazendas e seus correspondentes (número do talhão) nas tabelas de banco de dados da empresa. Foram exploradas algumas possibilidades de integração entre um Sistema de Informações Geográficas (SIG), um sistema de processamento de imagens digitais (SPID) e um sistema gerenciador de banco de dados (SGBD).

KIRCHNER et al. (1994) discutiram os problemas relacionados com a implementação de um SIG, desde o momento em que se toma ciência de sua importância, passando pelas fases de desenvolvimento, avaliação, aquisição e inicialização, até a fase operacional. O autor finalizou afirmando que um SIG fornece os meios para que a informação geográfica seja usada num amplo espectro de aplicações e por usuários nas mais diversas áreas de conhecimento. Para que estes dados sejam usados no processo de decisão, as suas qualidades precisam ser confiáveis. Até que um SIG comece a fornecer os resultados esperados, não se deve permitir que decisões outras alterem os passos que devem ser seguidos para sua implementação.

Segundo BRANDALIZE et al. (1994) os SIG vem se tornando uma ferramenta cada vez mais disseminada nas empresas florestais, e que aquelas que já se iniciaram nesta tecnologia, ainda são usuárias recentes desses sistemas. Citaram que uma questão importante a ser resolvida é quais funções devem ter um SIG na empresa florestal, além da automatização da cartografia. Um ponto importante neste processo seria definir prioridades e planejar a implementação das

aplicações do sistema e sua integração com outros sistemas, para que os SIG tornem-se ferramentas efetivas de apoio às decisões.

CORNACCHIONI (1994) apresentou os resultados da implementação e operacionalização de um SIG em uma companhia fabricante de papel e celulose, e afirmou que a importância que assume tal Sistema no gerenciamento dos recursos naturais é consequência direta das informações disponíveis e da capacidade de utilizá-las nos processos de acompanhamentos operacionais e de análises, visando sustentar as tomadas de decisão. Os aplicativos mais utilizados da tecnologia foram relacionados: atualizações florestais, monitoramento e controle de pragas e doenças, mapas de solos, áreas de preservação e conservação, mapas analíticos, microplanejamento de colheita, simulador de plantio e colheita, planejamento de estradas, produtividade, índice de sítio, transportes.

CONDE et al. (1994) descreveram a experiência de uma companhia fabricante de papel e celulose na utilização de um SIG, comentando desde sua implementação até o desenvolvimento de modelos matemáticos para simular cenários de otimização de processos operacionais como reforma, manejo, colheita, manutenção de estradas e transportes. As fases de implantação do Sistema foram: Desenvolvimento de Sistemas de Informações Florestais, resultando no banco de dados descritivos; obtenção do banco de dados cartográficos, através de aerolevanteamento do maciço florestal; avaliação das plataformas de *hardware* e *software* disponíveis no mercado, voltados para a área de Recursos Naturais; compra, instalação de equipamentos e treinamento de pessoal; conversão de dados descritivos e cartográficos, através de georreferenciamento das informações; operacionalização do SIG, com a participação efetiva dos usuários da empresa.

### 2.3 SENSOR AEROTRANSPORTÁVEL

De acordo com NAKASHINA et al. (1989), a vantagem do sensor scanner *CASI* em relação às fotografias aéreas convencionais, está na rapidez com que se pode obter grande volume de resultados. Os dados obtidos podem ser analisados de forma digital, associados diretamente aos Sistemas de Informações Geográficas.

Segundo HICK (1991), o *scanner* aerotransportável foi projetado para possibilitar a atualização de mapeamentos em grande ou média escala, ou seja, é a ferramenta ideal para o monitoramento em termos de alterações do uso da terra em áreas agrícolas ou mesmo em áreas urbanas. O autor analisou o sensor *Geoscan Airborne Multispectral Scanner*, projetado na Austrália, o qual imageia na faixa do visível e do infravermelho. O primeiro modelo MK I apresentava 13 canais espectrais, enquanto o MK II passou a ter 46 canais espectrais diferentes podendo-se selecionar 24 destes canais para um determinado imageamento.

Conforme ANGER; BABEY; ADAMSON (1990), os canadenses lançaram um sensor aerotransportável com 288 canais diferentes onde normalmente se imageia através do método seletivo com apenas 8 canais, atendendo às exigências do usuário ou então da problemática a ser atendida.

Conforme BABEY; ANGER (1990), o sensor aerotransportável canadense conhecido como *CASI (Compact Airborne Spectrographic Imager)* lançado no mercado pela *ITRES Reserch Ltd.*, teve como principal finalidade apresentar no mercado uma ferramenta que permita a execução de um inventário detalhado dos recursos naturais, viabilizando o monitoramento físico-espacial e geração dos mais variados mapas temáticos, possibilitando a análise ambiental dentro de um planejamento global dos recursos naturais, de um município ou mesmo de uma propriedade. Ainda, conforme os autores, o fato do sensor imagear através de fitas eletrônicas permite a otimização dos trabalhos de análise ambiental, onde é possível cruzar os dados de mapas temáticos com a imagem e executar a



classificação automática de forma muito mais detalhada, do que se fosse feito a partir de imagens orbitais. Tal fato é devido ao aumento da resolução espacial deste sensor e ainda porque o CASI imageia num grande número de canais espectrais diferentes, conforme as exigências ou vantagens para cada tema.

KIRCHNER et al. (1993) demonstraram a viabilidade operacional de utilização de imagens captadas pelo Sensor CASI, um sistema de processamento de imagem e um SIG para a manipulação e análise dos dados.

O artigo "*Airbone video for resource monitoring - a new technology takes off*", baseado no trabalho de HOSKING (1994) relatou a utilização de um sistema aerotransportável para a aquisição de imagens de vídeo e que este sistema está perto de tornar-se a principal ferramenta para fornecer informações de monitoramento e planejamento ao administrador de recursos naturais em um futuro imediato. As aplicações recaem em duas áreas principais: mapeamento e caracterização de recursos e monitoramento e avaliação. As aplicações no campo florestal já identificadas e executadas incluem: atualização de mapas de estradas, resíduos de exploração e manejo; estimativas de estoques, áreas de aplicação de herbicida, áreas de manejo de ervas daninhas; monitoramento de pragas e mapeamento de deficiências de nutrientes; rápida avaliação de estragos causados por vento e fogo; planejamento de colheita florestal e estradas. A câmera utilizada foi uma Super VHS CCD com resolução horizontal efetiva de 400 linhas, obturador eletrônico e controlador remoto das lentes de *zoom* (7 a 105 mm), o que proporcionou uma avançada resolução de imagem. Um *GPS (Global Positioning System)* foi ligado ao sistema para fornecer as informações de posicionamento.

BRAGA (1995) utilizou o sensor CASI na coleta dos dados multiespectrais para o desenvolvimento de uma metodologia de avaliação espacial para a caracterização da propriedade agrícola, com o objetivo de discriminar áreas cultivadas, em nível de espécie e cultivares (tipos de maçã). As imagens foram

corrigidas, classificadas e incorporadas ao Sistema de Informações Geográficas *SPANS (Spatial Analysis System)*.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 PESQUISA PRELIMINAR

Como etapa inicial do trabalho, idealizou-se um questionário que foi enviado a 20 empresas do setor madeireiro, de chapas e papel e celulose em fevereiro de 1994. Os resultados sumarizados, referentes às respostas recebidas (70% das empresas contactadas retornaram o questionário respondido) são apresentados no Capítulo 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.

#### 3.2 ÁREA DE ESTUDO

A área escolhida para o trabalho de pesquisa compreende parte do município de Sengés, localizado no Norte Pioneiro do Estado do Paraná, e inserida dentro da fazenda Mocambo, de propriedade da PISA Florestal S/A. A referida fazenda com superfície total de 26.800 ha situa-se a nordeste da sede municipal. Definiu-se como Área de estudo 5.350 ha, compreendidos entre as coordenadas 24° 12' 53" e 24° 06' 45" de Latitude Sul e 49° 24' 46" e 49° 20' 28" de Longitude Oeste.

A escolha desta região para estudo deveu-se, também, ao recente vôo aerofotogramétrico em 22/12/1992, com a utilização do sensor aerotransportável CASI - (*Compact Airborne Spectrographic Imager*) de procedência canadense, conforme acordo firmado entre a AERODATA S/A - Engenharia de Aerolevantamentos e as empresas canadenses *ITRES RESEARCH LTD.*, *DIPIX TECHNOLOGIES INC.*, *INTERA TYDAC TECHNOLOGIES INC.*, em 24/07/1991. O acordo objetivou o desenvolvimento de Projetos Pilotos utilizando a tecnologia em questão.

Foram abrangidas no vôo duas áreas, sendo apenas uma delas (Área da Fazenda Mocambo) utilizada na pesquisa em apreço.

A Fazenda Mocambo é uma das 48 fazendas da PISA Florestal S/A, que tem como finalidade exclusiva o reflorestamento, objetivando a produção de madeira para o processo de fabricação de papel imprensa e para o mercado em geral. As FIGURAS 1 e 2 apresentam mapas de localização da área de estudo.

FIGURA 2 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

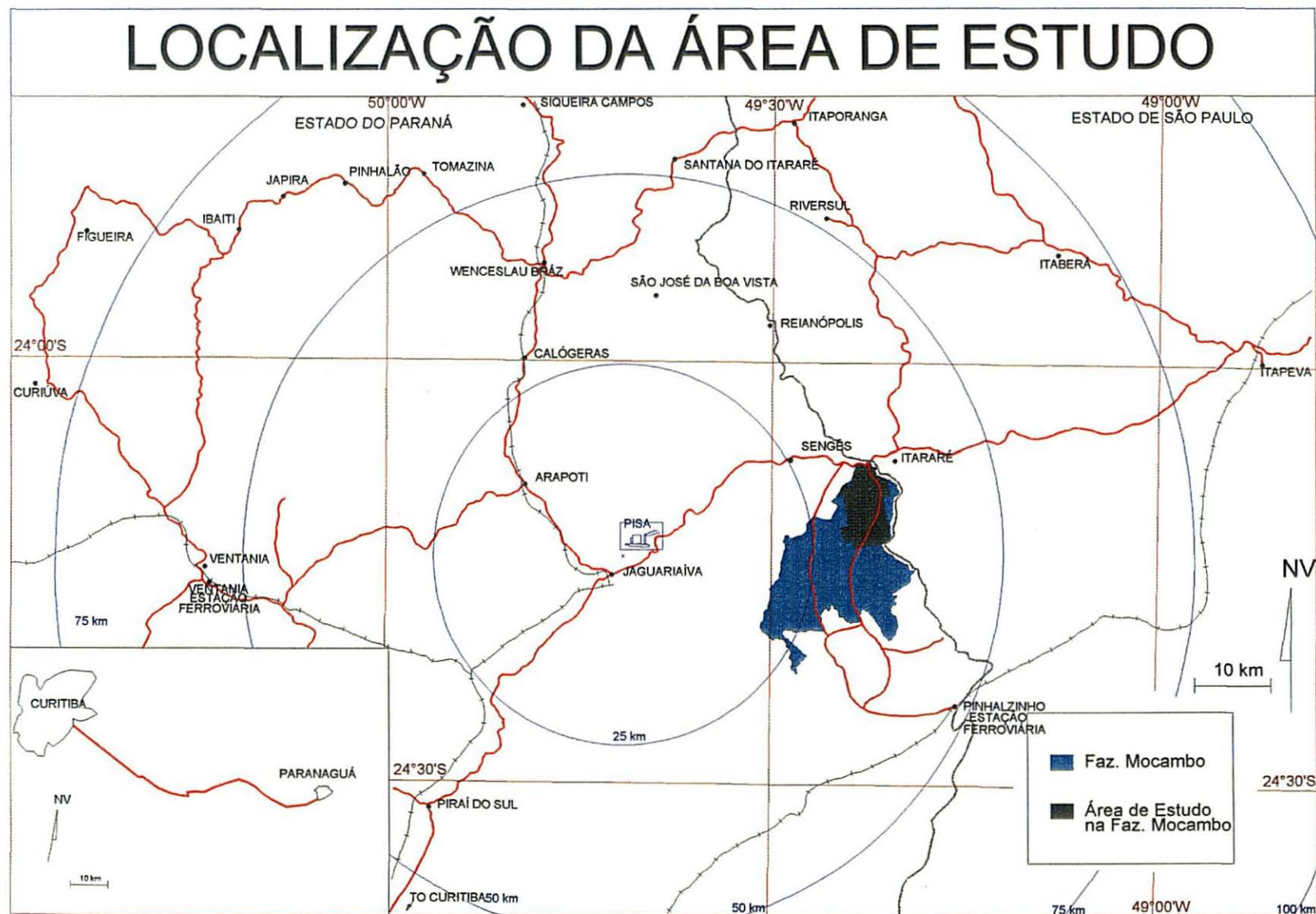


FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO DA PISA FLORESTAL



### 3.2.1 Dados Básicos da Área de Estudo

A região na qual a área de estudo está inserida apresenta relevo suavemente ondulado e a geologia faz parte da formação Guatá ou Itararé, com rochas de argilito, folhelhos pirobetuminosos, siltitos, calcários e conglomerados. A classificação climática (Classificação de Köppen) é Cfb, que indica clima mesotérmico, subtropical úmido sem estação seca e verão quente. (ATLAS do Estado do Paraná, 1990)

Segundo informações do banco de dados da PISA Florestal, a temperatura média da área de estudo é de 20,3°C. A precipitação média anual varia de 1.200 a 2.000 mm. A altitude média é 800m s.n.m., variando de 600 a 1030m.



### 3.3 OBTENÇÃO DOS DADOS

Esta etapa do trabalho constituiu-se de cinco fases distintas: obtenção de dados multiespectrais, manipulação destes dados, levantamento e obtenção de dados alfa-numéricos, coleta de dados em campo e transferência da base cartográfica digital.

#### 3.3.1 Obtenção de Dados Multiespectrais

Como fase inicial do Projeto Piloto entre PISA Florestal e AERODATA, foi definida a área de estudo dentre os povoamentos de *Pinus spp.* Com a área de estudo definida, foi realizado o vôo para a captação dos dados multiespectrais.

Para tal, foi utilizada uma aeronave bimotor PIPER EMBRAER NAVAJO, que apresentava a característica de possuir dois furos em seu assoalho. Com isto, foi possível captar-se os dados com o sensor e simultaneamente tomar-se fotografias aéreas pancromáticas em faixas alternadas às do sensor.

O vôo foi realizado no dia 22/12/1992 entre as 11:24am e 12:23pm (horário de verão) a uma altitude média de 11.400 pés (3.762 m) e velocidade média de 130 nós (240 km/h). A área total sobrevoada foi de 64,5 Km<sup>2</sup>.

As fotografias foram obtidas com uma câmera aérea WILD RC-10, com distância focal de 153 mm, superposição longitudinal de 60% e lateral de 30%. Em função da altitude de vôo, calculada para atender às necessidades do sensor (dimensões do pixel e parâmetros internos), a escala média nominal das fotografias foi de 1:18.000. Foram executadas 2 faixas de vôo para a tomada das fotografias.

O sensor *CASI - Compact Airborne Spectrographic Imager* - utilizado para a coleta dos dados espectrais, foi desenvolvido pela empresa canadense *ITRES Research*. Suas características principais são mostradas na TABELA 2.



TABELA 2 - CARACTERÍSTICAS DO SENSOR AEROTRANSPORTÁVEL CASI

---

**TIPO** : Imageador Espectrográfico pushbroom com prisma de reflexão e um array CCD bidimensional

---

**IFOV** : 35° (amplitude) x 0.069 (along track)

---

**Campo Espectral** : 512 pixels transversais a linha de vôo, com resolução terrestre de 1 a 10 metros dependendo da altitude (a resolução ao longo de linha de vôo depende da razão de varredura e velocidade da nave)

---

**Resolução Espectral** : 288 pixels amostrais em intervalos de 1.8 m

---

**Sensibilidade** : 0.03  $\mu\text{w}/\text{cm}^2 - \text{sr} - \text{nm}$ ; 30 linhas/segundo em 575 nm

---

**Detector** : CCD resfriado termoeletricamente

---

**Razão de Varredura** : Até 100 linhas/segundo para uma só banda; aumentando o número de bandas diminui a razão de varredura; para 8 bandas a razão é de 20 linhas/segundo

---

**Amplitude Dinâmica** : 12 bits

---

**Gravação** : 2 GB ou 2 horas de capacidade por fita magnética

---

**Controle de operação** : Teclado e um display CRT colorido controlado por menu

---

**Modos de operação:**

- **Modo de Imageamento** : 512 pixels espaciais transversais à amplitude de 35°, (espacial) comprimentos de onda e largura das bandas programáveis (até 15 bandas)
  - **Modo Multiespectral** : 288 pixels espectrais para até 39 direções de visada transversais à amplitude de 35°, e um canal de recuperação de cena programável
  - **Modo de Cena Inteira** : 288 pixels espectrais e 512 pixels espaciais
- 

**Display em tempo real:**

- **Modo de Imageamento** : Display colorido ou preto e branco de uma banda (espacial) selecionada
  - **Modo Multiespectral** : Display colorido ou preto e branco para o canal de recuperação da cena; display de todo o espectro para qualquer uma das direções visadas
  - **Modo de Cena Inteira** : Mesmo do modo multiespectral
- 

**Peso** : 120 lbs (55 Kg)

---

**Voltagem** : 110 Volts; 2,5 amperes

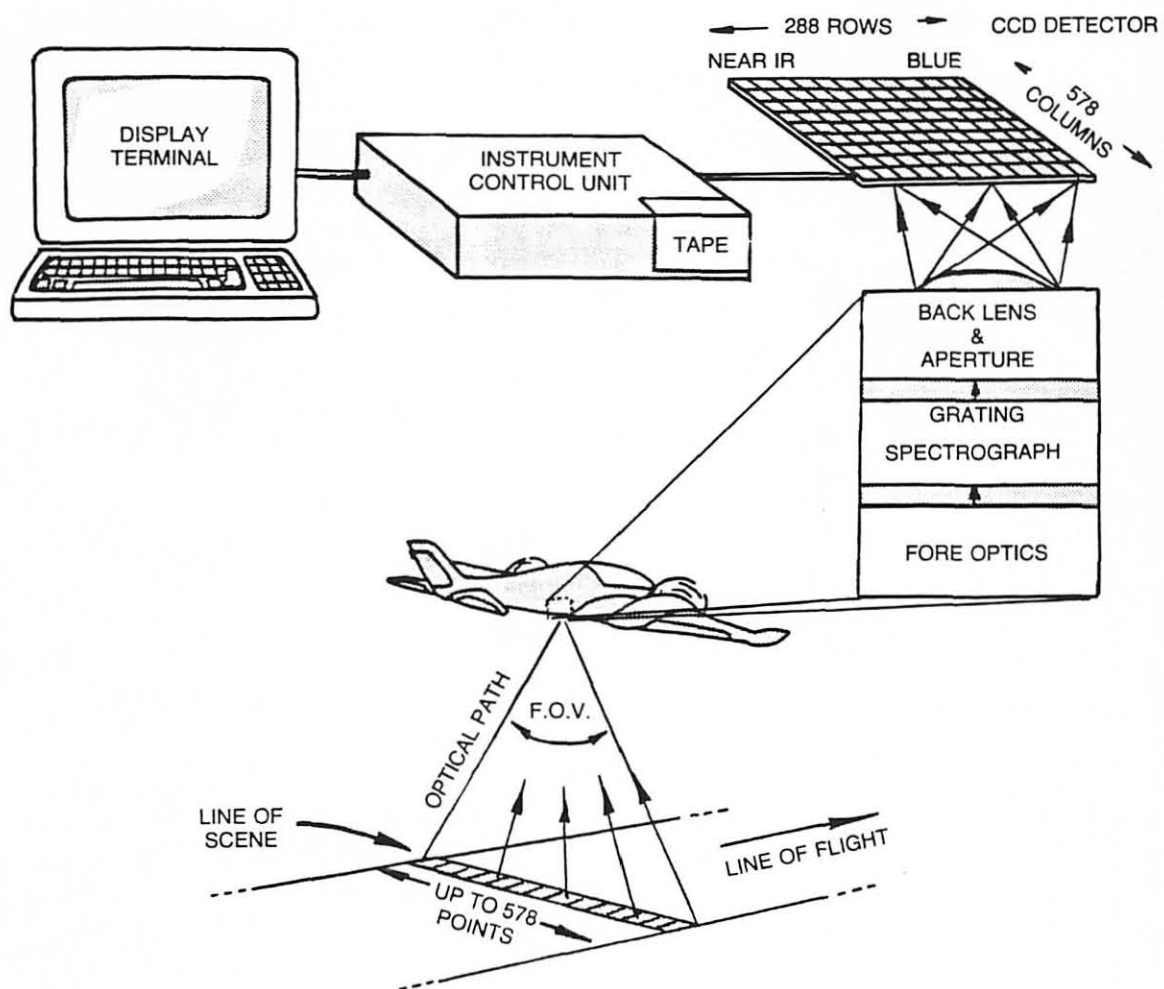
---

**Ambiente Térmico** : Operacional: 5° até 40° C / Não operacional: -20° até 60° C

---

A FIGURA 3 mostra esquematicamente o funcionamento do sensor CAS/.

FIGURA 3 - ESQUEMA DE FUNCIONAMENTO DO SENSOR CAS/



A FIGURA 4 mostra o sensor CAS/ montado em escritório para calibração e configuração. Na FIGURA 5 pode-se observar o sensor CAS/ instalado no avião e pronto para operação.

FIGURA 4 - SENSOR CAS/ EM FASE DE PREPARAÇÃO PARA VÔO

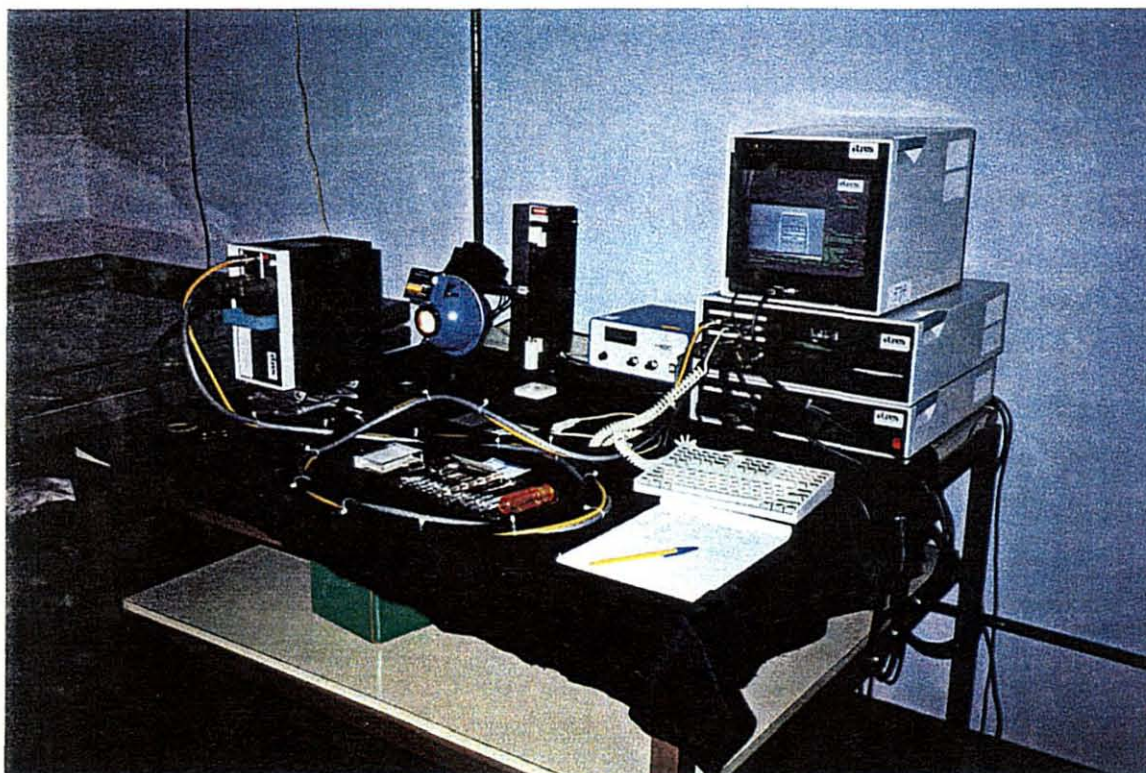
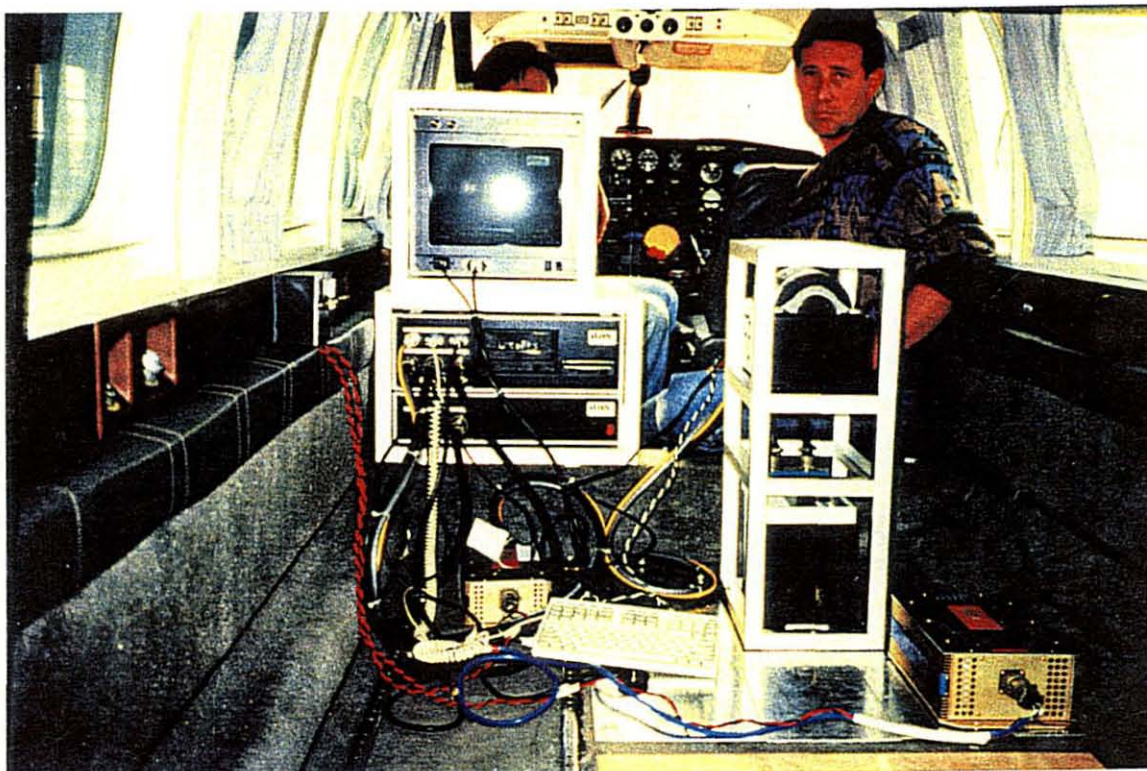


FIGURA 5 - SENSOR CAS/ INSTALADO NO AVIÃO



Juntamente com o sensor para captação das informações espectrais, foi instalado um giroscópio, capaz de armazenar as informações quanto ao rolamento da aeronave durante o voo, usadas posteriormente para corrigir os efeitos deste movimento na imagem captada.

Como material de apoio e orientação ao voo, foi utilizada carta topográfica do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), na escala 1:50.000, da área de Itararé, SP. Na carta foi delimitada a área a ser recoberta e posicionadas as faixas de voo, onde foram executadas 5 faixas.

A obtenção de dados com o sensor foi realizada de duas formas, de acordo com os modos de captação do equipamento:

- a) modo Espacial - voadas 5 faixas
- b) modo Espectral - voada 1 faixa

O modo espacial constituiu na coleta de dados em uma largura de 512 pixels. Como a dimensão do pixel no terreno foi de 3,5 x 3,5 m, a largura de cada faixa resultou em 1792 m. Para esta tarefa foram escolhidas 8 bandas (TABELA 3), buscando faixas dentro do espectro eletromagnético que melhor resultado pudessem oferecer às análises e processamento das imagens.

**TABELA 3 - CONJUNTO DAS BANDAS ESPECTRAIS UTILIZADAS PELO CAS/ NO MODO ESPACIAL.**

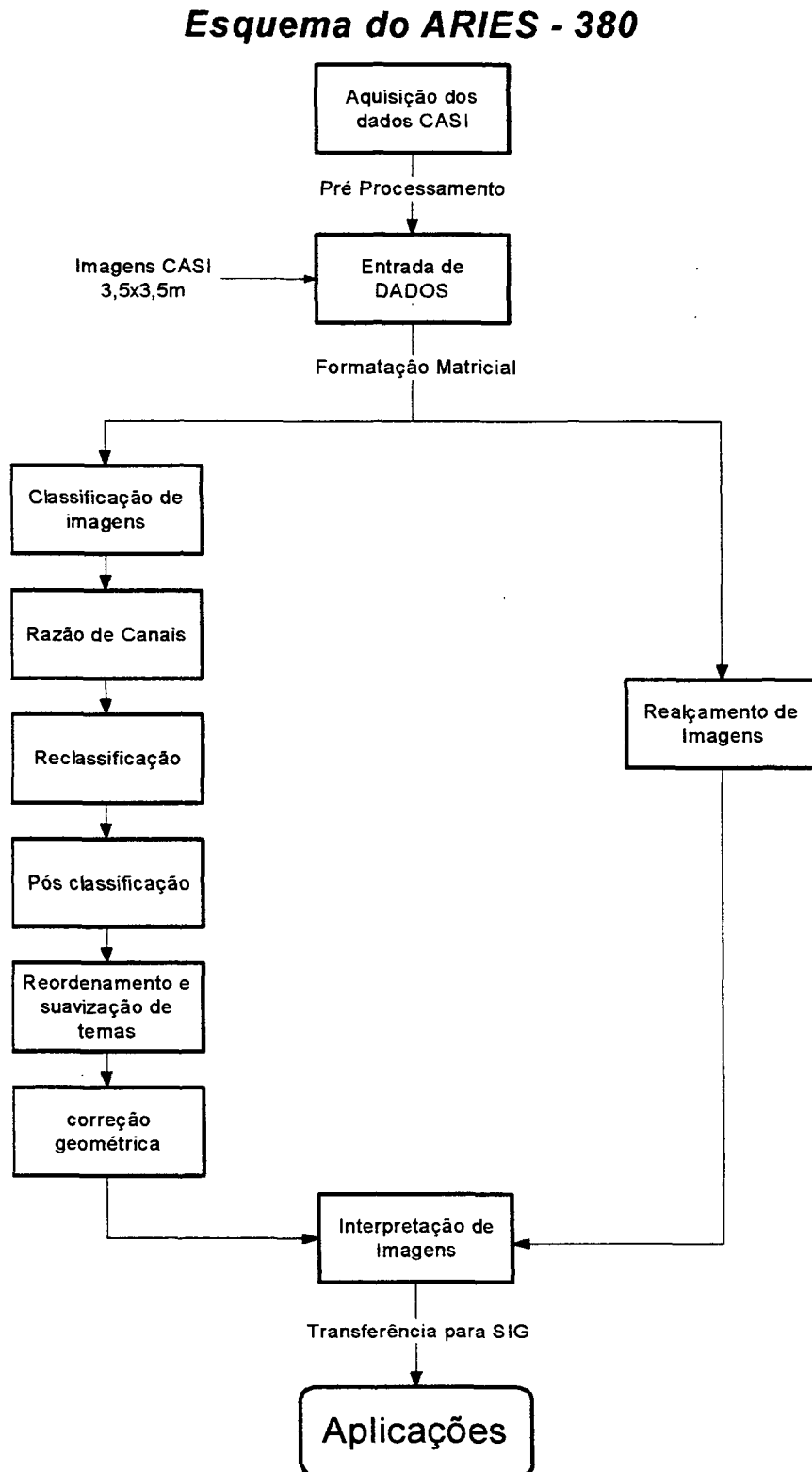
BANDA nº	CENTRO DA FAIXA (nm)	CAMPO DA FAIXA (nm)	LARGURA (nm)
1	480,35	468,9 - 491,8	22,9
2	544,85	541,3 - 548,4	7,1
3	594,55	591,0 - 598,1	7,1
4	673,20	671,4 - 675,0	3,6
5	705,50	703,7 - 707,3	3,6
6	730,70	728,9 - 732,5	3,6
7	741,40	739,6 - 743,2	3,6
8	779,30	777,5 - 781,1	3,6

### 3.3.2 Processamento, Correção e Classificação das Imagens Digitais CASI

Após a obtenção das imagens da área de estudo pelo CASI, foram realizadas as fases de pré-processamento e processamento propriamente dito. Na etapa de pré-processamento utilizou-se um computador PC 486/50 MHz/8Mb de RAM, com software específico (*Rollcor* da *ITRES Research*) para correções radiométricas e de rolamento da aeronave (*Roll Correction*), com transformação do formato BIP para o formato BSQ. As imagens foram então, convertidas para o formato VAX/VMS e transferidas para o sistema de tratamento e processamento de imagens ARIES-380, para as etapas de realçamento de imagens, classificações temáticas e geocorreção. A FIGURA 6 apresenta esquema ilustrativo das etapas desenvolvidas no sistema ARIES-380.



FIGURA 6 - ESQUEMA DAS ETAPAS DESENVOLVIDAS NO SISTEMA ARIES-380  
(Adaptado de BRAGA, 1995)



Devido a problemas de existência de nuvens durante o vôo, e conseqüente comprometimento da qualidade das imagens devidos às sombras, foram selecionadas apenas partes de imagens referentes à duas faixas de vôo da área de estudo, as quais foram processadas e classificadas.

Após as imagens selecionadas terem sofrido as pré-correções, foram submetidas a um sistema de realçamento pela técnica de componentes principais. A análise por componentes principais é uma técnica matemática que manipula os eixos de um dado conjunto de feições/imagens de forma a produzir um novo conjunto de feições os quais representam a maior variância para uma dada dimensão (banda). O objetivo desta técnica é reduzir o número de bandas requeridas para fornecer dada quantidade de informação, resultando em nova feição/imagem que mais efetivamente descreve o conjunto de dados. Proporciona a redução do número de bandas de imagens a serem inspecionadas visualmente e no auxílio da classificação de forma supervisionada, quando da escolha das áreas de treinamento (amostras de temas que se quer discriminar na imagem) e das assinaturas espectrais (distribuição gaussiana das tonalidades, 0-255, contidas nos pixels) das áreas de treinamento escolhidas (BRAGA, 1995).

Na fase de processamento, as cenas selecionadas foram submetidas às etapas de:

a) Classificação não-supervisionada

Nesta técnica, o analista tem pouco controle sobre a separação entre classes, não preocupando-se com a homogeneidade das amostras. O sistema ARIES-380 gera um histograma n-dimensional (n-bandas) da imagem (cena) e busca pelos locais denominados "picos máximos". Estes "picos", presentes no

histograma, representam tipos diferentes de superfície (reflectância), indicadores de possíveis classes. O sistema, em seguida, combina picos de máxima dentro de múltiplas classes (até 32) de paralelepípedos (bins), gera assinaturas gaussianas e executa a classificação de máxima verossimilhança. Um dos principais objetivos da construção do histograma n-dimensional, é reduzir o número de combinações para um valor operacional que produzirá os principais agrupamentos (clusters) de valores espectrais. Uma das vantagens desta técnica é que ela não requer do analista um conhecimento prévio da área de estudo, podendo sim auxiliar na classificação supervisionada na escolha das áreas de treinamento que definirão os temas em estudo (classes). Também, proporciona uma classificação completa da cena em tempo bem reduzido e com um mínimo de classes, quando comparado com a classificação supervisionada (BRAGA, 1995).

#### b) Classificação supervisionada

Uma vez definidas as áreas de treinamento, ou seja, polígonos de cada classe de interesse, foram geradas as assinaturas espectrais correspondentes e o sistema ARIES-380 generalizou os resultados para toda a área da imagem em análise (cena - faixa de vôo sobre a área de estudo), apresentando o resultado, de forma colorida, conforme o número de temas selecionados. O processo classifica todas as "cores" de cada área de treinamento em uma assinatura espectral.

Estas assinaturas são as bases pelas quais a imagem é classificada. Tão logo todas as áreas de treinamento e assinaturas espectrais foram obtidas da imagem em análise e salvas como arquivos sobre disco, o processo de classificação foi iniciado.



Existem vários métodos para classificação de imagens, mas o mais largamente utilizado devido a sua acuracidade e geral aplicabilidade é o da máxima verossimilhança. A classificação é feita pelo cálculo da média e desvio padrão dos valores dos pixels (tonalidades de 0 a 255) em cada área de treinamento para cada banda do conjunto de imagens. Então, o sistema pode comparar os valores digitais para cada pixel da cena contra estas estatísticas e determinar o pixel para a classe da qual ele mais se aproxima. Coletivamente, a média e o desvio (e as matrizes de variância-covariância) para cada área de treinamento são chamadas de uma assinatura espectral e devem ser diferentes das demais para evitar confusão na classificação. Para tanto, uma forma de contornar tal problema é incluir muitos canais (bandas) da mesma cena nas assinaturas estatísticas (BRAGA, 1995).

No trabalho em questão, realizou-se a classificação não supervisionada de duas cenas selecionadas para a análise, utilizando-se das 8 bandas espectrais do CASI, com resolução espacial de 3,5m x 3,5m. Tal classificação foi comparada, quanto aos seus resultados discriminatórios, com a classificação supervisionada, procurando definir qual das duas técnicas se aplicava melhor à área de estudo e mesmo para auxiliar na escolha mais adequada das áreas de treinamento a assinaturas espectrais da classificação supervisionada. A metodologia aplicada, neste caso, baseou-se nos dados de verdade terrestre (de campo), definidos pelos talhões de reflorestamento existentes.

A classificação final das cenas foi originada de uma classificação supervisionada. A classificação não supervisionada auxiliou visualmente na definição das áreas de treinamento usadas na classificação supervisionada.

### c) Razão de canais

Objetivando melhorar as classificações das cenas selecionadas, foram efetuadas razões entre canais (bandas) das imagens CASI. Além de razões simples entre canais, efetuou-se a chamada diferença normalizada do índice vegetativo (*Normalized Difference Vegetation Index - NDVI*), o qual infere sobre a condição vegetativa - níveis de clorofila - da vegetação (ARONOFF 1993), e é calculado como se segue:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED) , \text{ onde:}$$

NIR = reflectância na banda de comprimento de onda do infra vermelho próximo (0,721~1,10 nm);

RED = reflectância na banda de comprimento de onda do vermelho (0,58~0,68 nm).

Para a classificação final das cenas, foram utilizadas as bandas originais do sensor CASI, conjugadas com a diferença normalizada do índice vegetativo (*NDVI*).

### d) Correção geométrica

A função dos programas de correção geométrica é reorganizar os pixels da imagem em relação a determinado sistema de projeção cartográfica. A correção geométrica de uma imagem envolve dois passos. Primeiro, o registro da imagem usando pontos de controle. O segundo passo é para calcular os valores apropriados da intensidade (níveis de cinza) para os pixels no novo sistema de coordenadas, via caminho da reamostragem. A transformação de um sistema de coordenadas da imagem para outro requer duas etapas. A primeira define pontos comuns entre a imagem que irá ser reamostrada (*slave*) e a imagem que contém as coordenadas que se quer (*master*). Com os pontos comuns, um modelo matemático é construído para descrever a transformação. Tais modelos incluem equações de transformação polinomiais de 1ª, 2ª e 3ª ordens. Em outras palavras, para esta reformatação,

pontos de controle no terreno são necessários, os quais podem ser identificados facilmente numa base cartográfica precisa e compatível e na cena a ser corrigida geometricamente (BRAGA, 1995).

Para efetuar a correção geométrica das imagens classificadas neste trabalho, foi utilizado o método de registro de imagens, sendo a imagem *master* oriunda da área de estudo criada no SIG e incorporada na estação de tratamento de imagens, com coordenadas corretas e conhecidas.

Os pontos de controle foram localizados nas imagens (*slave*), por suas coordenadas  $x, y, e$ , na base (*master*) por suas coordenadas geográficas (latitude, longitude, UTM). A função que relaciona a posição do ponto  $x,y$  com a sua respectiva posição geográfica é determinada pelo método dos mínimos quadrados. O número de pontos de controle necessários está diretamente relacionado à precisão desejada para o processo e a sua localização precisa deve ser assegurada. Aqueles pontos em que determinado processo apresentaram desvios elevados em relação ao modelo de geocorreção estabelecido (polinômios) pelo sistema, foram eliminados, reamostrados e o processo reiniciado até ajustamento adequado.

Neste estudo, o método utilizado para a reamostragem dos valores dos pixels, foi a interpolação bilinear, onde o valor do nível de cinza a ser atribuído ao pixel corrigido ( $z$ ) é determinado a partir do valor dos 4 pixels vizinhos. Possui alta precisão geométrica, entretanto requer maior número de cálculos para determinar o valor de cada pixel da imagem corrigida. Altera o valor original dos níveis de cinza (contraste).

### 3.3.3 Coleta de Dados Alfanuméricos

A primeira etapa para a formação do banco de dados, foi a obtenção das informações relativas aos talhões que estavam inseridos na área de estudo.

A partir do Cadastro de Talhões e Cadastro Florestal da empresa, as informações obtidas foram: nome do projeto, nº do talhão, estrato, espécie, data do plantio (mês e ano), área do talhão (em ha), nº de parcela permanente se existente no talhão, altura dominante do estrato, altura dominante da parcela quando existente no talhão, índice de sítio do estrato, índice de sítio da parcela quando existente no talhão e nº de desbastes realizados no talhão.

Os dados obtidos foram organizados e armazenados em arquivos padrão DBF; para posterior incorporação ao SIG.

Estas informações balizaram a coleta de dados em campo, de modo a abranger todos os estratos presentes na área de estudo.

#### 3.3.4 Coleta de Dados em Campo

Com o objetivo de estudar a correlação existente entre a verdade terrestre e as imagens obtidas com o sensor CASI, foram coletados dados em campo, no período de 18/10 a 27/10/1993.

Foram medidas 48 parcelas de inventário florestal pré-corte, locadas de modo a abranger todos os estratos presentes na área de estudo. O procedimento de alocação e medição das parcelas foi o mesmo utilizado operacionalmente pela empresa, sendo medidos todos os DAPs (Diâmetros à Altura do Peito) das árvores contidas na parcela, as alturas das árvores de 2 linhas de plantio e ainda as alturas das árvores dominantes. As dimensões das parcelas eram definidas observando-se um número constante de linhas de plantio.

Os dados das fichas de campo foram processados imediatamente após a sua coleta, usando-se um sistema de processamento próprio da PISA Florestal. Foram então geradas as informações do levantamento dendrométrico, do qual utilizou-se posteriormente os dados de DAP médio, altura total média, área transversal média,

volumes em  $m^3$  e estéreo (st) para a árvore média; e volumes em  $m^3$  e estéreo (st), área basal e número de árvores por hectare.

Os dados gerados nesta fase foram correlacionados geograficamente com seus respectivos talhões e posteriormente incorporados ao SIG.

### 3.3.5 Aquisição e Transferência da Base Cartográfica Digital - Criação da Área de Estudo no SIG

A PISA Florestal vem utilizando, desde 1989, a base cartográfica em meio magnético, oriunda da restituição digital do vôo aerofotogramétrico realizado naquele ano. Para o desenvolvimento do projeto piloto (mencionado no item 3.2), foi fornecida uma cópia desta base, relativa à área de estudo em questão. Este arquivo único, em formato sequencial, incorporou 12 níveis de informação: estrada pavimentada, torres, limite de projetos, limite de talhões, toponímia de talhões, linha auxiliar de talhões, setas de ligação de talhões, leiras, lagos/açudes, curvas mestras, curvas intermediárias e pontos cotados. O arquivo, após modificações, foi o ponto inicial para a formação da área de estudo no Sistema de Informações Geográficas.

Os níveis gráficos da PISA, originalmente restituídos/digitalizados em padrão CAD e separados a nível de projetos florestais, foram editados e agrupados em um único arquivo de trabalho, que formou a base para a área de estudo. Utilizando um recurso do próprio *software*, os níveis de informação contidos no arquivo foram transformados para o formato sequencial, que é amplamente compatível com outros *softwares* e sistemas.

Por meio de disquetes o arquivo foi transferido para o equipamento da AERODATA. Com o objetivo de preparar o arquivo para incorporação no *GIS SPANS*, os diferentes níveis de informação foram transformados para o formato

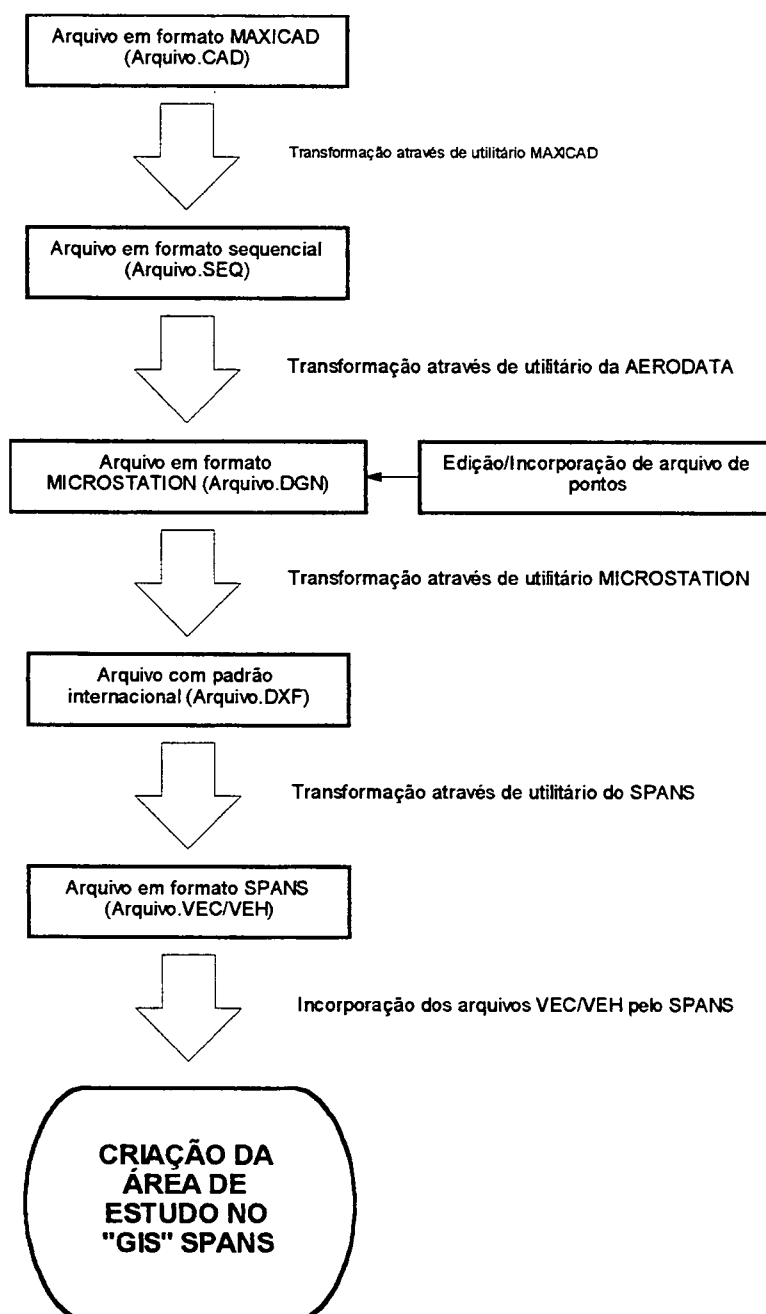
DGN, compatível com o software *MICROSTATION*, através de programas desenvolvidos pela AERODATA.

Utilizando o *CAD (Computer Aided Design) MICROSTATION* versão 3.0, em computador PC 386/33 MHZ, 4Mb de RAM, o arquivo foi editado e preparado para incorporação no *GIS SPANS*. A fase de edição foi exaustiva porém necessária, uma vez que um arquivo a ser incorporado ao *SPANS* deve estar isento de problemas tais como arcos duplicados, cruzamento de arcos, polígonos não fechados e entidades não reconhecíveis pelo sistema. Foram adicionados ao arquivo em edição os pontos (centróides) que funcionaram como ligação (chaves de acesso) entre o banco de dados alfanumérico e as entidades geográficas. Estabeleceu-se que a unidade mínima de manejo das informações seriam os talhões, portanto, todas as informações foram relacionadas a nível destas unidades. Para efetivar esta relação, foi posicionado um ponto (centróide) contendo um valor numérico (nível) diferente para cada talhão. Se um mesmo talhão fosse constituído por dois ou mais polígonos fechados, em cada um destes polígonos era locado um ponto de mesmo valor, que identificava como um mesmo talhão todas as suas frações. Também foram inseridos pontos nos níveis de informação de lagos/açudes e leiras, sendo que todos os pontos de um mesmo nível de informação continham o mesmo valor numérico.

Ao final desta fase de depuração e adição de centróides, o arquivo foi transformado para o formato DXF, utilizando-se uma rotina do *CAD MICROSTATION*. No formato DXF, cada nível de informação do arquivo de trabalho foi transferido para o utilitário *VECMENU* do Sistema *GIS SPANS*, o qual promoveu a transformação para o formato *VEC/VEH*. Este último é o formato aceito e incorporado pelo *GIS SPANS*.

Resumidamente, o processo de transformação e incorporação do arquivo original até o SIG pode ser visualizado na FIGURA 7.

FIGURA 7 - PROCESSO DE TRANSFORMAÇÃO E INCORPORAÇÃO DO ARQUIVO ORIGINAL ATÉ O SIG



Ao final do processo, foram importados para o *GIS SPANS* os níveis de informação: estrada pavimentada, limite de projeto, limite de talhão, leiras, rios e lagos/açudes e os arquivos de pontos (centróides) para a ligação com o banco de dados.

### 3.4 UTILIZAÇÃO DO SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

#### 3.4.1 SPANS - SPATIAL ANALYSIS SYSTEM

Na realização do presente trabalho, foi utilizado o *software GIS SPANS*, (*Spatial Analysis System*), versão 5.2, operando sobre sistema operacional OS/2 (IBM). O *hardware* usado foi um computador PC - 486 / 50 MHZ / 250 Mb de memória em disco, 8 Mb de RAM.

O *software SPANS GIS*, desenvolvido primeiramente para ser utilizado em computadores pessoais sob sistema operacional DOS, hoje é compatível tanto em computadores pessoais como em *WORKSTATION* e sob sistema operacional OS/2 e AIX (UNIX).

Atualmente o *SPANS* é composto por 3 módulos, os quais efetivam as integrações do SIG :

- a) Módulo de Dados, onde os componentes do banco de dados do SIG são organizados e armazenados;
- b) Módulo de Análises, que consiste de um arranjo de processos e operações aplicáveis aos dados, provendo resultados requisitados pelo usuário;
- c) Módulo de Visualização, responsável pela maneira pela qual as informações são apresentadas ao usuário.

Considerando a maneira como os componentes geográficos são construídos e armazenados na base de dados do *SPANS*, existe uma variedade de funções disponíveis, que incluem as operações vinculadas à digitalização de mapas e importação de dados já disponíveis em forma digital; e ainda funções de transformação de projeções, registro geométrico e edição de dados.

Em relação à estrutura e representação de dados espaciais, o *SPANS* oferece funções de manipulação e análise de dados vetoriais e raster. Entretanto



basicamente todas as suas operações analíticas são processadas com a estrutura *quadtree*.

Existem quatro classes principais de capacidade analítica no *software*, que são: transformação, análise, identificação e modelagem. Tais funções são altamente eficientes e especializadas, assim como a visualização de elementos geográficos possui um alto grau de definição.

Além dos três módulos principais, o *SPANS* é composto por 19 sub-módulos, relacionados a seguir:

*Spans Map* (apresentação de mapas);

*GIS Builder I e II* (módulos básicos do sistema);

*Digitizing* (digitalização);

*Data Translation* (importação e exportação de dados);

*3D View* (visualização tridimensional);

*Contouring* (interpolação de iso-curvas);

*Surface Generator* (gerador de superfícies);

*Point Aggregation* (agregação de pontos);

*Neighborhood Analysis* (análise de vizinhança);

*Network Analysis* (análise de redes);

*Topological Analysis* (análise topológica);

*Visibility Analysis* (análise de visibilidade);

*Interaction Modeling* (modelagem de interação);

*Multicriteria Modeling* ("overlay" indexado);

*Map Modeling I* (modelagem espacial);

*Map Modeling II* (modelagem de atributos);

*Point Modeling* (modelagem de pontos);

*Application Developer Program* (customização de interfaces de aplicações específicas de instalação).

O sub-módulo *BUILDER* contém todas as capacidades básicas de visualização, questionamento, sobreposição simples e análise; os quais são apoiados e complementados pelos demais sub-módulos especializados.

Com a interação dos módulos e sub-módulos do sistema, é possível promover a aquisição e exportação de dados; construção e edição do banco de dados; transformação, análise, visualização, questionamento e modelagem de dados.

### 3.4.2 Desenvolvimento da Área de Estudo no Ambiente do SIG

Uma vez editado e transformado o arquivo original, foi iniciado o processamento deste no ambiente *GIS SPANS*. A primeira etapa neste processo constituiu-se na importação dos vetores do arquivo e criação do “universo” da Área de estudo.

A partir dos vetores foram criados polígonos e a partir destes, os mapas. Com a importação do arquivo de pontos, inserido na fase de edição, criou-se uma tabela contendo as informações relativas a cada talhão. Reclassificando-se o mapa original criado, foi gerado o mapa dos talhões (a relação e numeração dos talhões encontra-se no ANEXO 12). A partir deste mapa puderam ser criados os mapas base e de projetos florestais.

Adicionando-se as informações obtidas do Cadastro Florestal à tabela de pontos original, e reclassificando-se o mapa de talhões a partir desta nova tabela, foram criados mapas temáticos de espécies plantadas, data de plantio, estrato, altura dominante do estrato, sítio do estrato, número de desbastes.

Utilizando-se os dados do levantamento dendrométrico obtido a partir do levantamento de campo, foi gerado um arquivo de formato padrão de banco de dados. Este arquivo relacionou os dados coletados em campo aos estratos, e com

sua incorporação ao *GIS SPANS* foram adicionados ao banco de dados da área de estudo as informações de DAP, altura, área transversal, volume  $m^3$  e estéreo (st) para árvore média e volume  $m^3$  e estéreo (st), área basal e número de árvores para valores por hectare.

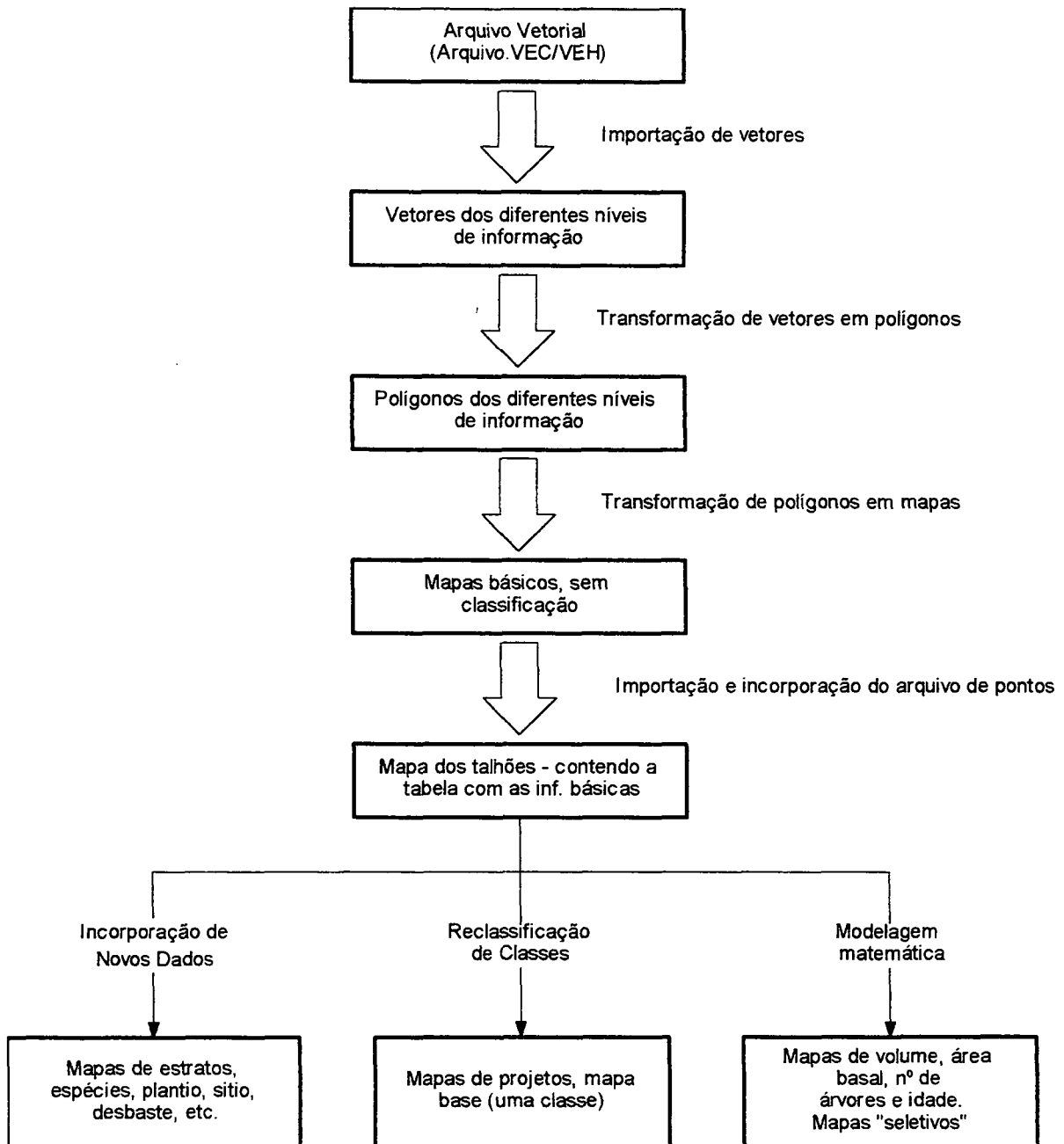
A etapa seguinte foi a manipulação dos dados do levantamento dendrométrico através do módulo Modelagem de Atributos. Este módulo assegurou uma ampla variedade de recursos para manipulação das tabelas de atributos associadas aos mapas temáticos. Constituiu em criar novas colunas de atributos a partir das tabelas existentes, mediante operações matemáticas programadas através de uma linguagem similar à da criação de modelos espaciais, mas que conta com um conjunto de funções diferenciadas. Utilizando-se as novas colunas, foram criados mapas de volume, área basal e número de árvores por unidade de área.

As tabelas criadas relacionaram os dados dos estratos aos talhões. Com isso, foram criados mapas de volume do talhão ( $m^3$ ), área basal do talhão ( $m^2$ ) e número de árvores do talhão.

Mediante modelos matemáticos seletivos ou restritivos, foram gerados mapas contendo talhões que cumpriam as restrições impostas ao modelo. Por exemplo, determinou-se como restrição uma idade máxima e um volume mínimo por unidade de área. A tabela resultante foi a precursora do mapa que continha apenas os talhões que satisfaziam as condições.

Esquemáticamente, a produção de mapas pelo *GIS SPANS* a partir de arquivos vetoriais e de tabelas de dados, pode ser visualizada na FIGURA 8.

FIGURA 8 - PRODUÇÃO DE MAPAS PELO GIS SPANS



Os dados altimétricos foram introduzidos no Sistema na forma de arquivos de pontos. Com o auxílio de programas da AERODATA, os níveis de informação do arquivo sequencial original contendo as curvas mestras e secundárias, foram transformados em arquivos de pontos formado pelas coordenadas X, Y e altitude Z.

O arquivo pontual foi processado pelo método de interpolação de curvas de isovalor, gerando mapas temáticos a partir de amostras de pontos, valendo-se de uma rede irregular de triângulos (*Triangulated Irregular Network - TIN*). Ou seja, sendo dado um conjunto de pontos (X, Y, Z), o módulo constrói uma rede de triângulos tomando-os como vértices e a seguir interpola iso-curvas usando métodos lineares ou não lineares (ARONOFF, 1993). A superfície descrita pelas iso-curvas é o mapa resultante e indica o comportamento espacial da variável Z (altitude). A técnica foi empregada para a geração do modelo digital de terreno (DTM) para a área de estudo, onde os valores da amostra de pontos original descrevem uma superfície real. O módulo foi utilizado também para a geração do mapa de declividade do terreno.

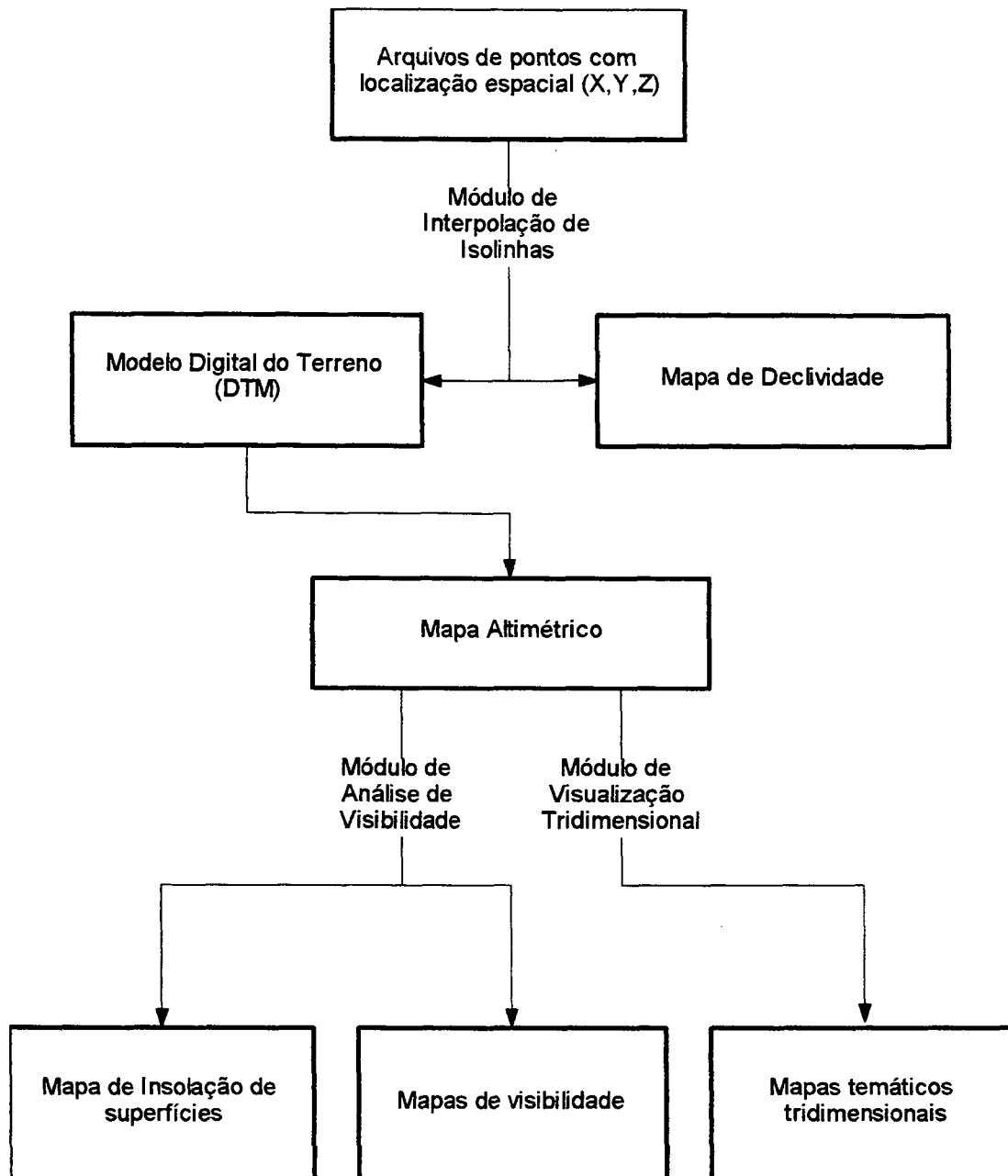
Com base no modelo digital de elevação, o módulo de análise de Visibilidade gerou um mapa das localizações visíveis e não visíveis, sendo dado como ponto de observação uma torre existente na área de estudo, e uma determinada linha de visada. Para as áreas não visíveis foi gerado também um mapa indicativo das distâncias entre o terreno e a linha de visada. Outra possibilidade do módulo é a produção de um mapa demonstrativo dos ângulos de incidência solar em relação à superfície do terreno.

Utilizando o Módulo de Visualização Tridimensional, puderam ser sobrepostos ao modelo digital de elevação diferentes mapas temáticos, criando

visualizações realistas da área de estudo em três dimensões. O módulo proporciona a manipulação interativa dos parâmetros de controle geométrico do modelo, tais como fator de exagero vertical e ângulo de perspectiva visual.

Em forma de fluxograma, a utilização do arquivo de pontos altimétricos para a geração de mapas temáticos e visualizações, pode ser resumido conforme a FIGURA 9.

FIGURA 9 - UTILIZAÇÃO DO ARQUIVO DE PONTOS ALTIMÉTRICOS



A etapa seguinte no desenvolvimento do trabalho dentro do ambiente *GIS SPANS* foi o cruzamento de mapas temáticos, através de módulos de *Overlay*, gerando mapas que conjugam diferentes informações. Como exemplo pode ser citado o cruzamento entre os mapas de classes de sítio e volume do talhão.

Outro recurso utilizado foi a geração de relatórios a partir dos mapas criados. Puderam ser gerados relatórios das áreas das classes que compõem um mapa, ou relatórios provenientes do cruzamento de dois mapas temáticos.

Através do comando "*query*", foram possíveis consultas em tempo real e simultâneas a inúmeros planos temáticos. Foram selecionados determinados mapas temáticos, e movendo-se o cursor sobre o mapa as informações inerentes aos temas selecionados eram visualizadas em tempo real.

Para a produção de mapas em papel, foram gerados arquivos do tipo HPGL, que podem ser executados em diferentes *plotters*. Os arquivos HPGL foram posteriormente transformados em "*slides*" para incorporação e apresentação final do trabalho.



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 PESQUISA PRELIMINAR

Como resultados do questionário enviado à empresas do setor florestal, obteve-se:

a) Todas as empresas são de opinião que os SIG são ferramentas úteis ao controle e planejamento das atividades florestais;

b) todas as empresas já procuraram ou estavam buscando esclarecimento a respeito de Geoprocessamento e SIG;

c) destas, 28,6% já possuíam um SIG, 21,4% estavam desenvolvendo um SIG e 50% pretendiam implementar um SIG;

d) o SIG é ou seria utilizado nas seguintes atividades, com o respectivo percentual de indicação:

Planejamento de plantio - 85,7%

Construção de malha viária - 85,7%

Sistemas de manejo - 57,1%

Planejamento de corte - 92,9%

Planejamento de desbaste - 50,0%

Inventário florestal - 78,6%

Otimização de rotas - 64,3%

Proteção florestal - 64,3%

Auxílio na tomada de decisões - 100,0%

Atualização de mapas - 92,9%

Monitoramento de pragas - 50,0%

e) além destas, foram citadas ainda: determinação de uso de solo, criação de unidades de manejo, monitoramento de animais silvestres, monitoramento

ambiental, mapeamento de classes de produtividade, plano de orçamento (agregando todas atividades), monitoramento de patrimônio, atividades silviculturais, produção de madeira e legislação florestal;

f) é importante salientar que 100% das empresas relacionadas consideram que o SIG é uma ferramenta importante no processo de tomada de decisão, o que evidencia a importância deste Sistema no planejamento global das atividades;

g) em relação ao equipamento (*hardware*), foram citados: PC Pentium, PC 486 (57,1%), Workstation HP 705, Workstation IBM Risc 6000, Decstation 5000/200, Interpro 2700 Intergraph, Plotter de pena, Plotter jato de tinta, Plotter eletrostática, impressoras matriciais, laser e jato de tinta, mesas digitalizadoras A0, A1, A3; e outros como monitores de 20", *notebook* e aparelhos de GPS.

h) os *software* de SIG ou CAD mencionados foram:

CAD Topograph - 21,4%  
ARC INFO - 28,6%  
MicroStation MGE - 28,6%  
MicroStation CAD - 14,2%  
Maxicad - 21,4%  
DB Mapa - 14,2%  
PFinder - 7,1%  
PC1 - 7,1%  
MGGA - 7,1%

i) como fonte de dados e informações para alimentar o SIG foram relacionados:

Restituição analógica - 71,4%  
Restituição digital - 57,1%  
Sensoriamento Remoto - 14,2%  
Banco de dados alfa-numérico - 85,7%  
GPS - 7,1%

j) das empresas consultadas, 42,9% possuem base cartográfica digital, 35,7% não possuem e 21,4% utiliza digitalização de mapas;

k) pessoal especializado na área de Geoprocessamento / SIG está presente em 64,3% das empresas consultadas;

l) das empresas consultadas, 7,1% considera importante dispor de pessoal especializado nesta área de atuação, 14,2% considera viável a contratação de trabalhos de consultoria especializada e 78,7% considera ambas as possibilidades para desenvolver ou implementar um SIG;

m) para 92,9 % das empresas consultadas, existem poucos ou estão surgindo profissionais do Setor Florestal especializados em Geoprocessamento / SIG;

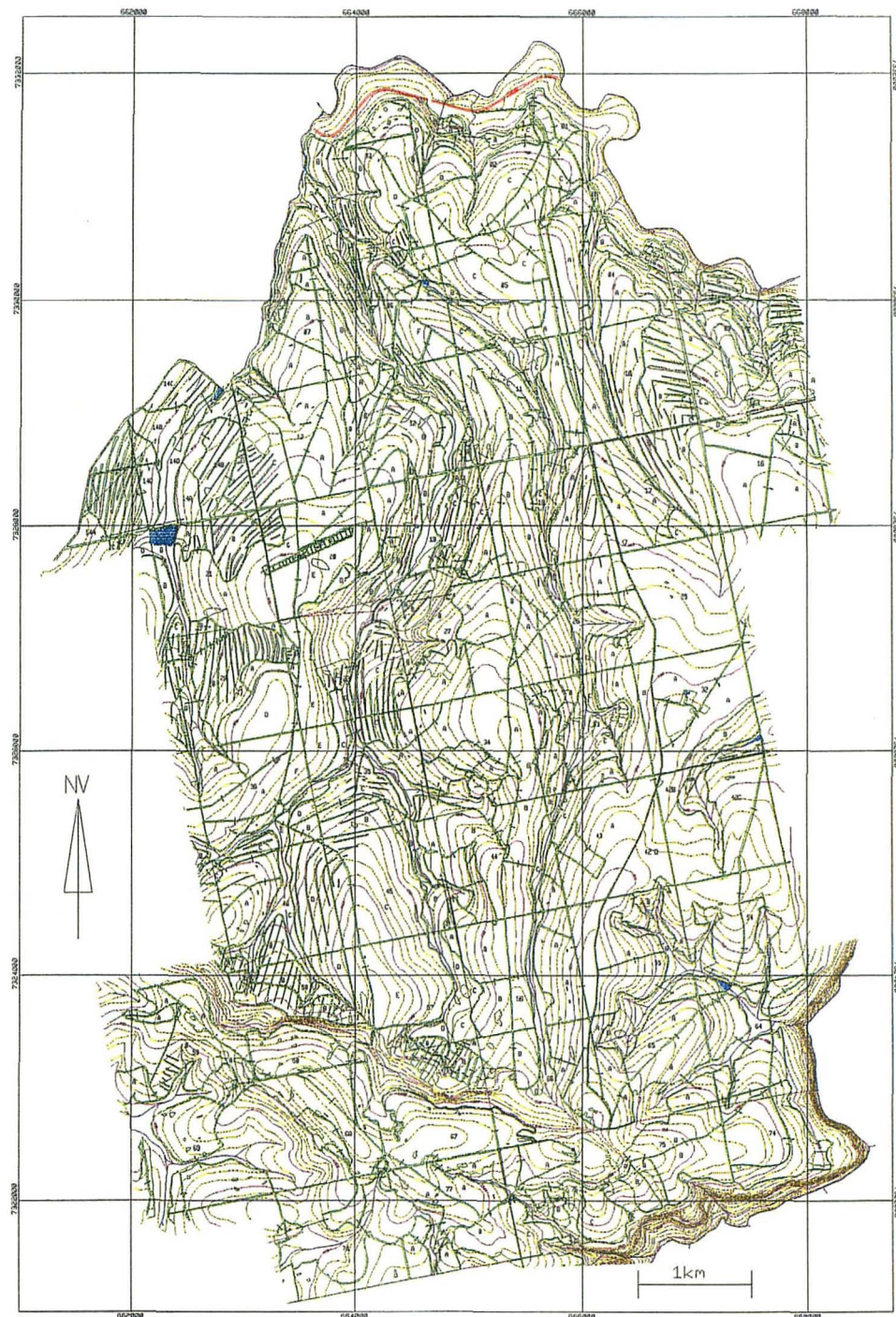
n) para 92,9 % das empresas consultadas, os SIG serão imprescindíveis nas atividades de planejamento, controle e otimização de uma empresa de base florestal.

o) os comentários a respeito da tecnologia em questão citam que se trata de uma ferramenta poderosa, que viabiliza resultados de difícil obtenção pelos métodos convencionais. Possibilita simulação, atualização e obtenção de mapas temáticos e enfatizam que a tecnologia, apesar de nova no Brasil, é fundamental nas áreas de planejamento e controle, oferecendo maior segurança na tomada de decisões.

## 4.2 TRANSFERÊNCIA DA BASE CARTOGRÁFICA DIGITAL

A partir de um arquivo original em formato CAD (FIGURA 10) e através de transformações e edição, foi possível migrar para o SIG utilizado - *GIS SPANS* - os dados planimétricos de 6 níveis de informação, os quais eram de interesse: estradas pavimentadas, limites de projetos, limites de talhões, leiras, rios e lagos e açudes.

FIGURA 10 - ÁREA DE ESTUDO NO FORMATO ORIGINAL



Não existiu a necessidade de digitalização manual destes níveis, somente uma fase de edição e adição de pontos (centróides) aos talhões foi requerida, a fim de adequar o arquivo para sua incorporação no SIG, e relacioná-lo com o banco de dados alfanumérico.

As informações altimétricas, originalmente contidas em níveis de informação no formato vetorial (as informações altimétricas em formato de vetores aparecem na FIGURA 10), foram editadas e incorporadas ao Sistema na forma de arquivo de pontos. Tais pontos continham as informações de latitude, longitude e altitude necessárias para a posterior criação de mapas temáticos.

#### 4.3 INCORPORAÇÃO DO BANCO DE DADOS ALFANUMÉRICO

Os arquivos de dados alfanuméricos, em formato DBF, foram incorporados integralmente ao Sistema, na forma de tabelas de dados. O ANEXO 1 mostra o cabeçalho da tabela para a entrada dos dados alfanuméricos no Sistema.

Com a adição de uma nova coluna à tabela original, contendo valores numéricos iguais aos do arquivo de pontos (centróides) inseridos nos talhões, foi executada a ligação entre as informações espaciais e alfanuméricas.

## 4.4 MAPAS TEMÁTICOS GERADOS

### 4.4.1 Informações Planimétricas

Com o banco de dados alfanumérico correlacionado à base cartográfica, foi possível a produção de mapas temáticos planimétricos. A partir do processo de reclassificação, que consiste em agrupar classes distintas, foram produzidos mapa da área de estudo (FIGURA 11), onde são observados também os vetores de limites de talhões; mapa de talhões (FIGURA 12), mapa dos estratos (FIGURA 13) e mapa dos projetos florestais presentes na área de estudo (FIGURA 14). Os projetos florestais são as unidades de planejamento e administração florestal da empresa.

Os mapas da área de estudo, talhões e estratos não apresentam legenda, objetivando apenas demonstrar as possibilidades do sistema na tarefa de agrupamento de classes de informação. Os espaços em branco presentes nos mapas correspondem à áreas sem plantio no interior dos projetos, compostas de mata nativa, capoeira, afloramento rochoso e banhados.



FIGURA 11 - MAPA PLANIMÉTRICO - ÁREA DE ESTUDO

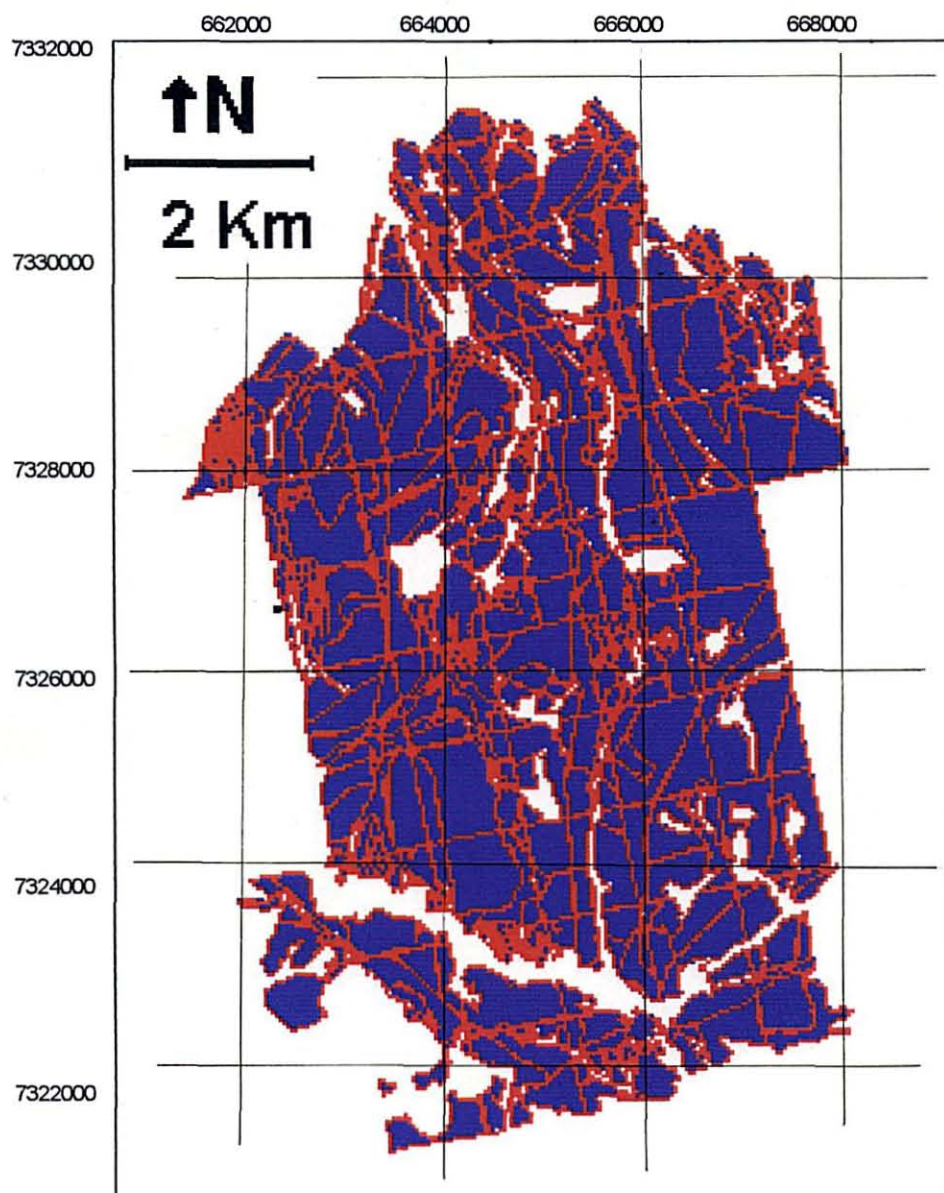




FIGURA 12 - MAPA PLANIMÉTRICO - TALHÕES

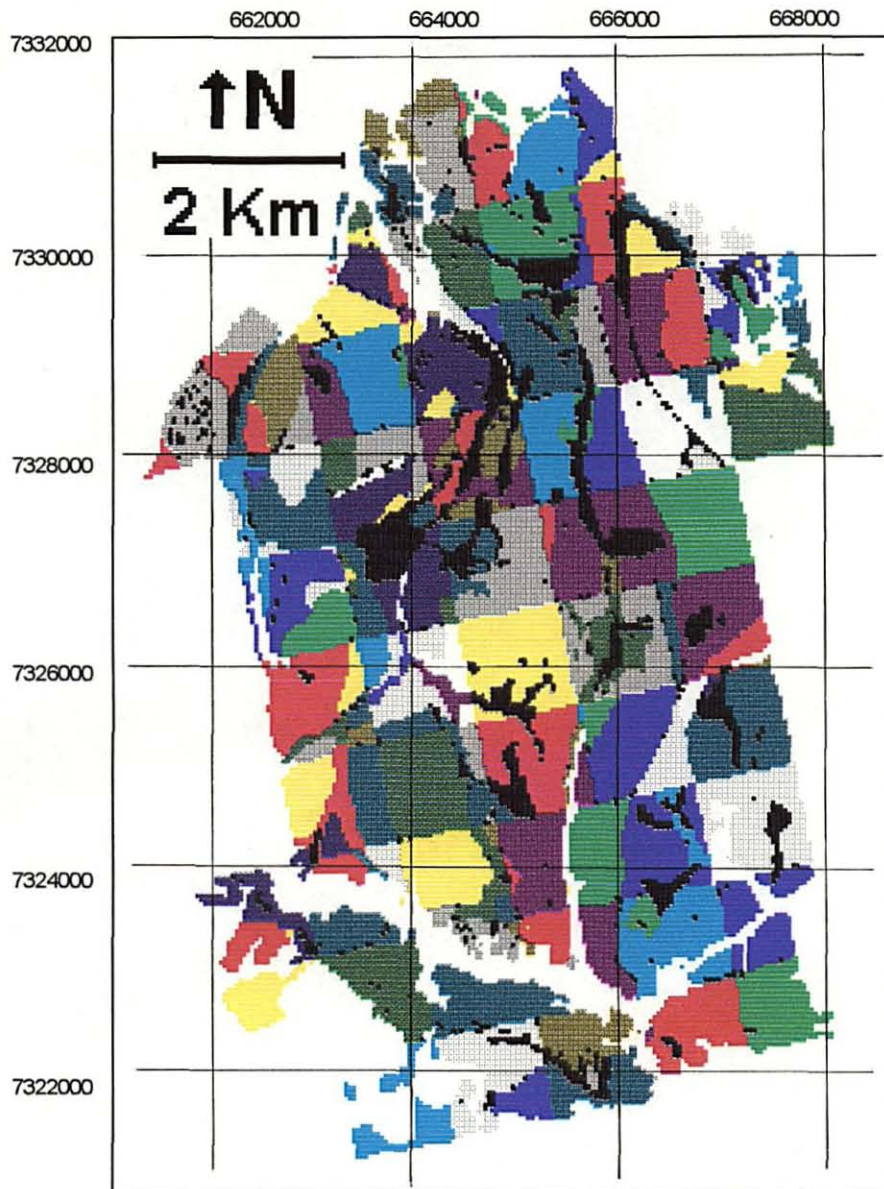


FIGURA 13 - MAPA PLANIMÉTRICO - ESTRATOS

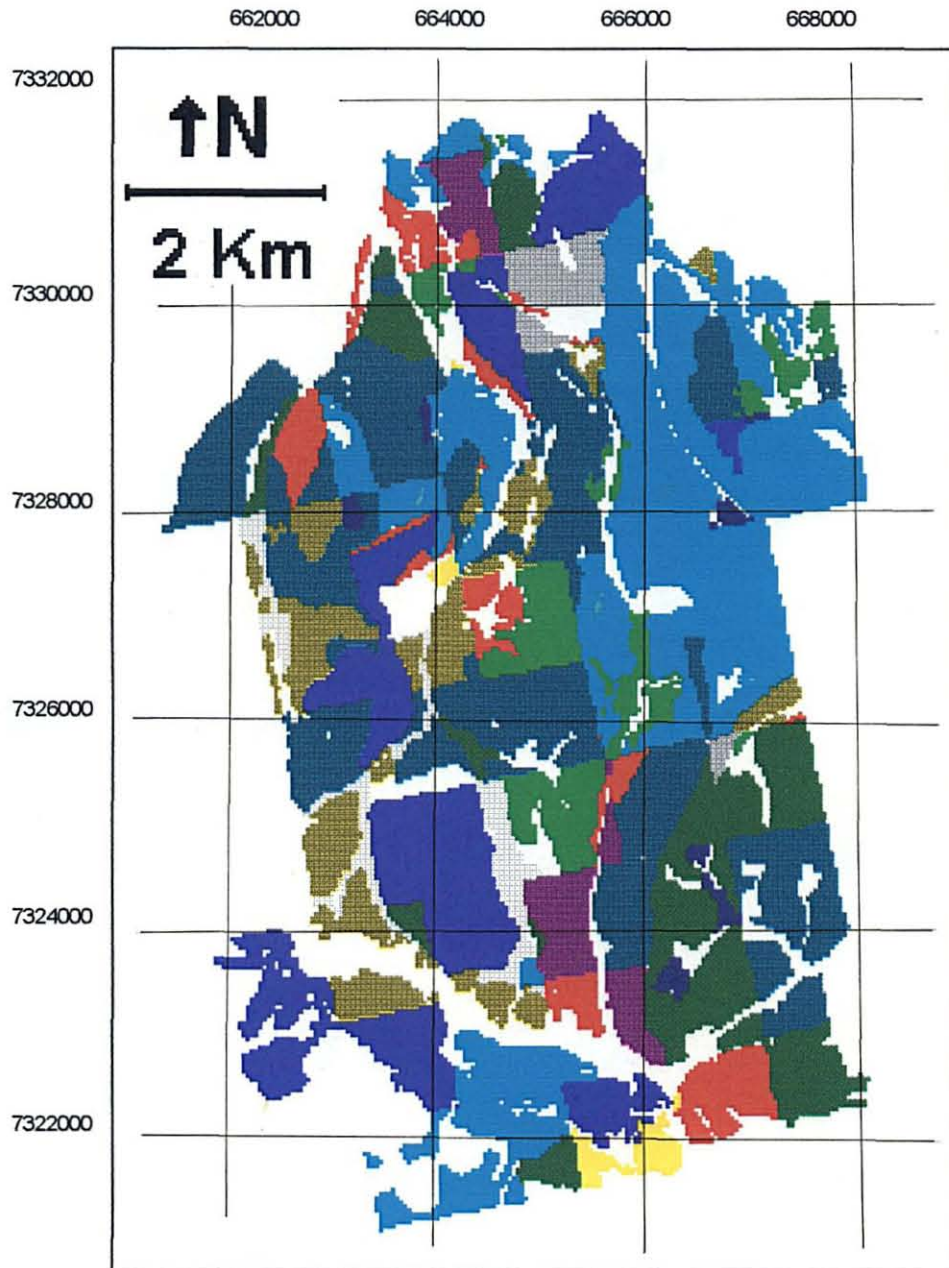
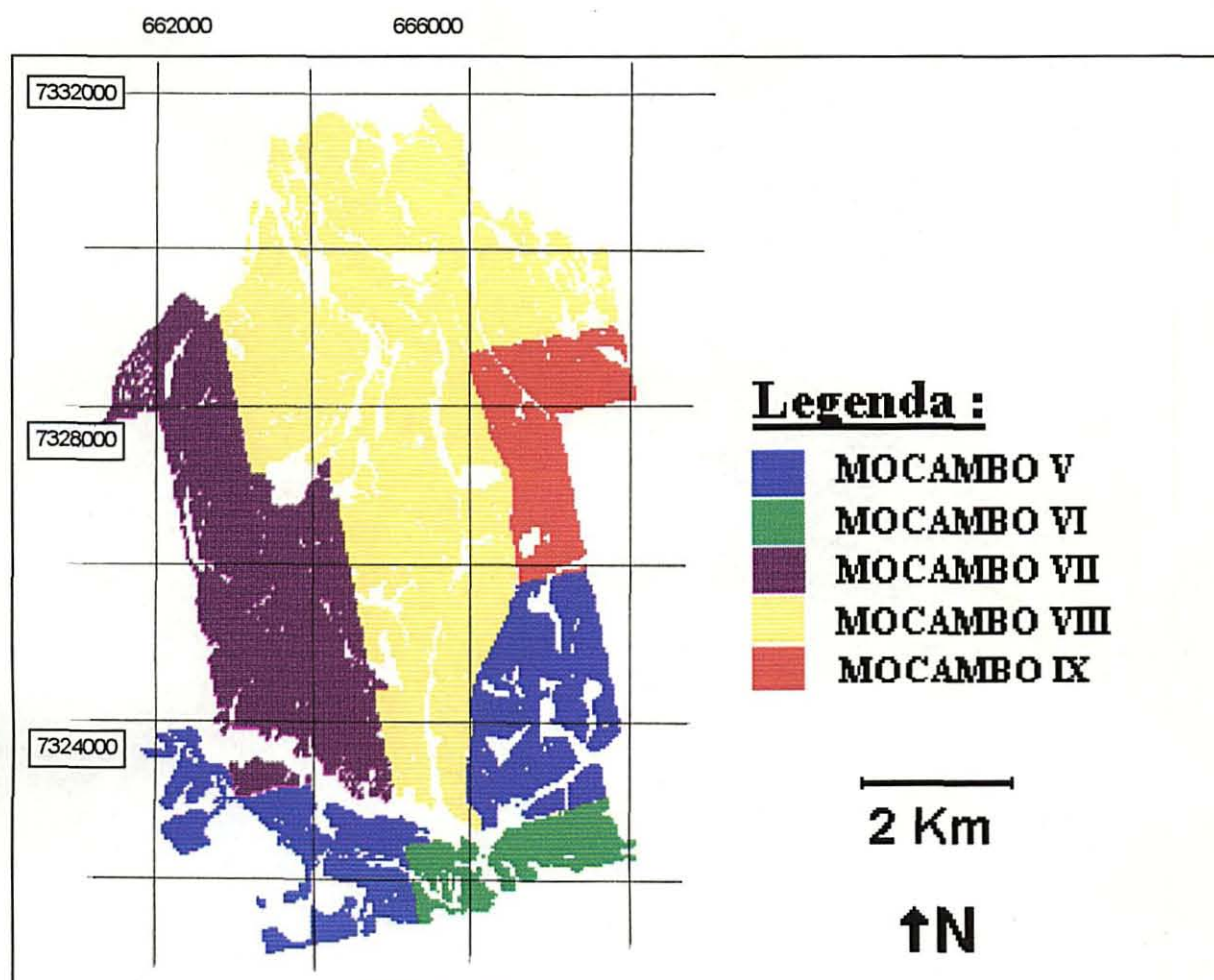


FIGURA 14 - MAPA PLANIMÉTRICO - PROJETOS FLORESTAIS



O mapa de classificação por espécie é mostrado na FIGURA 15 e a hidrografia (vetores) da Área de estudo é visualizada na FIGURA 16.



FIGURA 15 - MAPA PLANIMÉTRICO - ESPÉCIES

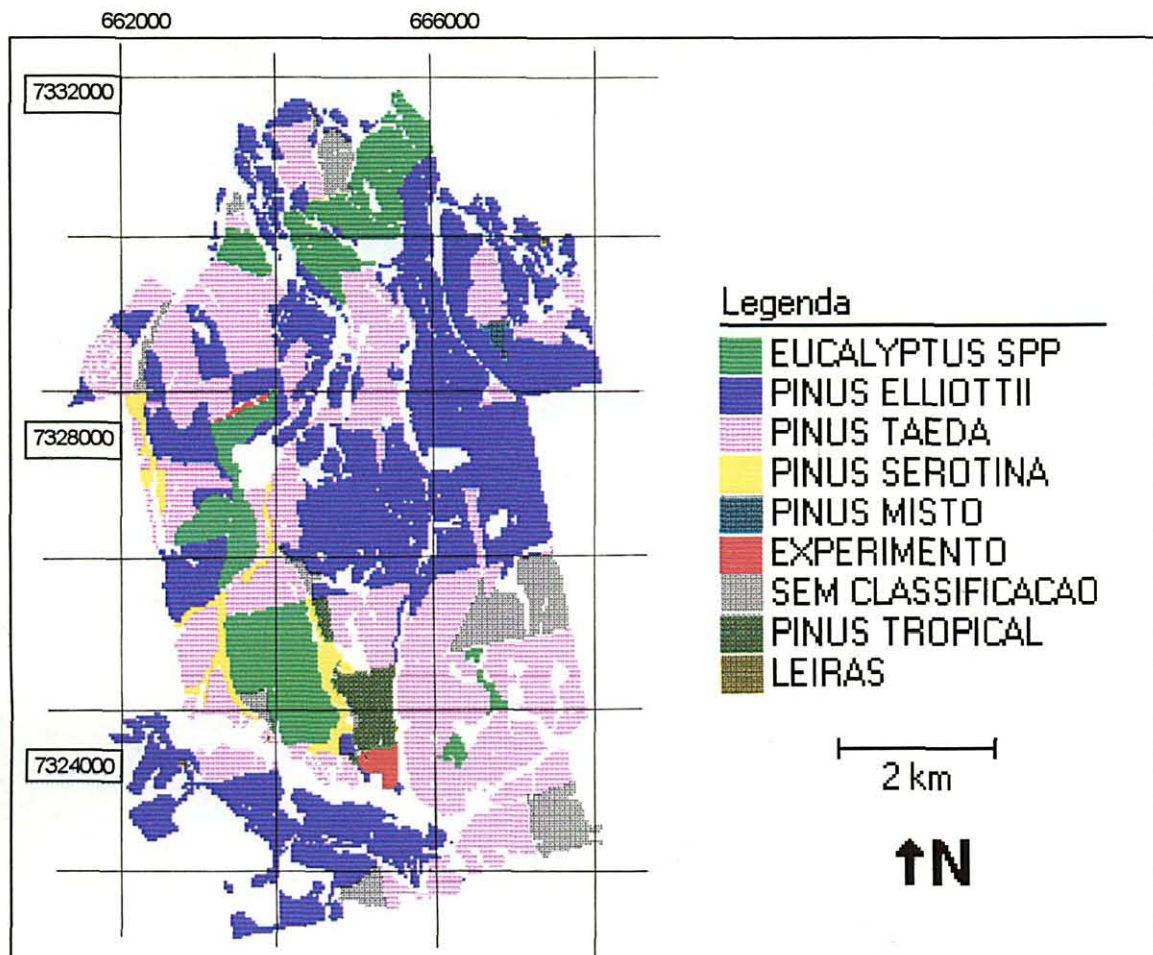
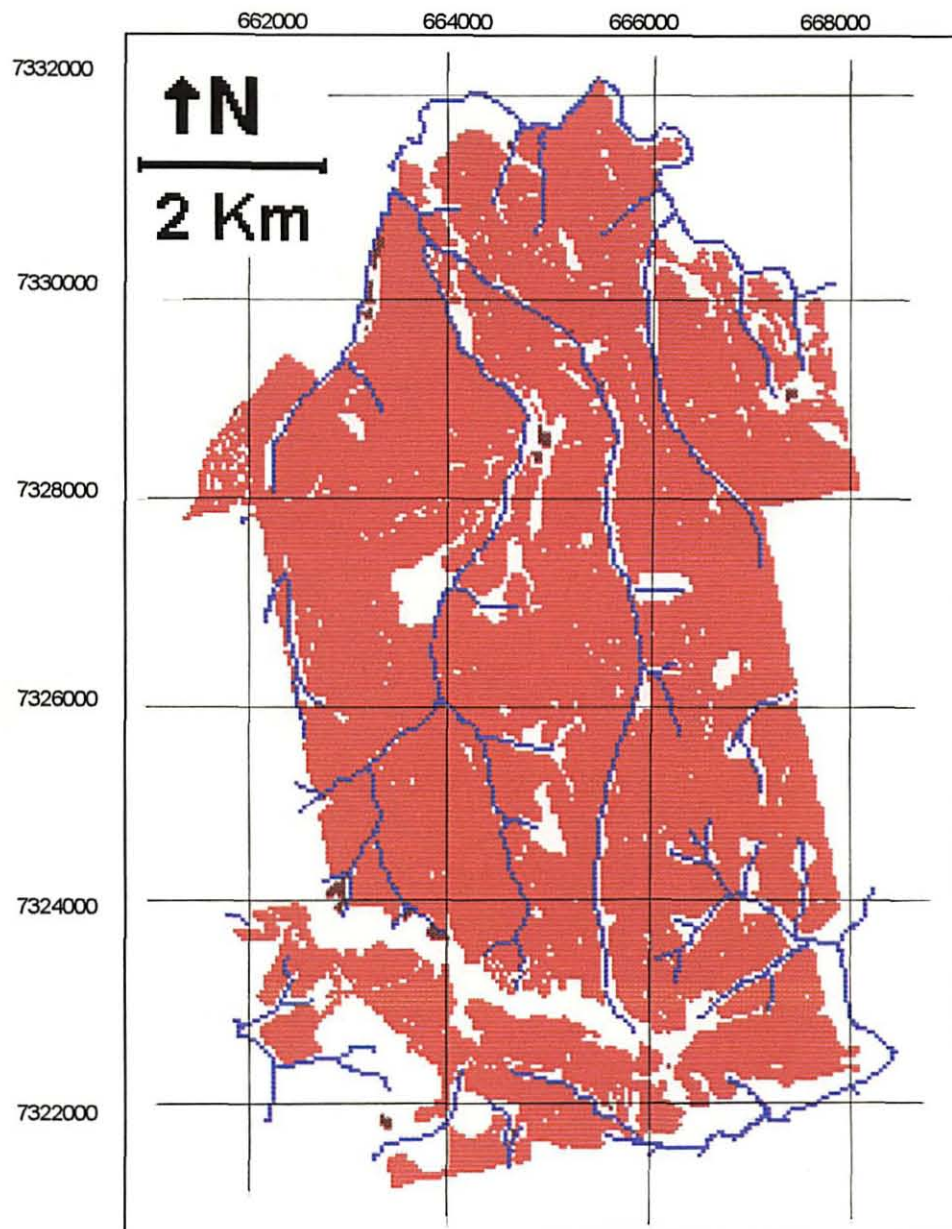


FIGURA 16 - MAPA PLANIMÉTRICO - HIDROGRAFIA



Algumas das informações consideradas são oriundas do levantamento de campo, e referem-se apenas aos plantios do gênero *Pinus* com idade superior a 5 anos (em 1993), fato que explica a presença de espaços em branco em alguns mapas produzidos, além daqueles citados anteriormente e referentes à áreas não plantadas. É o caso dos mapas de desbaste (FIGURA 17), índice de sítio (FIGURA 18) e altura dominante (FIGURA 19).

FIGURA 17 - MAPA PLANIMÉTRICO - DESBASTE

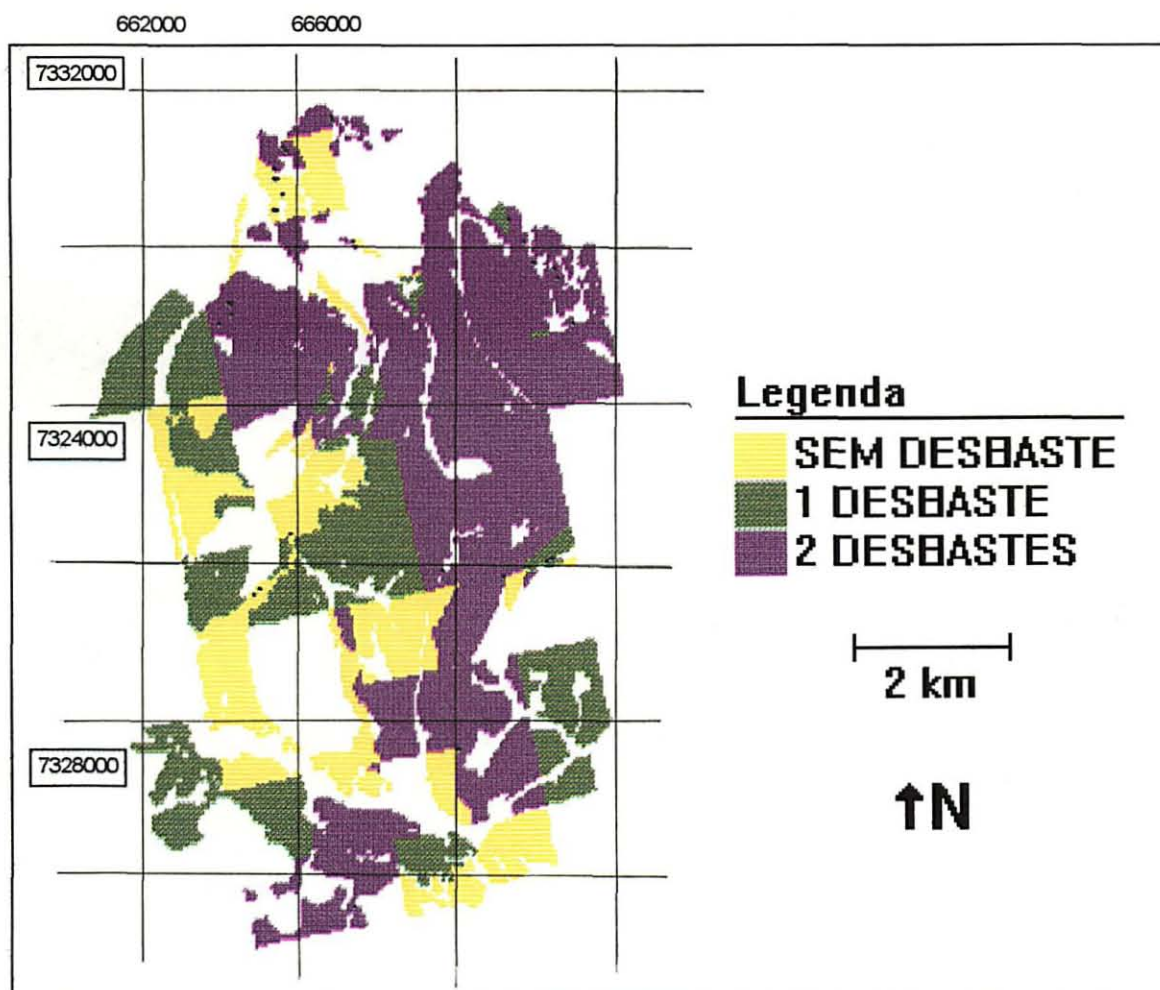




FIGURA 18 - MAPA PLANIMÉTRICO - ÍNDICE DE SÍTIO

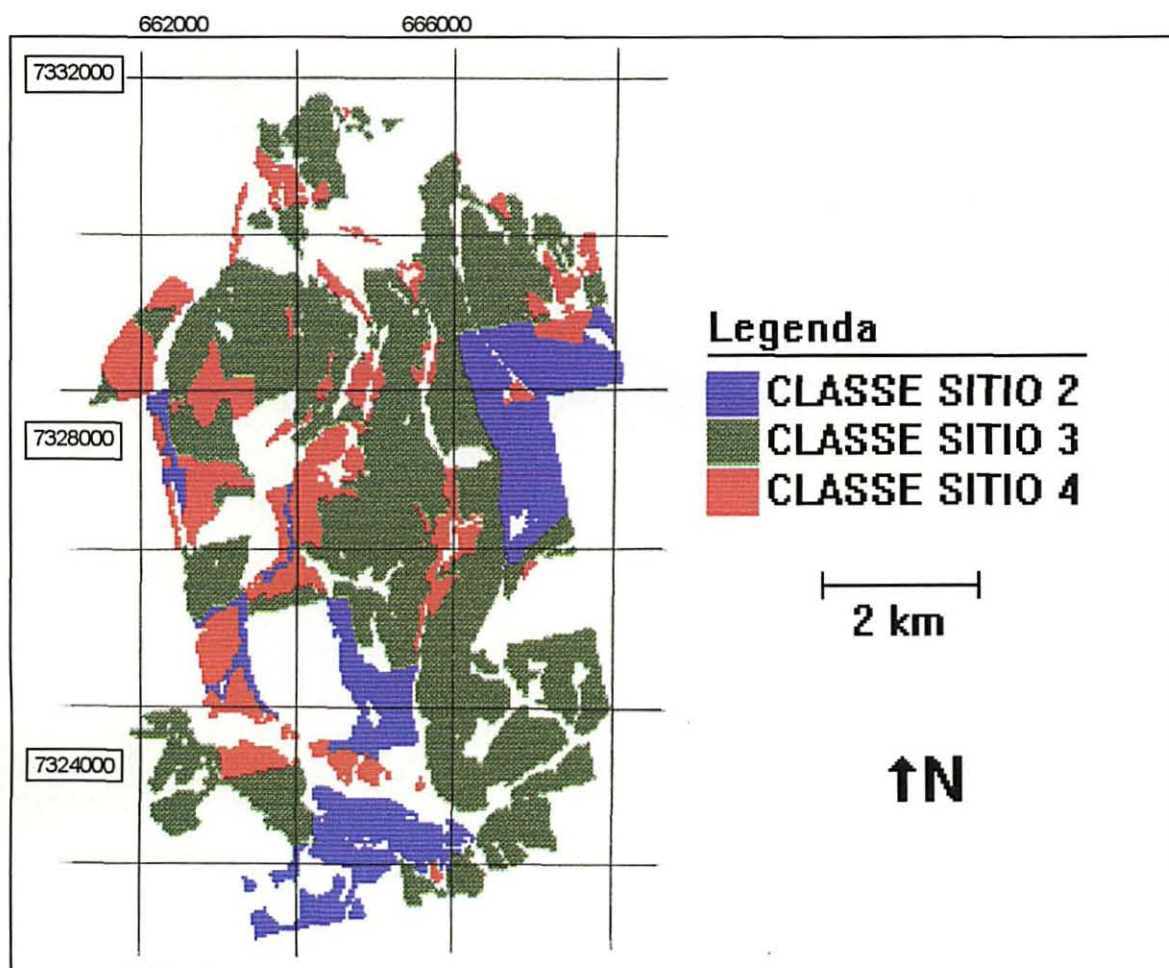
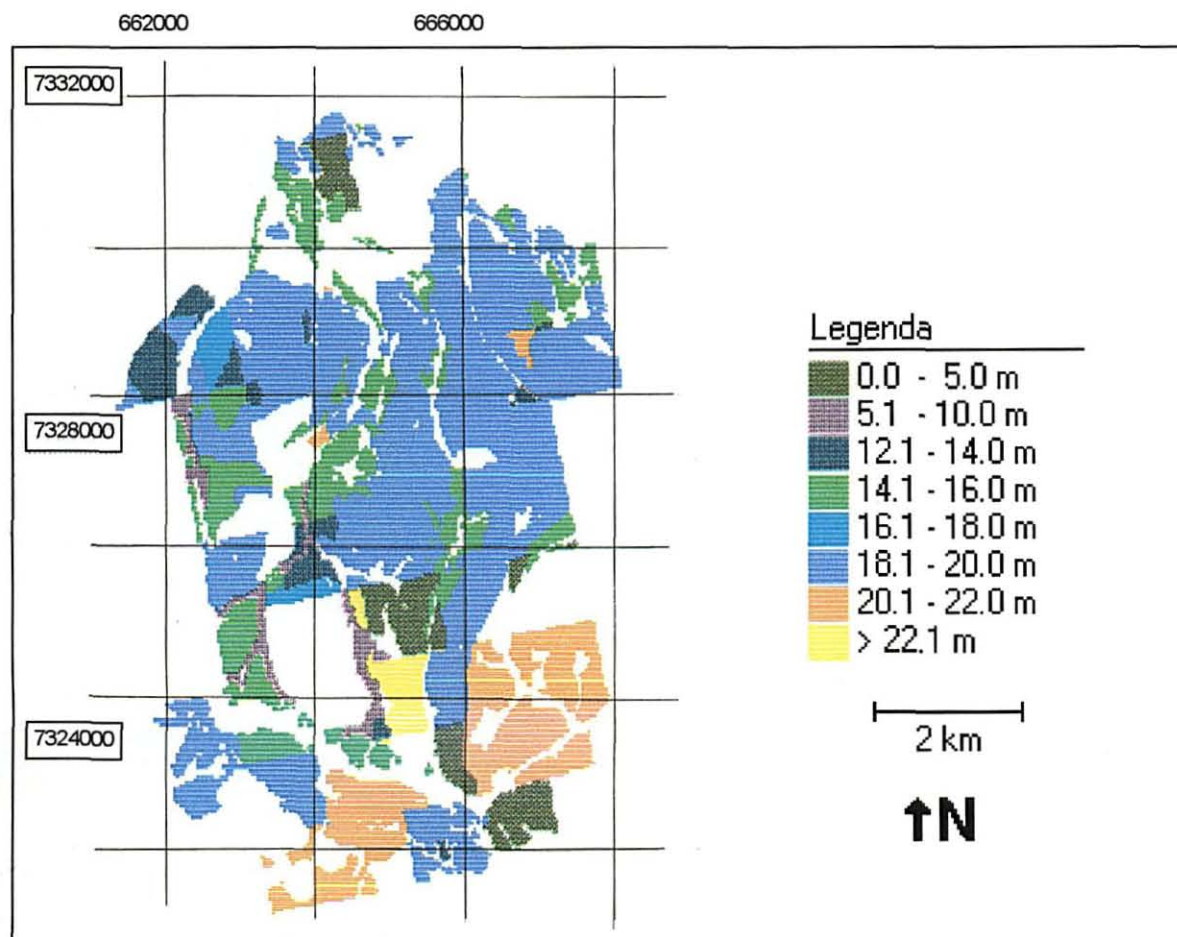


FIGURA 19 - MAPA PLANIMÉTRICO - ALTURA DOMINANTE



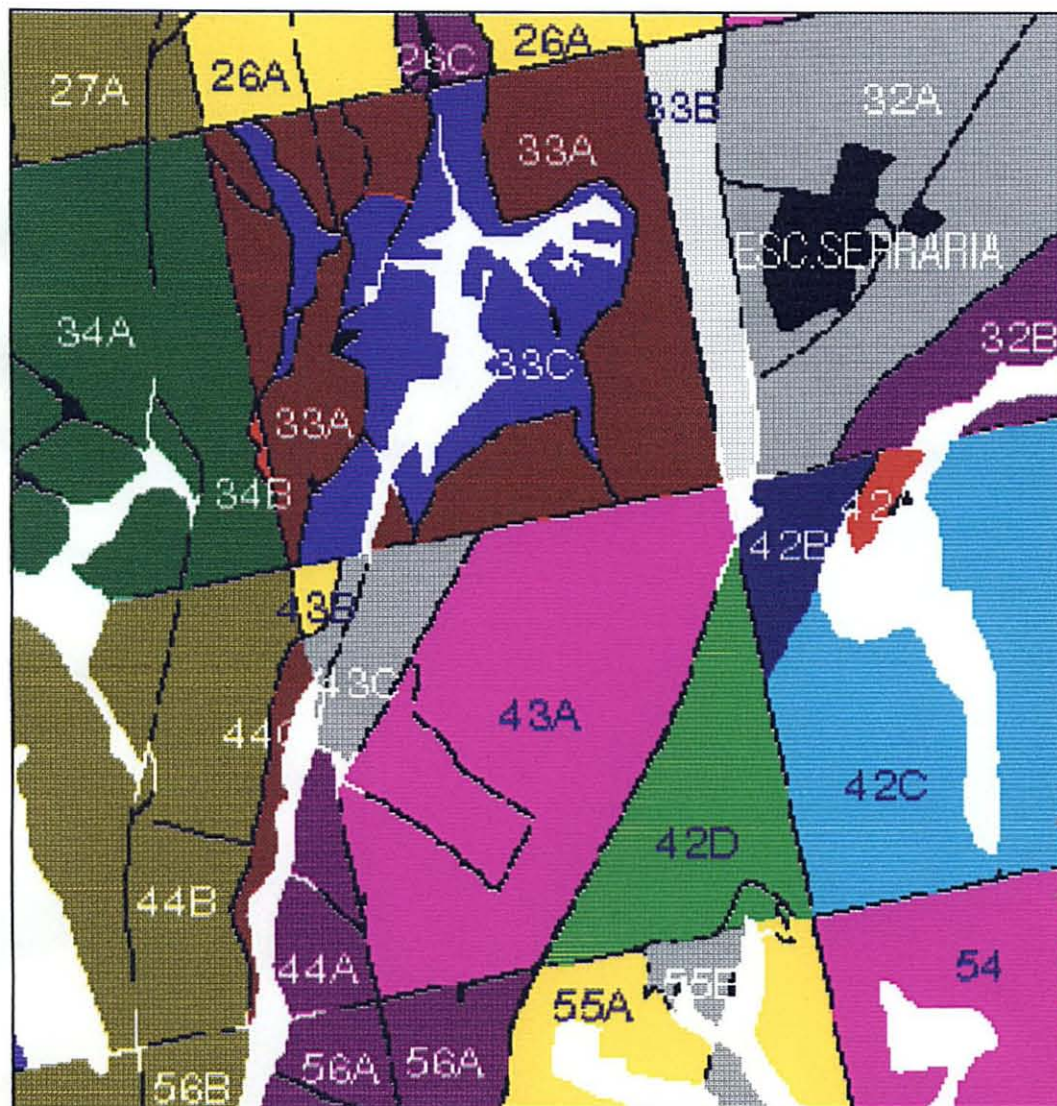
Com recursos de aproximação (*zoom*), puderam ser gerados mapas em escalas maiores, como mostram as FIGURAS 20 e 21.



FIGURA 20 - DETALHE AMPLIADO (ZOOM) MOSTRANDO TALHÕES E VETORES DE PARTE DA ÁREA DE ESTUDO



FIGURA 21 - DETALHE AMPLIADO (ZOOM) MOSTRANDO TALHÕES E TOPONÍMIA DE TALHÕES



As FIGURAS 20 e 21 não apresentam escala e referência, objetivando apenas demonstrar as capacidades de aproximação, visualização e resolução do Sistema.

#### 4.4.2 Informações Altimétricas

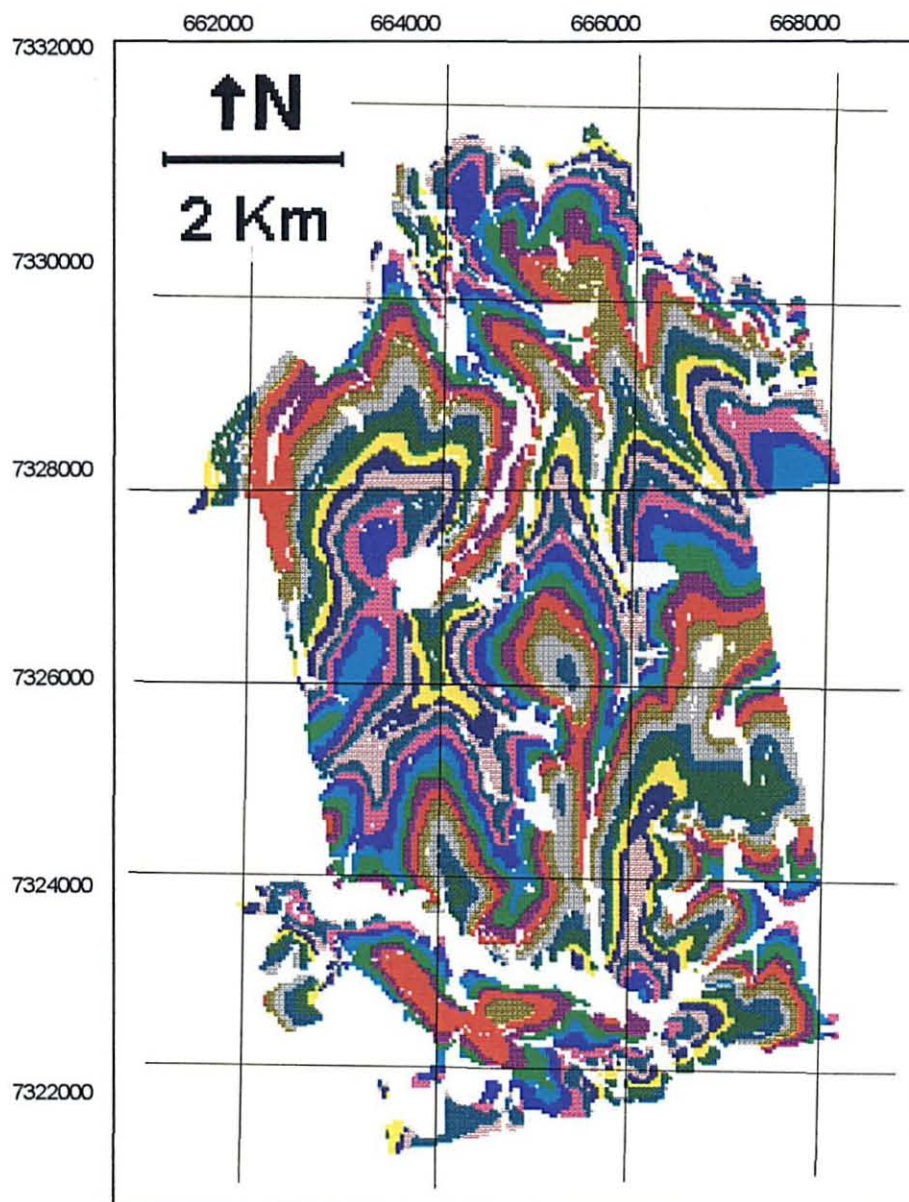
A partir do arquivo de pontos contendo as informações altimétricas, e através do módulo de Interpolação de Isolinhas, foi gerado o mapa altimétrico da Área de estudo, conforme FIGURA 22.

O ANEXO 2 exemplifica uma configuração de variáveis para a criação de mapas a partir de arquivos de pontos altimétricos.

Devido às restrições do SIG utilizado em relação à incorporação e manipulação de vetores (estes necessitam não apresentar quaisquer problemas de arcos duplos, polígonos abertos, etc), o processo de interpolação, a partir de pontos e não utilizando vetores, forneceu o resultado esperado de forma rápida e confiável, isto é, produziu o mapa altimétrico que posteriormente foi utilizado em outros processos.



FIGURA 22 - MAPA ALTIMÉTRICO DA ÁREA DE ESTUDO

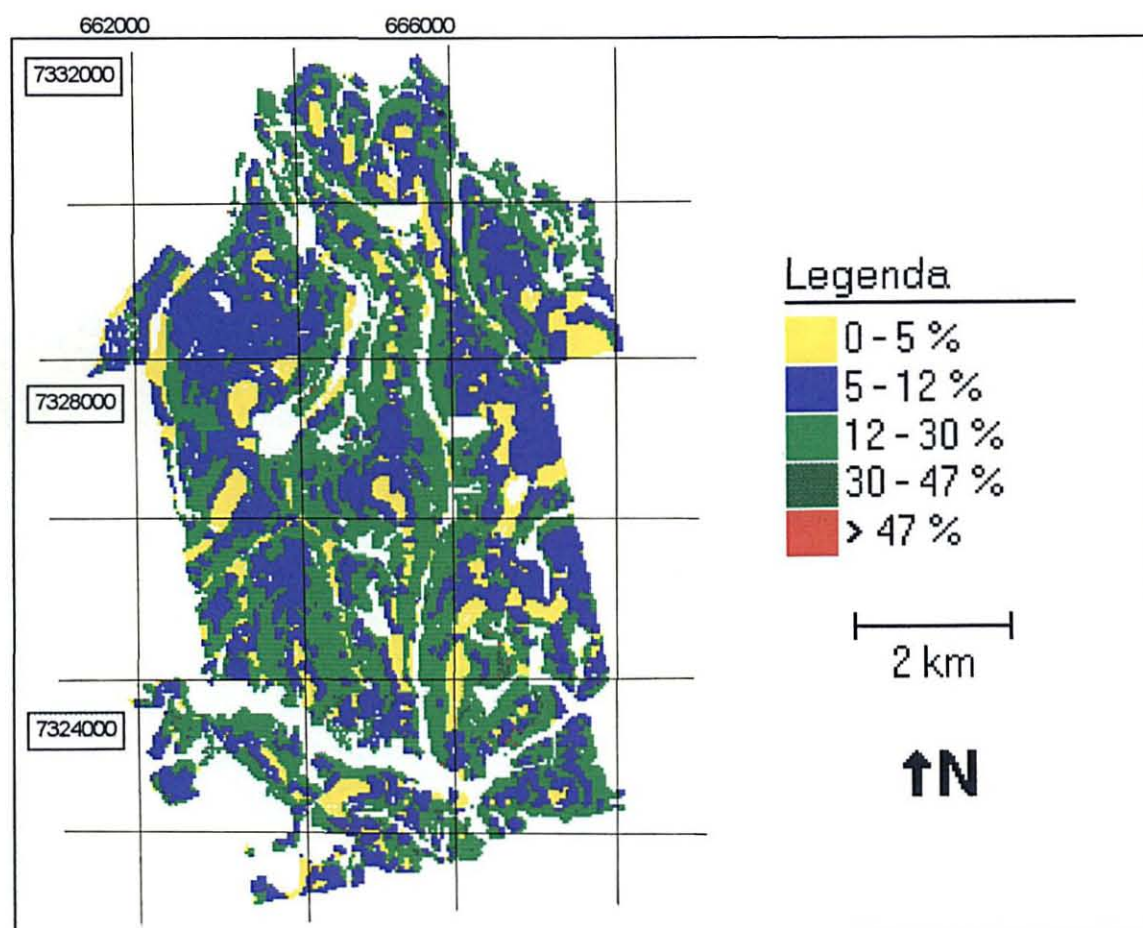


O mapa de declividade para a área de estudo também foi gerado utilizando-se o arquivo de dados altimétricos. A primeira etapa é criar a classificação de declividade que se deseja, neste caso, foram determinadas classes de 0 a 5%, 5 a 12%, 12 a 30% 30 a 47% e maior que 47% de declividade do terreno. Executando o

módulo de interpolação linear dos dados altimétricos, e baseando-se no método da rede triangular (*TIN*), foi produzido o mapa de declividade do terreno (FIGURA 23).

Esta possibilidade do Sistema mostrou-se de grande valia, considerando-se a complexidade da execução desta tarefa por meios tradicionais.

FIGURA 23 - MAPA DE DECLIVIDADE DA ÁREA DE ESTUDO



Processando o mapa altimétrico no módulo de análise de visibilidade do *GIS SPANS*, e fornecendo as variáveis desejadas (posição de observador, perspectiva, *zoom* e exagero vertical), foram gerados mapas de visibilidade, a partir da torre de observação existente na área de estudo (FIGURA 24) e detalhe mais aproximado de uma posição aleatória (FIGURA 25).

FIGURA 24 - MAPA DE VISIBILIDADE A PARTIR DE TORRE DE OBSERVAÇÃO

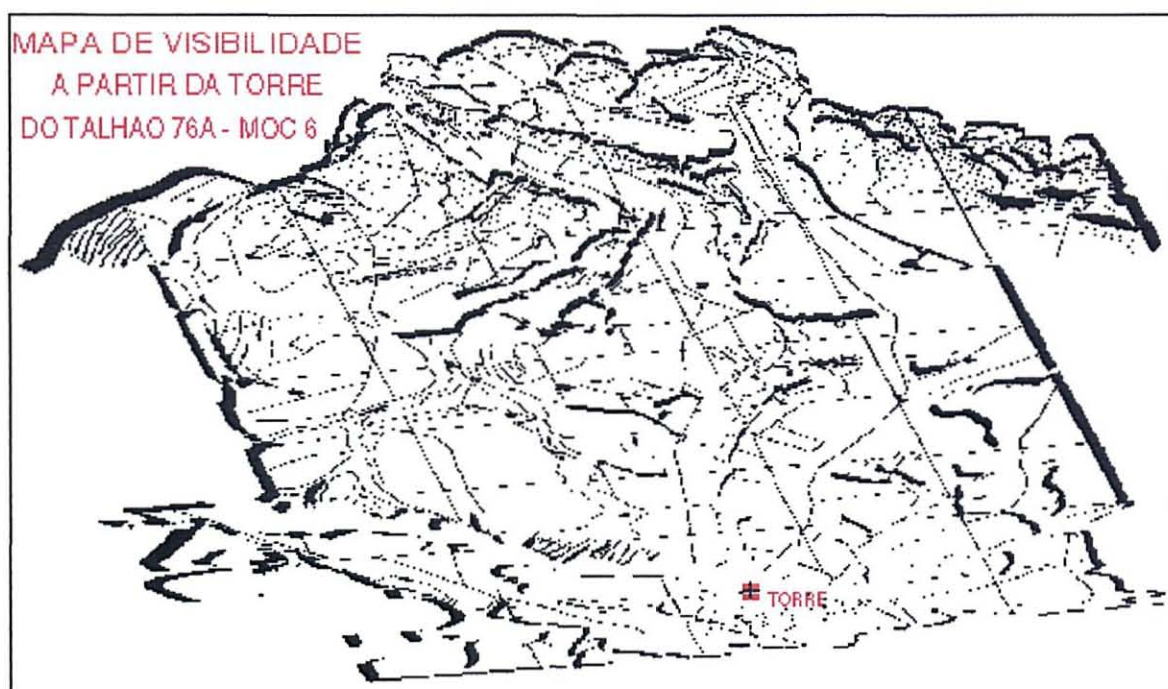
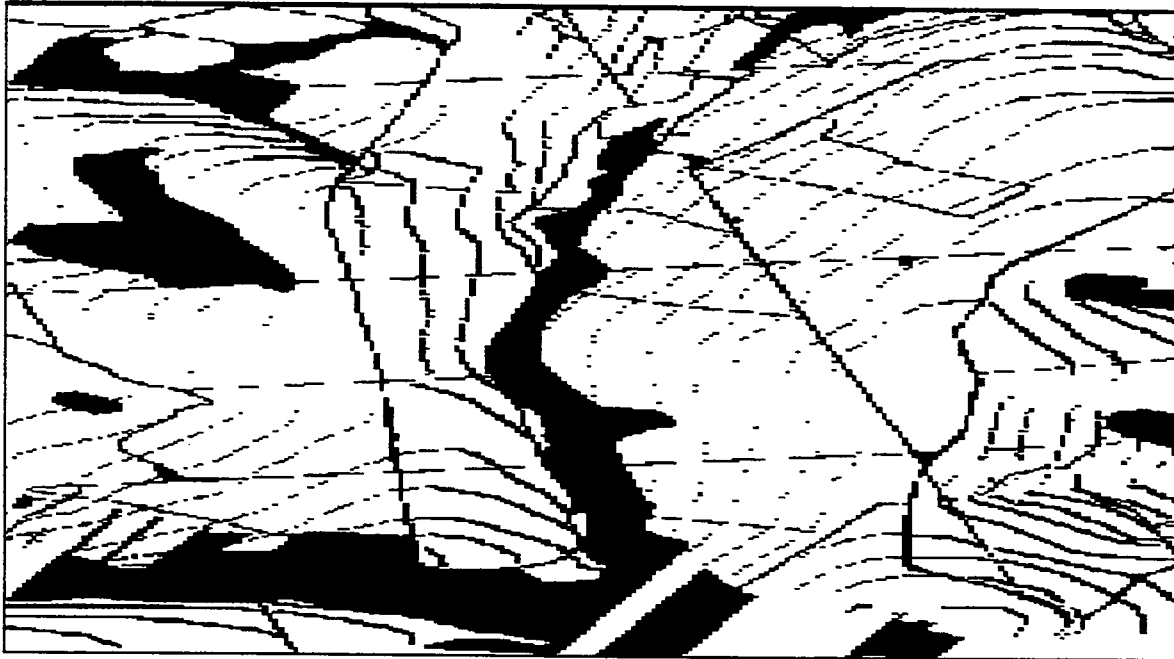


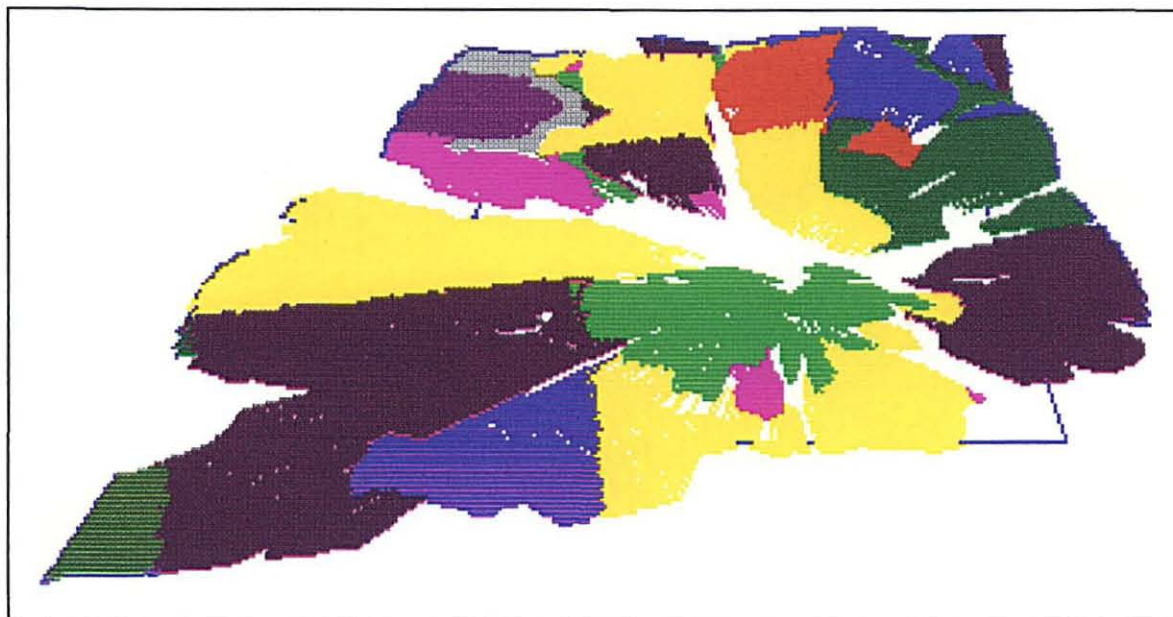
FIGURA 25 - DETALHE DE MAPA DE VISIBILIDADE



Foi gerado também, a partir da torre, um mapa-detelhe mostrando os ângulos de visada, com distorção radial (FIGURA 26).



FIGURA 26 - DETALHE MOSTRANDO ÂNGULOS DE VISADA E DISTORÇÃO RADIAL

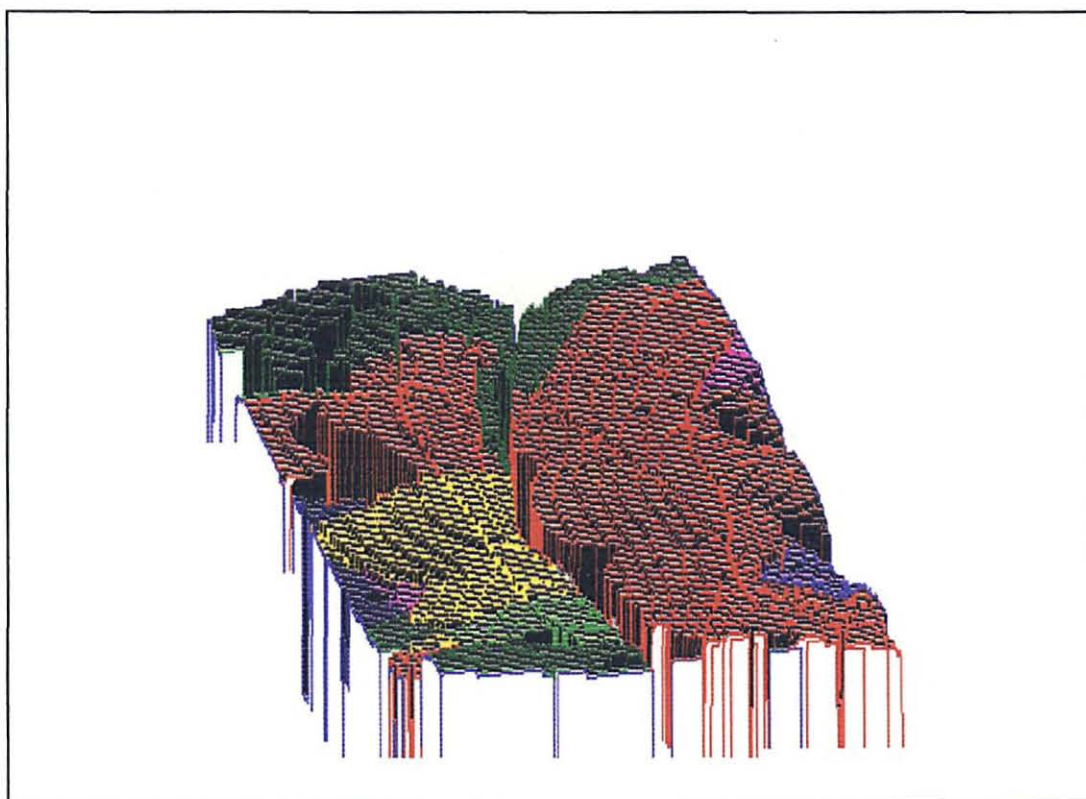


Estes recursos disponíveis no *software*, podem ser aplicados na simulação e escolha de pontos ótimos para o posicionamento de torres de observação.

Sobrepondo mapas temáticos planimétricos ao mapa altimétrico, puderam ser geradas visualizações tridimensionais dos temas escolhidos. A FIGURA 27 mostra um detalhe da área de estudo visualizada desta maneira.



FIGURA 27 - DETALHE DE MAPA TEMÁTICO VISUALIZADO EM 3D



Este recurso pode ser aplicado às fases implantação de povoamentos e de planificação da colheita florestal, otimizando estradas.

## 4.5 ANÁLISES ESPACIAIS E MODELAGEM

Terminada a fase de criação de mapas, foi possível obter-se informações genéricas destes. Para tal, foram gerados relatórios a partir de temas (mapas) selecionados. O ANEXO 3 e ANEXO 4 mostram relatórios simples, onde as áreas de diferentes níveis de informação são calculadas. No ANEXO 5 é apresentado um relatório contendo as informações gerais dos mapas gerados para a Área de estudo.

Outra análise possível é o cruzamento de informações. Selecionando-se dois temas (mapas) distintos, foram gerados relatórios do tipo “*area cross tabulation*”, onde são apresentados dados em área e em porcentagem, em forma de linhas e colunas. Os ANEXOS 6 a 10 apresentam relatórios referentes à cruzamento de informações. Esta ferramenta mostra-se importante para avaliar a correlação entre duas informações.

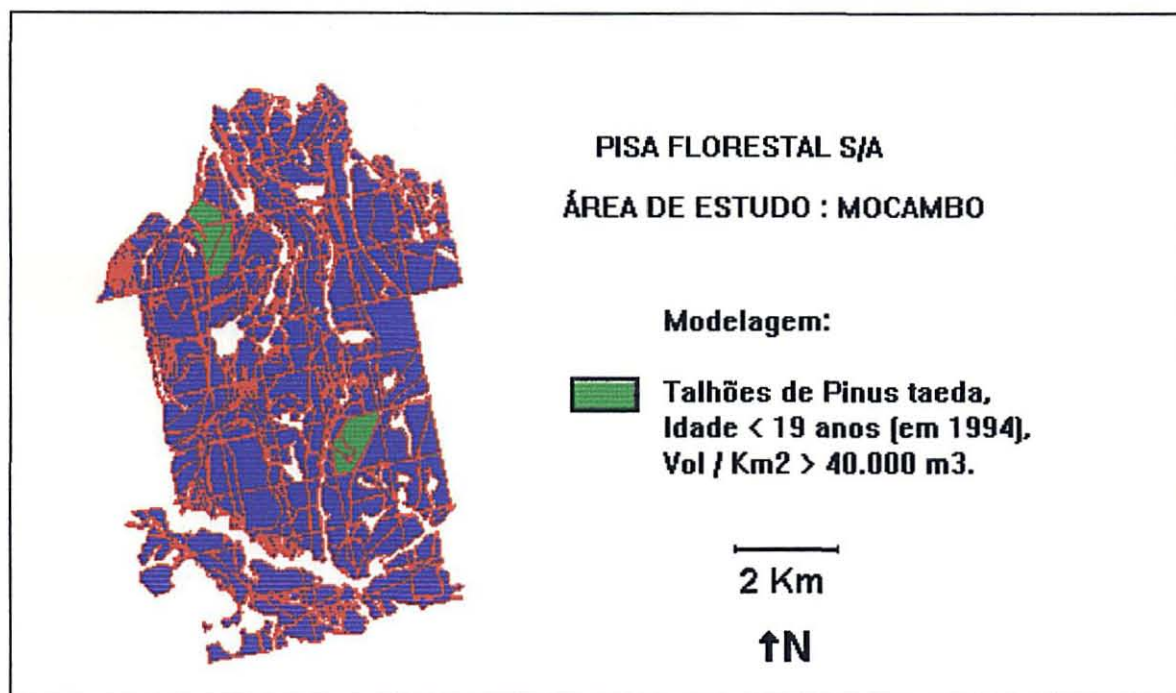
Utilizando-se os módulos de modelagem do Sistema, e através de equações que atuam nas tabelas de dados, foram geradas novas tabelas, e a partir destas, novos mapas temáticos. As equações executadas foram desenvolvidas no próprio Sistema, e armazenadas em arquivos específicos (ANEXO 11).

Neste processo, além de modelagem, foram correlacionadas informações, antes dispersas, com o auxílio de equações. O ANEXO 12 mostra a relação de todos os talhões contidos na área de estudo e suas respectivas áreas, considerando-se todos os seus fragmentos. Este correlacionamento foi possível graças ao processo de modelagem.

Baseando-se em uma equação que selecionava apenas talhões de *Pinus taeda*, com idade menor que 19 anos e que possuíssem um volume maior que 40.000 m<sup>3</sup> por Km<sup>2</sup>, foi gerada uma tabela que atribuiu valor “1” para os talhões que satisfaziam as condições impostas e valor “0” para aqueles que não as

satisfaziam. Com aquela tabela foi gerado um novo mapa, que destacou os talhões selecionados (FIGURA 28).

FIGURA 28 - TALHÕES SELECIONADOS POR MODELAGEM MATEMÁTICA



Este recurso é de extrema valia quando respostas rápidas e de fácil visualização são requeridas.

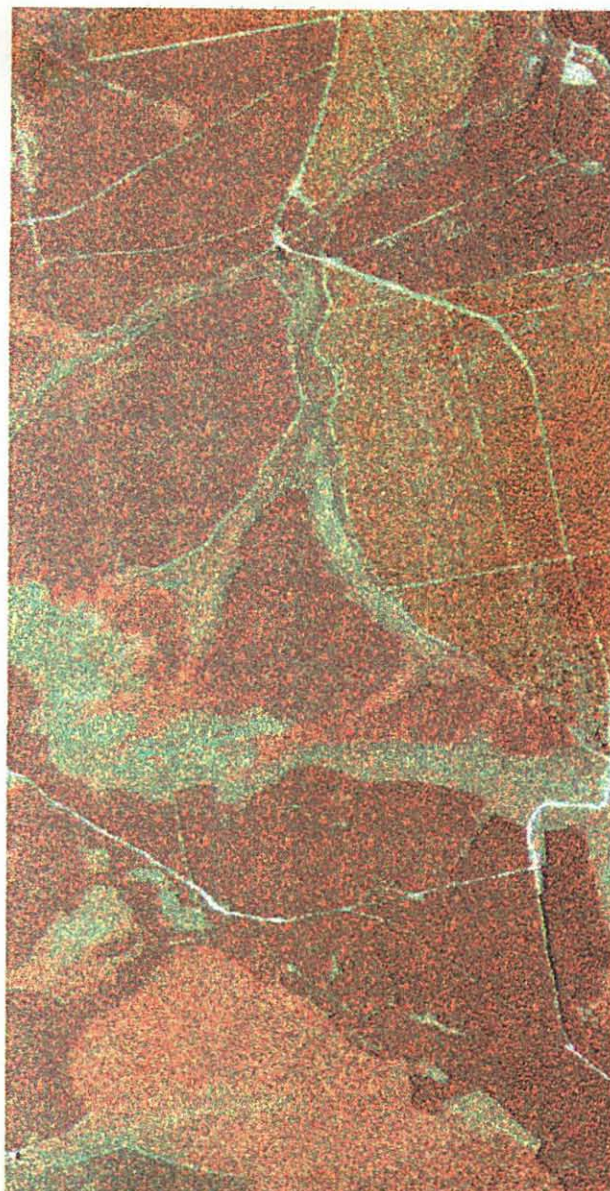
O ANEXO 13 apresenta a tabela de dados final, que contém todas as informações do banco de dados, relacionadas geograficamente com os talhões da área de estudo. A partir dela, selecionando-se a informação desejada, podem ser gerados novos mapas.

#### 4.6 IMAGENS DIGITAIS CLASSIFICADAS

Das cinco faixas de vôo executadas sobre a área de estudo, foram selecionadas apenas partes de duas faixas, devido à ocorrência de sombras.

A FIGURA 29 mostra uma composição colorida (red=banda 8, green=banda 5 e blue=banda 2) da cena selecionada da faixa 2.

FIGURA 29 - COMPOSIÇÃO COLORIDA (r8, g5, b2) PARA CENA SELECIONADA - FAIXA 2 - PIXEL DE 3,5 X 3,5 m



↑ N

Outra composição colorida (red=banda 7, green=banda 4 e blue=banda 2) para a mesma cena é mostrada na FIGURA 30.



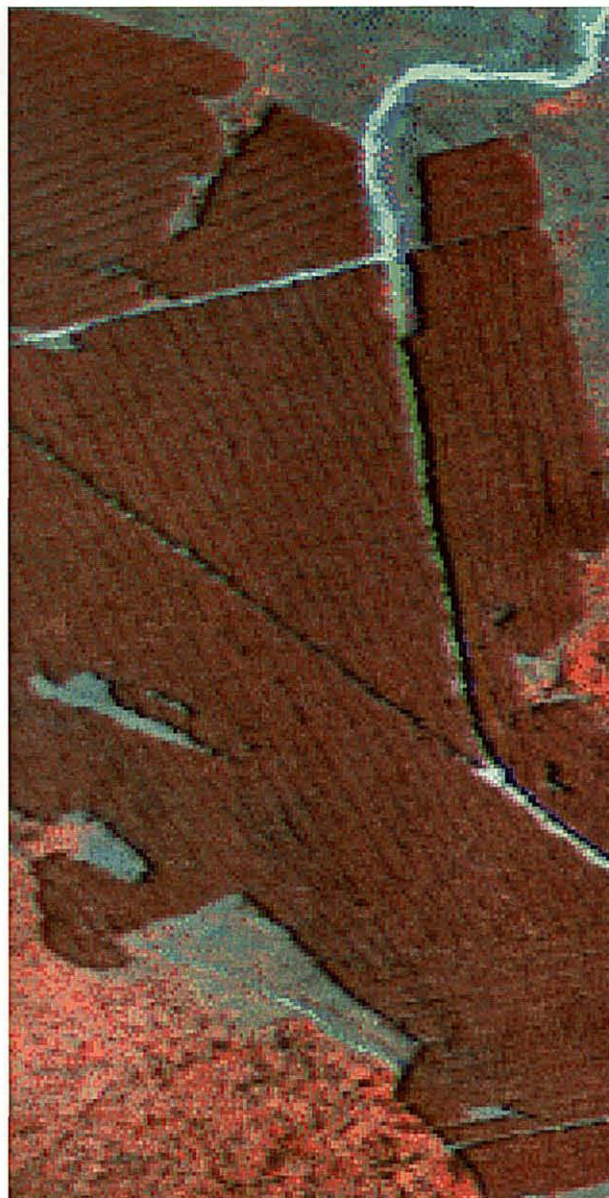
FIGURA 30 - COMPOSIÇÃO COLORIDA (r7, g4, b2) PARA CENA SELECIONADA - FAIXA 2 - PIXEL DE 3,5 X 3,5 m



↑ N

Uma aproximação (*zoom*) da cena é apresentada na FIGURA 31, onde pode-se observar a alta resolução espacial da imagem (pixels de 3,5 x 3,5m).

FIGURA 31 - DETALHE AMPLIADO DA CENA SELECIONADA - FAIXA2  
(r8, g5, b2) - PIXEL DE 3,5 X 3,5 m



↑ N



A FIGURA 32 mostra uma composição colorida (red=banda 7, green=banda 5 e blue=banda 2) da cena selecionada da faixa 4.

FIGURA 32 - COMPOSIÇÃO COLORIDA (r7, g5, b2) PARA CENA SELECIONADA - FAIXA 4 - PIXEL DE 3,5 X 3,5 m

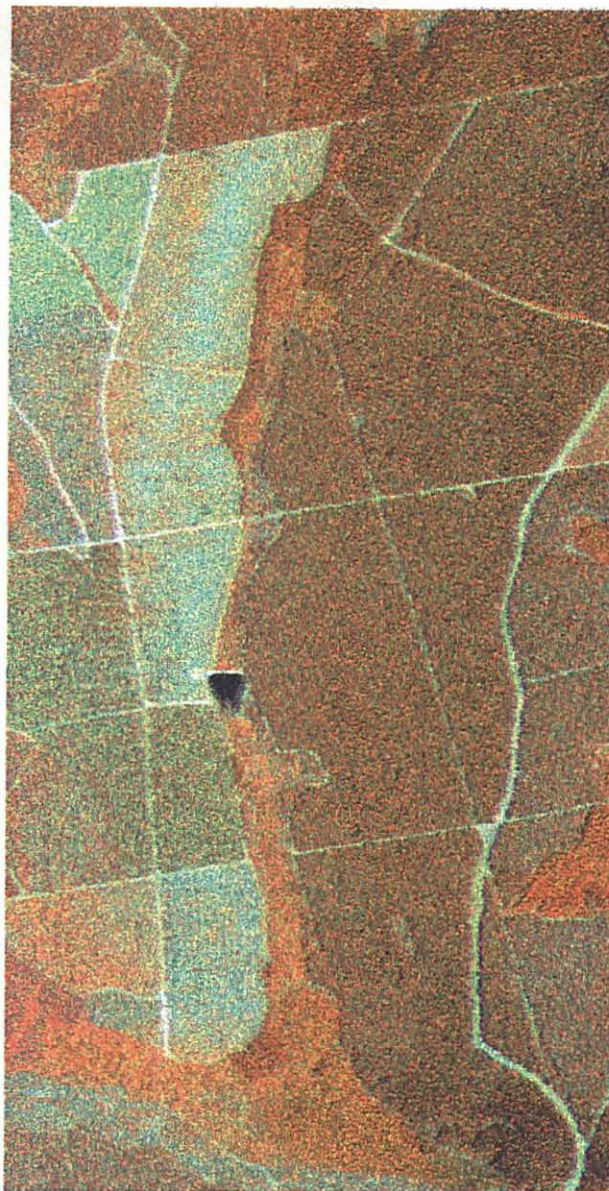


↑ N



Outra composição colorida (red=banda 8, green=banda 5 e blue=banda 1) para a mesma cena é mostrada na FIGURA 33.

FIGURA 33 - COMPOSIÇÃO COLORIDA (r8, g5, b1) PARA CENA SELECIONADA - FAIXA 4 - PIXEL DE 3,5 X 3,5 m



↑ N

Uma aproximação (zoom) da cena é apresentada na FIGURA 34, onde pode-se observar a alta resolução espacial da imagem (pixels de 3,5 x 3,5 m)

FIGURA 31 - DETALHE AMPLIADO DA CENA SELECIONADA - FAIXA4 (r8, g5, b1) - PIXEL DE 3,5 X 3,5 m

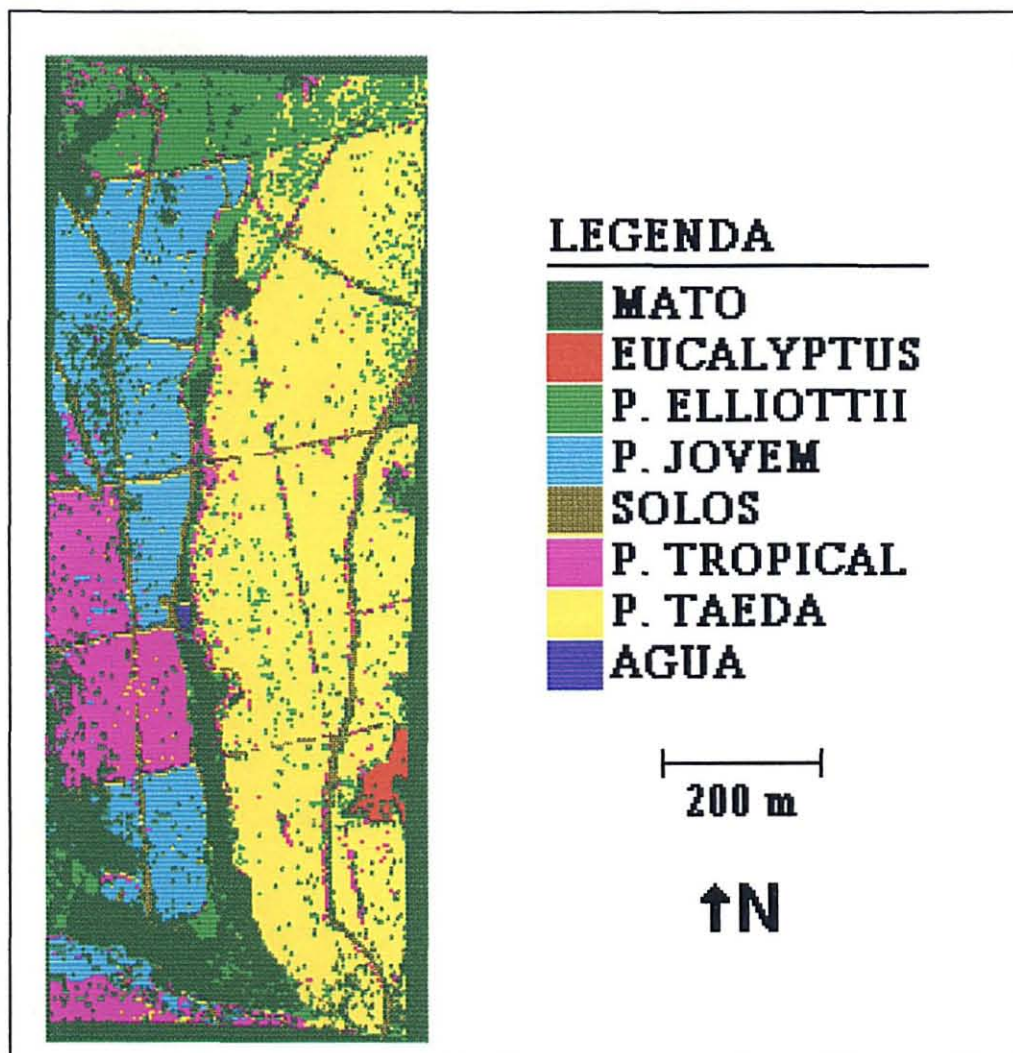


↑ N

As imagens selecionadas foram então processadas e classificadas. Objetivou-se discriminar, com auxílio dos dados existentes dos talhões inclusos nas cenas, as classes de vegetação existentes. Para a classe de plantios, foram discriminadas com sucesso (para a cena da FAIXA 4) as diferentes espécies plantadas, além das demais classes, como vegetação nativa, solo e estradas. A FIGURA 35 mostra os resultados obtidos no processamento, onde foram utilizadas técnicas de realce, componentes principais, classificação não supervisionada (no auxílio à classificação supervisionada), razão de canais, classificação supervisionada, reordenamento de temas, reclassificação e suavização das classificações. Os temas referentes à classificação final foram incorporados ao *GIS SPANS*.



FIGURA 35 - CLASSIFICAÇÃO FINAL - CENA FAIXA 4



A última etapa do processamento consistiu na correção geométrica das imagens e temas. Para a cena da FAIXA 4, foram utilizados 22 pontos de controle; e para a cena da FAIXA 2, 23 pontos de controle, sendo posteriormente excluídos 2 deles.

Incorporada ao *GIS SPANS* para análises, a classificação final para a cena da FAIXA 4 apresentou como resultados (TABELA 4):

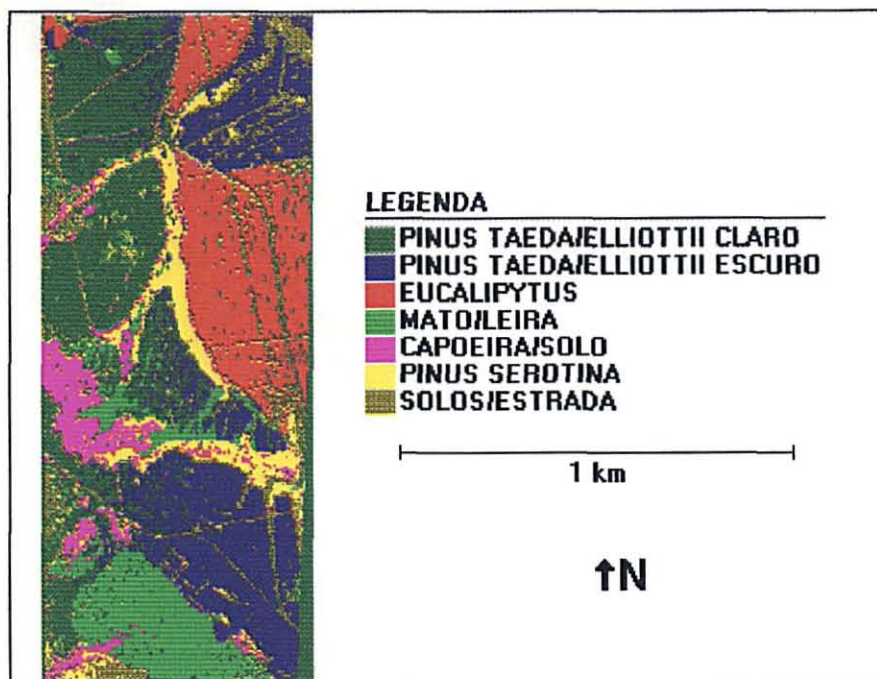
TABELA 4 - RESULTADOS - CLASSIFICAÇÃO CENA FAIXA 4

TEMA	ÁREA (m <sup>2</sup> )	% DO TOTAL	CLASSE
Tema 1	40.496	9.92	Mato
Tema 2	2.550	0.62	Eucalyptus
Tema 3	39.828	9.76	Pinus elliotii
Tema 4	57.225	14.02	Plantio jovem
Tema 5	16.811	4.12	Estrada / solo
Tema 6	42.918	10.52	P. tropical / outros
Tema 7	143.581	35.19	Pinus taeda
Tema 8	346	0.08	Água
MULTICLAS.	0	0.00	
SEM CLAS.	64.285	15.75	
TOTAL	408.040	100.00	

Procedimentos para o processamento, idênticos aos aplicados na cena FAIXA 4, foram aplicados para a cena FAIXA 2. Entretanto, a discriminação dos temas não foi satisfatória, em termos de espécies de *Pinus*. *Pinus taeda* e *Pinus elliotii* foram agrupados em dois temas, resultado das tonalidades claras ou escuras apresentadas por determinados povoamentos. Provavelmente este agrupamento foi devido à idade de plantios mais velhos. Outros temas também tiveram classificações confusas, como temas “mato”, “solo” e “estrada”.

A classificação final da cena FAIXA 2 é apresentada na FIGURA 36, oriunda da incorporação da imagem no GIS SPANS.

FIGURA 36 - CLASSIFICAÇÃO FINAL - CENA FAIXA 2



Os resultados da classificação são apresentados na TABELA 5.

TABELA 5 - RESULTADOS - CLASSIFICAÇÃO CENA FAIXA 2

TEMA	ÁREA (m <sup>2</sup> )	% DO TOTAL	CLASSE
Tema 1	86.640	21.68	Pinus "escuro"
Tema 2	86.081	21.54	Pinus "claro"
Tema 3	61.592	15.41	Eucalyptus
Tema 4	48.308	12.09	Mato / Leira
Tema 5	28.701	7.18	Mato / Solo / Estrada
Tema 6	31.023	7.76	Pinus serotina
Tema 7	45.907	11.49	Mato / Solo / Estrada
MULTICLAS.	0	0.00	
SEM CLAS.	11.316	2.83	
<b>TOTAL</b>	<b>399.568</b>	<b>100.00</b>	

A utilização das imagens captadas pelo sensor aerotransportável *CASI*, especificamente para a área de estudo, mostraram potencial para a atualização de cadastros florestais, fornecendo informações como área de plantios (discriminando gêneros/espécies), estágio de crescimento, áreas disponíveis e/ou aproveitáveis para o plantio; quando a obtenção de tais dados é exigida de forma rápida e generalizada.

Entretanto, para objetivos mais específicos, como por exemplo inferência sobre produtividade dos povoamentos, é necessário um procedimento mais criterioso, desde a configuração das bandas espectrais a serem utilizadas até os métodos de classificação das imagens.

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Considerando-se os objetivos propostos no presente trabalho, e após análise dos resultados, conclui-se que:

a) A pesquisa realizada entre empresas do setor florestal mostrou que a tecnologia de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) é ferramenta importante e que tende a tornar-se imprescindível nas atividades operacionais e de planejamento, dentro de uma organização florestal;

b) a migração efetiva dos dados cartográficos disponíveis em formato alheio ao do Sistema de Informações Geográficas utilizado é possível. Portanto, é viável que informações desta natureza, disponíveis nas mais variadas formas em empresas e organizações sejam plenamente utilizadas, mediante processos de edição, transformação e adequação para a incorporação e uso em um SIG. Tais processos são exaustivos, porém imprescindíveis quando se deseja o aproveitamento racional dos dados existentes. O ideal é que a escolha dos padrões de dados a serem utilizados seja criteriosa, antevendo todas as fases de implantação e desenvolvimento do Sistema, bem como os resultados desejados;

c) informações alfanuméricas existentes são facilmente incorporadas e georreferenciadas em SIG, independente de seu formato original. Significa dizer que, se a empresa dispõe de cadastros de dados florestais organizados e lógicos, estes podem ser aplicados a um SIG, de maneira relativamente simples;



d) Sistemas de Informações Geográficas, via de regra, são de difícil manipulação. Para o desenvolvimento do presente trabalho, foram necessários aproximadamente 14 meses de aprendizado para a utilização do SIG escolhido, *GIS SPANS*. Neste sentido, é recomendável às empresas pretendentes ou usuárias da tecnologia, traçarem planos consistentes de treinamento e aprendizado do pessoal envolvido, para que os objetivos e potencialidades da implementação destes Sistemas sejam alcançados;

e) as informações incorporadas ao SIG demonstraram ser de fácil manipulação e análise, sendo possível a geração de informações "derivadas", a partir de cruzamento de dados básicos. Sendo uma característica exclusiva de SIG, o aspecto de visualização das informações georreferenciadas, quer seja em tempo real ou por meio de mapas e figuras, mostrou-se útil, facilitando a compreensão das variáveis envolvidas;

f) dentro do ambiente do SIG, a manipulação de dados altimétricos, resultando na produção de informações em forma de mapas, mostrou-se altamente eficaz. Considerando os métodos usuais para a análise e manipulação de dados desta natureza, o SIG forneceu resultados confiáveis e em tempo reduzido.

g) as imagens digitais de alta resolução obtidas a partir do sensor aerotransportável *CASI*, processadas e incorporadas ao SIG, apresentaram resultados satisfatórios, considerando-se os objetivos e análises simples a que foram submetidas. Estes objetivos e análises dizem respeito a uma das primeiras tentativas de utilização deste tipo de imagem para fins florestais no País, sendo portanto desconhecidas as configurações e combinações de bandas espectrais, e as dimensões de pixel, mais apropriadas para estudos essencialmente florestais. Recomenda-se então, um aprofundamento na investigação destes fatores, para que o indiscutível potencial de imagens de alta resolução obtidas a partir de sensores aerotransportáveis, seja transformado em uma fonte segura de informações para o planejamento florestal;

h) a migração das imagens e temas obtidos da classificação das imagens do sensor *CASI* para o *GIS SPANS* possibilitou a análise e comparação qualitativa destas imagens e temas com as verdades terrestres, contidas no banco de dados do SIG. A relação entre a fonte das informações (imagens) e o SIG é, sem dúvida, um tema que requer aprofundamento, para fornecer aos usuários informações inéditas e que balizem as tomadas de decisões.

## 6 ANEXOS

### ANEXO 1

#### TABELA PRIMÁRIA PARA ENTRADA DE DADOS ALFANUMÉRICOS

ID pisadat

TITLE DADOS DE VOLUME

TABTYPE 4

FTYPE free

KEYFIELD 0

DATAFILE pisadat.pnt

1	3	2.000000	0	EST	ESTRATO
2	1	4.100000	0	DAP	DAP
3	1	4.100000	0	ALT	ALTURA
4	1	5.300000	0	VAM	VOL ARV M3
5	1	5.300000	0	VAS	VOL ARV ST
6	1	7.100000	0	VKM	VOL KM2 M3
7	1	7.100000	0	VKS	VOL KM2 ST
8	1	6.100000	0	ABA	AREA BASAL
9	3	6.000000	0	NAR	NUM ARVORES

DATA□

ANEXO 2  
CONFIGURAÇÃO PARA CRIAÇÃO DE MAPAS A PARTIR DE  
PONTOS ALTIMÉTRICOS

----- contour.rep ----- 03/01/94 15:57:58

Number of quantiles : 0  
Window : t1 -  
Map : temp -  
Map Level : 9  
Min Level : 9  
Averaging policy : 4  
Point file : curvas.tbb, z values in column 6  
Contouring result : 6 - Angle of incidence (0 to PI)  
Zenith 0.0 degrees azimuth 0.0 degrees  
basemap off  
Interpolation method :Linear  
Extrapolation outside hull Ono  
Number of points requested : 17522  
Number of input points : 17522  
Number of points used : 17191  
--- Minima and Maxima at Observation Points ---  
Height : 589.860 1041.250  
Slope : 59.414 2904107.127  
Angle of Incidence: 30.716 89.998

Min/max interpolated values : 0.000 89.987

----- contour.rep ----- 03/07/94 12:46:10

Number of quantiles : 0  
Window : 00 -  
Map : temp -  
Map Level : 9  
Min Level : 9  
Averaging policy : 4  
Point file : curvas.tbb, z values in column 6  
Contouring result : 1 - Weighted average of heights  
basemap off  
Interpolation method :Linear  
Extrapolation outside hull Ono  
Number of points requested : 17522  
Number of input points : 8648

ANEXO 3  
RELATÓRIO DE ANÁLISE SIMPLES: ÁREA POR ESTRATO

SINGLE MAP ANALYSIS

Map : estrato1 - ESTRATO

Window : 00 - Universe

Class	Legend	Area % (%)	Cumm % Area	Area (km2) (km2)
1	7D	9.83	9.83	3.7316
2	7BC	20.90	30.73	7.9360
3	11BC	2.24	32.97	0.8511
4	25AA	1.20	34.17	0.4563
5	11BA	2.15	36.33	0.8174
6	11BB	1.33	37.66	0.5053
7	7K	1.55	39.21	0.5882
8	7AC	10.71	49.92	4.0681
9	21CA	1.19	51.11	0.4523
10	7BA	0.15	51.26	0.0570
11	10AC	0.45	51.72	0.1717
12	7AB	1.29	53.01	0.4894
13	7BB	7.99	60.99	3.0333
14	16IA	2.25	63.24	0.8527
15	6BB	4.45	67.69	1.6909
16	6BC	3.73	71.43	1.4179
18	26AA	2.34	73.77	0.8879
19	24AA	1.46	75.23	0.5557
20	10AA	5.92	81.15	2.2478
21	23AA	0.18	81.34	0.0700
22	6AB	3.24	84.57	1.2299
23	6AC	3.32	87.89	1.2596
24	6AA	0.78	88.68	0.2972
26	12BA	0.08	88.75	0.0286
27	10AB	2.59	91.34	0.9815
28	7QC	0.31	91.65	0.1186
29	7FC	0.24	91.88	0.0897
30	16BA	0.12	92.01	0.0460
32	6QC	1.33	93.34	0.5061
33	EXPERIMENTO	0.55	93.89	0.2087
40	SEM INFORMACAO	6.11	100.00	2.3204
Total of 34 classes		100.00		37.9667

ANEXO 4  
RELATÓRIO DE ANÁLISE SIMPLES: ÁREA POR PROJETO

SINGLE MAP ANALYSIS

Map : projeto - CLASSIFICACAO POR PROJETO

Window : 00 - Universe

Class	Legend	Area % (%)	Cumm % Area	Area (km2) (km2)
1	MOCAMBO V	17.49	17.49	6.6411
2	MOCAMBO VI	4.70	22.20	1.7857
3	MOCAMBO VII	23.50	45.70	8.9235
4	MOCAMBO VIII	45.87	91.57	17.4153
5	MOCAMBO IX	8.43	100.00	3.2012
Total of 5 classes		100.00		37.9667

## ANEXO 5 RELATÓRIO DAS INFORMAÇÕES BÁSICAS DOS MAPAS DA ÁREA DE ESTUDO

altimet altimet	altimet 94 2 7 47 altimet D 5 00 0 0 27904 14752
altimet1 MAPA ALTIMETRICO 14752	altimet1 94 2 7 47 altimet1 D 5 00 0 0 27904
altura ALTURA DOMINANTE - ESTRATO 27904 14752	altura 94 2 7 9 altura D 8 00 0 0
areatal Unique conditions	Unique c 94 210 162 areatal D 3 00 0 0 27904 14752
base base	base 94 124 579 base D 1 00 0 0 27904 14752
basemap MAPA BASE MOCAMBO 27904 14752	basemap 94 125 1 basemap D 8 00 0 0
basetalr TALHAO	basetalr 94 125 -1 basetalr D 0 a3 8686 4365 10126 5715
declivi declivi	declivi 94 124 5 declivi D 5 00 0 0 27904 14752
declivi2 DECLIVIDADE	declivi2 94 125 5 declivi2 D 5 00 0 0 27904 14752
desbaste NUMERO DE DESBASTES 27904 14752	desbaste 94 127 3 desbaste D 8 00 0 0
error error	error 94 2 8 1 error D 8 00 0 0 27904 14752
especie CLASSIFICACAO POR ESPECIE 27904 14752	especie 94 125 9 especie D 8 00 0 0
estrato CLASSIFICACAO POR ESTRATO 27900 14738	estrato 94 126 -1 estrato D 0 00 0 0
estrato1 ESTRATO	estrato1 94 2 9 40 estrato1 D 8 00 0 0 27904 14752
lag lag	lag 94 2 7 9 lag D 1 00 0 0 27904 14752
lago LAGOAS E AÇUDES	lago 94 2 7 1 lago D 8 00 0 0 27904 14752
leira LEIRA	leira 94 2 7 164 leira D 8 00 0 0 27904 14752
leira1 leira1	leira1 94 2 7 348 leira1 D 1 00 0 0 27904 14752
plantio ANO DE PLANTIO 14752	plantio 94 2 1 15 plantio1 D 8 00 0 0 27904
plantio1 plantio1	plantio1 94 2 1 1993 plantio1 D 8 00 0 0 27904 14752
projeto CLASSIFICACAO POR PROJETO 27904 14752	projeto 94 126 164 projeto D 8 00 0 0
projeto1.projeto1	projeto1 94 126 5 projeto1 D 8 00 0 0 27904 14752
sitio INDICE DE SITIO - ESTRATO 14738	sitio 94 127 -1 sitio D 0 00 0 0 27900
taleira AREAS DE PLANTIO / LEIRA 14752	taleira 94 2 7 164 taleira D 10 00 0 0 27904
temp temp	temp 94 125 11 temp D 8 00 0 0 27904 14752
temp1 temp1	temp1 94 125 9 temp1 D 8 00 0 0 27904 14752
testalt testalt	testalt 94 2 4 1041 testalt D 5 00 0 0 28160 14848
testalt1 testalt1	testalt1 94 2 4 47 testalt1 D 5 00 0 0 27904 14752
testalt2 testalt2	testalt2 94 2 4 47 testalt2 D 5 00 0 0 27904 14848
teste teste	teste 94 2 7 164 teste D 10 a2 6336 8448 7968 9904
voltotm3 voltotm3	voltotm3 94 2 9 50730 voltotm3 D 8 00 0 0 27904 14752

ANEXO 6  
 RELATÓRIO DE CRUZAMENTO: MAPA DE ESPÉCIE X VOL. TALHÃO  
 (CONDENSADO)

AREA CROSS TABULATION

Row : especie - CLASSIFICACAO POR ESPECIE  
 Col : voltal - VOLUME TALHAO (m3)

Window : 00 - Universe

Contingency Coefficient 0.7090  
 Tschuprow's T 0.0421  
 Cramer's V 0.3179

Area (km sq)

Total %

Row %

Col %

47	114	131	135	145	154	176	221	236	347	355
441	453									

16668	16690	18294	18643	18676	20009	21583	22675	23764
28355	32180	32534	Total					

EUCA	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000								

ELLIOTTI	0.0021	0.0046	0.0045	0.0047	0.0050	0.0068	0.0077	0.0097
0.0077	0.0172							

TAEDA	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0004	0.0001							

SEROT	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000							

MISTO	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000							

DESCLA	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000							



.								
TROPI	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000							
.								
LEIRAS	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000							
.								
Total	0.0021	0.0046	0.0045	0.0047	0.0050	0.0068	0.0077	0.0097
0.0081	0.0173							

ANEXO 7  
 RELATÓRIO DE CRUZAMENTO: MAPA DE PROJETO X MAPA ALTIMÉTRICO  
 (CONDENSADO)

AREA CROSS TABULATION

Row : projeto - CLASSIFICACAO POR PROJETO  
 Col : altimet1 - MAPA ALTIMETRICO

Window : 00 - Universe

Contingency Coefficient 0.6580  
 Tschuprow's T 0.2372  
 Cramer's V 0.4369

Area (km sq)

Total %

Row %

Col %

	610	620	630	640	650	660	670	680	690	700	710
720	730	740	750	760	770	780	790	800	810	820	
830	840	850	860	870	880	890	900	910	920	930	
940	950	960	970	980	990	1000	1010	1020	1030		
1040	Total										

MOC5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000										

.

MOC6	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000										

.

MOC7	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000										

.

MOC9	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0											

.

Total	0.0027	0.0252	0.0485	0.0856	0.1265	0.0950	0.1718	0.3027			
0.3713	0.4308	0.6455	0.5335	0.7281	1.2146	1.6496	1.4714	1.1296			
1.0885	1.1902	1.2198	1.2500	1.5460	1.6789	1.7525	1.7985	1.8906			
1.6402	1.5012	1.4639	1.6352	1.8087	1.2507	1.2536	0.6671	0.5312			

ANEXO 8  
RELATÓRIO DE CRUZAMENTO: MAPA DE PROJETO X MAPA DE  
DECLIVIDADE

AREA CROSS TABULATION

Row : projeto - CLASSIFICACAO POR PROJETO

Col : declivi2 - DECLIVIDADE

Window : 00 - Universe

Contingency Coefficient 0.1856

Tschuprow's T 0.0944

Cramer's V 0.0944

Area (km sq)

Total %

Row %

Col %

	0-5	5-12	12-30	30-47	>47	Total
MOC5	0.8911	2.7993	2.7948	0.1391	0.0165	6.6409
	2.35	7.37	7.36	0.37	0.04	17.49
	13.42	42.15	42.08	2.10	0.25	
	18.17	17.52	16.80	34.23	46.62	
MOC6	0.1158	0.6455	0.9889	0.0340	0.0015	1.7857
	0.30	1.70	2.60	0.09	0.00	4.70
	6.48	36.15	55.38	1.91	0.08	
	2.36	4.04	5.94	8.38	4.18	
MOC7	1.0883	3.9395	3.8332	0.0592	0.0033	8.9235
	2.87	10.38	10.10	0.16	0.01	23.50
	12.20	44.15	42.96	0.66	0.04	
	22.19	24.65	23.04	14.57	9.32	
MOC8	2.0018	6.8369	8.3909	0.1715	0.0141	17.4153
	5.27	18.01	22.10	0.45	0.04	45.87
	11.49	39.26	48.18	0.99	0.08	
	40.81	42.78	50.43	42.20	39.87	
MOC9	0.8083	1.7591	0.6314	0.0025	0.0000	3.2012
	2.13	4.63	1.66	0.01	0.00	8.43
	25.25	54.95	19.72	0.08	0.00	
	16.48	11.01	3.79	0.62	0.00	
Total	4.9052	15.9803	16.6391	0.4065	0.0354	37.9665
	12.92	42.09	43.83	1.07	0.09	

## ANEXO 9

## RELATÓRIO DE CRUZAMENTO: MAPA DE PROJETO X MAPA DE ESPÉCIE

## AREA CROSS TABULATION

Row : projeto - CLASSIFICACAO POR PROJETO

Col : especie - CLASSIFICACAO POR ESPECIE

Window : 00 - Universe

Contingency Coefficient 0.5275

Tschuprow's T 0.2469

Cramer's V 0.3105

Area (km sq)

Total %

Row %

Col %

	EUCA	ELLIOTTI	TAEDA	SEROT	MISTO	EXPE	DESCLA	
TROPI	Total							
MOC5 6.641	0.1800	2.7591	2.5595	0.0000	0.0000	0.0000	1.1425	0.0000
	0.47	7.27	6.74	0.00	0.00	0.00	3.01	0.00
	2.71	41.55	38.54	0.00	0.00	0.00	17.20	0.00
	3.77	17.00	19.89	0.00	0.00	0.00	48.71	0.00
MOC6 1.7857	0.0000	0.3961	0.8443	0.0000	0.0000	0.0000	0.5452	0.0000
	0.00	1.04	2.22	0.00	0.00	0.00	1.44	0.00
	0.00	22.18	47.28	0.00	0.00	0.00	30.53	0.00
	0.00	2.44	6.56	0.00	0.00	0.00	23.24	0.00
MOC7 8.9235	2.2983	1.6697	3.7187	0.8276	0.0000	0.0000	0.2906	0.1186
	6.05	4.40	9.79	2.18	0.00	0.00	0.77	0.31
	25.76	18.71	41.67	9.27	0.00	0.00	3.26	1.33
	48.16	10.29	28.90	100.00	0.00	0.00	12.39	18.98
MOC8 17.4153	2.2938	8.5351	5.5043	0.0000	0.0000	0.2087	0.3672	0.5061
	6.04	22.48	14.50	0.00	0.00	0.55	0.97	1.33
	13.17	49.01	31.61	0.00	0.00	1.20	2.11	2.91
	48.07	52.59	42.77	0.00	0.00	100.00	15.66	81.02
MOC9 3.2012	0.0000	2.8700	0.2416	0.0000	0.0897	0.0000	0.0000	0.0000
	0.00	7.56	0.64	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00
	0.00	89.65	7.55	0.00	2.80	0.00	0.00	0.00
	0.00	17.68	1.88	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
Total 37.9667	4.7721	16.2301	12.8684	0.8276	0.0897	0.2087	2.3455	0.6247

ANEXO 10  
 RELATÓRIO DE CRUZAMENTO: MAPA DE PROJETO X MAPA DE ESTRATO  
 (CONDENSADO)

AREA CROSS TABULATION

Row : projeto - CLASSIFICACAO POR PROJETO  
 Col : estrato1 - ESTRATO

Window : 00 - Universe

Contingency Coefficient 0.8392  
 Tschuprow's T 0.4367  
 Cramer's V 0.7717

Area (km sq)

Total %

Row %

Col %

	7D	7BC	11BC	25AA	11BA	11BB	7K	7AC		
	21CA	7BA	10AC	7AB	7BB	16IA	6BB	6BC		
	26AA	24AA	10AA	23AA	6AB	6AC	6AA	12BA		
	10AB	7QC	7FC	16BA	6QC	EXPE	SEM INFO	Total		
MOC5		0.0000	0.0000	0.0178	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
0.1800	0.0000									
.										
MOC7		2.2983	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
0.0000	0.0000									
.										
MOC8		1.4334	5.0561	0.8333	0.4563	0.8174	0.3619	0.5882	4.0681	
0.2722	0.0570									
.										
MOC9		0.0000	2.8799	0.0000	0.0000	0.0000	0.1434	0.0000	0.0000	
0.0000	0.0000									
.										
Total	3.7316	7.9360	0.8511	0.4563	0.8174	0.5053	0.5882	4.0681		
0.4523	0.0570	0.1717	0.4894	3.0333	0.8527	1.6909	1.4179	0.8879		
0.5557	2.2478	0.0700	1.2299	1.2596	0.2972	0.0286	0.9815	0.1186		
0.0897	0.0460	0.5061	0.2087	2.3204	37.9667					
	9.83	20.90	2.24	1.20	2.15	1.33	1.55	10.71	1.19	
0.15	0.45	1.29	7.99	2.25	4.45	3.73	2.34	1.46	5.92	0.18
3.24	3.32	0.78	0.08	2.59	0.31	0.24	0.12	1.33	0.55	6.11

**ANEXO 11**  
**BANCO DE EQUAÇÕES PARA MODELAGEM MATEMÁTICA**

**E IDADE CALCULO DAS IDADES**

result(1994-{1994 if field('ano')==0,field('ano')})

E teste volume\*areatal  
 field('idade')>20

**E PISADAT LIGA VOL, A.BASAL, G, NUM.ARV. AO TALHAO**

:liga pisadat segundo input(escolhido) com field est da

:primary table

:primary table = basetal

a=table(pisadat,field('est'),input);

b=table(pisadat,field('est'),input);

c=table(pisadat,field('est'),input);

d=table(pisadat,field('est'),input);

e=table(pisadat,field('est'),input);

f=table(pisadat,field('est'),input);

g=table(pisadat,field('est'),input);

h=table(pisadat,field('est'),input);

result(a,b,c,d,e,f,g,h)

**E areatal relaciona area de cada talhao**

:x= liga areatal segundo area com vkm da

:primary table (pisares)

:resultado eh multiplicado por vkm da primary table

x=(table(areatal,field('vkm'),'area'));

result(field('vkm')\*x)

**E AREATA LIGA AREA KM2 AO TALHAO**

:liga as areas dos talhoes em todos os fragmentos de talhao

:primary table = basetal ou pisares

result(table(areatal2,field('fet'),'area'))

**E inver relaciona area de cada talhao**

result(table(pisares,field('basetalr'),'fet'))

**E areatest teste**

a=table(areatal,field('fet'),input);

result(a)

**E vol\*area volume\*areatal**

:multiplica a area talhao pelo volume por area = vol/tal

:primary table = res2

result(field('vkm')\*field('ata'))

**E teste1 teste**

:liga res1 segundo input(escolhido) com field ata da

```

:primary table
:primary table = res2
a=table(res2,field('ata'),input);
b=table(res2,field('ata'),input);
c=table(res2,field('ata'),input);
result(a,b,c)

```

```

E aba*area area basal*areatal
:multiplica a area talhao pela area basal = aba/tal
:primary table = res2
result(field('aba')*field('ata'))

```

```

E nar*area num arvorel*areatal
:multiplica a area talhao pelo num arvores = nar/tal
:primary table = res2
result(field('nar')*field('ata'))

```

```

E idade>20 idade>20
field('idade')>20

```

```

E idaXvol ida<19 e volkm>40000
field('idade')<19 and field('vkm')>40000

```

ANEXO 12  
RELATÓRIO DE ANÁLISE SIMPLES: ÁREA DOS TALHÕES

SINGLE MAP ANALYSIS  
Map : basetalr - TALHAO

Window : 00 - Universe

Class Legend Area % Cumm % Area (km2)

Classe - Talhão	(%)	Area	(km2)
1 1C	0.70	0.70	0.2661
2 2C	1.07	1.77	0.4068
3 2A	0.23	2.00	0.0875
4 2B	0.01	2.01	0.0047
5 2D	0.78	2.80	0.2974
6 3B	0.75	3.54	0.2834
7 3D	0.96	4.50	0.3652
8 3C	0.73	5.23	0.2755
9 3A	0.12	5.35	0.0447
10 1A	0.16	5.51	0.0625
11 1B	0.01	5.53	0.0050
12 4A	1.26	6.78	0.4782
13 4B	0.21	7.00	0.0807
14 4C	0.09	7.09	0.0339
15 5A	0.29	7.37	0.1096
16 5B	0.07	7.45	0.0284
17 5C	1.55	9.00	0.5882
18 6A	0.06	9.05	0.0218
19 6B	0.14	9.20	0.0548
20 6C	0.01	9.21	0.0048
21 6D	0.34	9.55	0.1300
22 6E	0.01	9.57	0.0045
23 6F	1.07	10.64	0.4081
24 7A	0.92	11.56	0.3482
25 7B	0.57	12.13	0.2174
26 7C	0.05	12.18	0.0199
27 9A	0.23	12.41	0.0879
28 9B	0.57	12.98	0.2163
29 9C	0.55	13.53	0.2075
30 9D	0.22	13.75	0.0826
31 9E	0.48	14.23	0.1819
32 10A	1.32	15.55	0.5028
33 10B	1.00	16.55	0.3785
34 10C	0.02	16.57	0.0082
35 11A	0.54	17.11	0.2053
36 11B	1.32	18.42	0.5003
37 11C	0.14	18.57	0.0539
38 12A	0.32	18.88	0.1201
39 12B	1.24	20.12	0.4717
41 12D	0.02	20.14	0.0068
42 12E	0.22	20.37	0.0854
43 12F	0.19	20.56	0.0737



44	13A	1.60	22.16	0.6060
45	13B	0.09	22.24	0.0332
46	13C	0.66	22.90	0.2501
47	14A	0.73	23.63	0.2775
48	14B	0.84	24.47	0.3182
49	14C	1.70	26.17	0.6466
50	14D	0.29	26.46	0.1100
51	16A	1.78	28.24	0.6749
52	16C	0.45	28.69	0.1709
53	16D	0.05	28.73	0.0175
54	17A	1.85	30.58	0.7021
55	17B	0.24	30.82	0.0897
56	17C	0.16	30.98	0.0622
57	18A	1.01	31.99	0.3834
58	18B	1.05	33.05	0.4007
59	18C	0.18	33.23	0.0681
60	19A	0.73	33.96	0.2788
61	19B	0.37	34.33	0.1401
62	19C	0.72	35.05	0.2741
63	20A	0.71	35.76	0.2683
64	20B	0.14	35.89	0.0522
65	20C	0.16	36.05	0.0589
66	20D	0.13	36.17	0.0479
67	20E	0.73	36.91	0.2786
68	20F	0.08	36.99	0.0301
69	21A	1.32	38.31	0.5010
70	21B	0.73	39.03	0.2770
71	21C	0.06	39.09	0.0211
72	21D	0.29	39.38	0.1091
73	25	2.05	41.43	0.7795
74	26A	2.09	43.52	0.7958
75	26B	0.14	43.66	0.0521
76	26C	0.12	43.78	0.0467
77	27A	1.57	45.35	0.5950
78	27B	0.57	45.92	0.2151
79	28A	0.13	46.05	0.0496
80	28B	0.03	46.08	0.0121
81	28C	1.04	47.12	0.3940
82	28D	0.07	47.19	0.0277
83	28E	0.53	47.72	0.2019
84	29A	0.15	47.88	0.0587
85	29B	1.08	48.96	0.4109
86	29C	0.22	49.18	0.0850
87	29D	0.74	49.93	0.2829
88	32A	1.45	51.38	0.5525
89	32B	0.38	51.76	0.1434
90	32C	0.02	51.78	0.0085
91	33A	1.35	53.13	0.5129
92	33B	0.28	53.41	0.1047
93	33C	0.79	54.20	0.3015
94	34A	2.14	56.34	0.8146
95	34B	0.01	56.35	0.0021
96	35A	0.45	56.79	0.1691
97	35B	0.32	57.12	0.1234
98	35C	0.88	58.00	0.3349
99	35D	0.15	58.15	0.0566
100	35E	0.29	58.44	0.1085
102	???	0.23	58.66	0.0867
103	36A	1.49	60.16	0.5677

104 36B	0.13	60.28	0.0477
105 36C	0.17	60.46	0.0651
106 36D	0.13	60.59	0.0511
107 36E	0.17	60.76	0.0634
108 36F	0.23	60.99	0.0867
109 42A	0.05	61.03	0.0178
110 42B	0.18	61.22	0.0700
111 42C	1.92	63.14	0.7303
112 42D	0.62	63.76	0.2345
113 43A	1.58	65.33	0.5995
114 43B	0.03	65.36	0.0115
115 43C	0.23	65.60	0.0888
116 44A	0.21	65.81	0.0795
117 44B	1.62	67.43	0.6147
118 44C	0.08	67.51	0.0300
119 45A	0.22	67.73	0.0848
120 45B	0.42	68.14	0.1583
121 45C	1.89	70.04	0.7184
122 46A	0.80	70.84	0.3045
123 46B	0.26	71.10	0.0984
124 46C	0.38	71.47	0.1425
125 46D	0.89	72.36	0.3368
126 54	1.97	74.32	0.7468
127 55A	1.45	75.77	0.5490
128 55B	0.26	76.03	0.0980
129 56A	1.29	77.32	0.4893
130 56B	1.33	78.65	0.5061
131 56C	0.07	78.71	0.0251
132 57A	0.09	78.80	0.0338
133 57B	0.48	79.29	0.1835
134 57C	0.12	79.41	0.0460
135 57D	0.43	79.84	0.1631
136 57E	1.48	81.32	0.5631
137 58A	0.03	81.35	0.0130
138 58B	0.34	81.69	0.1276
139 58C	0.06	81.75	0.0218
140 58D	0.25	81.99	0.0939
141 64	1.27	83.27	0.4830
142 65A	1.87	85.14	0.7105
143 65B	0.22	85.35	0.0820
144 66A	0.72	86.07	0.2731
145 66B	0.47	86.54	0.1786
146 66C	0.02	86.56	0.0078
147 66D	0.03	86.59	0.0097
148 67	1.42	88.00	0.5377
149 68	1.47	89.47	0.5589
150 69	0.71	90.19	0.2706
151 59A	0.77	90.96	0.2930
152 59B	0.53	91.49	0.2008
153 58	0.76	92.25	0.2895
154 77A	1.41	93.66	0.5356
155 77B	0.47	94.13	0.1777
156 78	0.91	95.03	0.3446
157 74	1.44	96.47	0.5452
158 75A	0.03	96.50	0.0112
159 75B	1.44	97.94	0.5471
160 76A	0.97	98.91	0.3675
161 76B	0.08	98.98	0.0286
162 76C	0.75	99.73	0.2860

163 20G	0.21	99.94	0.0800
164 LEIRA	0.06	100.00	0.0211
-----	-----	-----	-----
Total of 164 classes	100.00		37.9878

ANEXO 13  
TABELA FINAL CONTENDO DADOS ALFANUMÉRICOS DOS TALHÕES  
(CONDENSADA)

ID res3

TITLE RES3 DADOS DOS TALHOES

MAPID res2

WINDOW ?? 0 0 0 0

TABTYPE 2

FTYPE free

KEYFIELD 1

KEYBASE 0

NRECORD 579

1	5	8.000000	0	mor	MORTON
2	1	8.400000	0	lat	LAT
3	1	8.400000	0	lon	LON
4	3	3.000000	0	uni	UNIQUE
5	3	1.000000	0	lev	LEVEL
6	3	3.000000	0	fet	FEATURE
7	3	3.000000	0	est	ESTRATO
8	3	3.000000	0	ano	ANO DE PLANTIO
9	3	3.000000	0	sit	INDICE SITIO
10	3	3.000000	0	des	DESBASTE
11	1	10.200000	0	dap	DAP - DIAMETRO ARV MEDIA
12	1	10.200000	0	alt	ALTURA - ARVORE MEDIA
13	1	10.200000	0	vam	VOL.AR.V.M3 - VOLUME ARV MEDIA M3
14	1	10.200000	0	vas	VOL.AR.V.ST - VOLUME ARV MEDIA ST
15	1	10.200000	0	vkm	VOL.KM2.M3 - VOLUME POR KM2 (M3)
16	1	10.200000	0	vks	VOL.KM2.ST - VOLUME POR KM2 (ST)
17	1	10.200000	0	aba	A.BASAL KM2 - AREA BASAL POR KM2
18	1	10.200000	0	nar	NUM.AR.V.KM2 - NUMERO DE ARV POR KM2
19	1	10.500000	0	ata	AREA TALHAO
20	1	10.200000	0	field20	field20

DATA

b77f3fc	-24.1191	-49.3712	1	1	1	1	***	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.26614	0.00								
b77d49f	-24.1197	-49.3712	2	1	1	1	***	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.26614	0.00								
1ea728f	-24.1929	-49.3851	594	1	164	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02109	0.00							
c018726	-24.1600	-49.3700	595	1	74	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.79575	0.00							

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 ANDRADE, L. Imagens de satélite auxiliam no gerenciamento florestal. **Silvicultura**, São Paulo, n. 57, p. 24-27, set - out., 1994.
- 2 ANGER, C. D.; BABEY, S. K. ; ADMAMSON, A. **New approach to imaging spectroscopy**. Orlando, 1990. 15 p.
- 3 ARONOFF, S. **Geographic Information Systems: A management perspective**. Ottawa, Canada: WDL Publications, 1993.
- 4 ASPIAZÚ , C.; BRITES, R. S. SIGs - Sistemas de informações geográficas - conceituação e importância. **Boletim Técnico Sociedade de Investigações Florestais**, Minas Gerais, n. 2, p.1-29, 1989.
- 5 ATLAS do Estado do Paraná. Curitiba, Secretaria do Estado da Agricultura e do Abastecimento - Instituto de Terras, Cartografia e Florestas, 1990.
- 6 BABEY, S. K.; ANGER, C. D. A. A compact airborne spectrographic imager (CASI). In: Canadian Symposium on Remote Sensing, 12, 1989, Vancouver. **Anais**. Vancouver: (s.n), 1989.
- 7 BÁRBARA, AÍDA. Geoprocessamento, futuro do setor florestal brasileiro. **Silvicultura**, São Paulo, n. 50, p. 36-44, jul-ago. 1993.
- 8 BARDDAL, S. M. A utilização do SIG na Klabin. In: Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas Aplicados à área Florestal - Seminário de atualização, 1º, Curitiba, 13-15 Set. 1994. **Anais**, p.83-92.
- 9 BERRY, J. K.; HADLEY, F.; MANSBACK, A. Spatially constrains marginal cost/marginal revenue model. In: National Workshop in Place Resource Inventories: Principles and Practices. Orono, ME, aug.,9-14, 1981. **Proceedings**. Bethesda, MD, SAF, 1982, p. 1061-1067.
- 10 BERRY, J. K. Using a microcomputer system to spatially characterize effective timber accessibility. In: Geographic Information System Workshop, 1. Atlanta, Georgia, Apr., 1-4, 1986. **Proceedings**. Falls Church, V.A., ASPRS, p. 273-283, 1986.

- 11 BERRY, J. K. Fundamental operation in computer-assisted map analysis. **International Journal of Geographical Information Systems**, v. 1, n. 2, p. 119-136, 1987.
- 12 BERRY, J. K.; SAILOR, J. K. A spatial analysis of timber supply. In: National Workshop in Place Resource Inventories: Principles and Practices. Orono, ME, aug., 9-14, 1981. **Proceedings**. Bethesda, MD, SAF, 1982, p. 828-832.
- 13 BRAGA, H. J. **Previsão agrícola: uma nova abordagem - uso de scanner aerotransportável e redes neurais**. Florianópolis, 1995. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção)- Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.
- 14 BRANDALIZE, A. B.; BORGES, J. F.; AGUIAR, W. X. Funcionalidade de uma aplicação de Sistemas de Informação Geográfica na empresa florestal. In: Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas Aplicados à área Florestal - Seminário de atualização, 1º, Curitiba, 13-15 Set. 1994. **Anais**, p. 111-117.
- 15 BURGAN, R. E.; HARTFORD, R. A. Computer mapping of fire danger and fire locations in the continental United States. **Journal of Forestry**, v. 86, n 1, p. 25 - 30, 1988.
- 16 BURROUGH, P.A. **Principles of geographical information systems for land resources assessment**. 2. ed. Oxford, England, Clarendon Press, 1987, 293 p.
- 17 CICONE, R. C.; MALILA, W. A. **Investigation of technicals for inventorying forested region**. Forest information requirements and joint use of remote sensing and auxiliary data. Houston, TX, NASA, Nov., v. 2, 1977.
- 18 CONDE, M. R.; CORNACCHIONI, L. A. Os frutos do SIG: A experiência da Suzano. **Fator GIS**, Curitiba, n. 7, p. 40-41, out-dez. 1994.
- 19 CORNACCHIONI, L. A. B. Operacionalidade do G.I.S. na Cia. Suzano de Papel e Celulose. In: Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas Aplicados à área Florestal - Seminário de atualização, 1º, Curitiba, 13-15 Set. 1994. **Anais**, p. 119-123.

- 20 COUTO, H. T. Z. do. Sistemas de Informações Geográficas: aplicações florestais. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 9, n. 28, p. 1-18, dez., 1993.
- 21 DANGERMOND, J. A classification of softwares components commonly used in Geographic Information Systems. **International Journal of Geographic Information Systems**, 1987.
- 22 DEMARS, C. Applying RID-POLI to rate forest stand hazard for tree mortality. In: Geographic Information System Workshop, (1986: Atlanta, Georgia). **Proceedings**. Falls Church, VA, ASPRS, 1986, p. 284-292.
- 23 GARRAT, M. W.; LUND, H. G.; ROBERTS, E. H. Merging Landsat imagery, terrain tapes, and existing extensive forest inventory information. In: National Workshop in Place Resource Inventories: Principles and Practices. Orono, ME, 1981. **Proceedings**. Bethesda, MD, SAF, 1982, p. 788-797.
- 24 HENDRIX, W. G.; PRICE, J. E. Application of geographic information systems for assessment of site index and forest management constrains. American Society of Photogrammetry. In: Geographic Information System Workshop, (1986: Atlanta, Georgia). **Proceedings**. Falls Church. 1986. p. 263-272, v.1.
- 24 HICK, P. T. Practical applications of airborne multiespectral scanner data for forest, agriculture and environmental monitoring. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM on Remote Sensing of Environment (1991: Rio de Janeiro). **Anais**. Rio de Janeiro: 1991. p. 425-432.
- 25 HÖCK, B. K.; PAYN, T. W.; SHIRLEY, J. W. Using a geographic information system and geostatistics to estimate site index of *Pinus radiata* for Kaingaroa forest, New Zealand. **New Zealand Journal of Forestry Science**, Rotorua, N. Z. v. 23 n. 3, p. 264-277, 1993.
- 26 HOLDER, G. *et al.* Flexible analysis through the integration of a fire growth model using an analytical GIS. In: GIS'90 "Making it Work", **Symposium Proceedings**, Vancouver, Canada, 1990. p 153 - 157.
- 27 HOSKING, G. Airbone video for resource monitoring - a new technology takes off. **That's New in Forest Research**, Rotorua, N. Z., nº 233, 1994.

- 28 INTERA-TYDAC. **Spans reference manuals (vol. 1, vol 2); Spans learning system (vol. 3)**, Intera-Tydac Technologies Inc., Ottawa, Ont., Canada, 1991.
- 29 JAAKKOLA, S. Use of Landsat MSS for forest inventory and regional management: the european experience. **Remote Sensing Reviews**, v. 2, p. 165-213, 1986.
- 30 KIRCHNER, F. F. O sistema geográfico de informações na precisão e qualidade da avaliação florestal. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO (7.: 1993: Curitiba). **Anais**. Curitiba: 1993. p. 260-263. v.3.
- 31 KIRCHNER, F. F. *et al.* Aplicações de dados digitais obtidos através de um sensor aerotransportável CASI (Compact Airborne Spectrographic Imager) e suas integrações em um sistema de informações geográficas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, (7.: 1993: Curitiba). **Anais**. Curitiba: 1993, p. 363-372, v.2.
- 32 KIRCHNER, F. F. *et al.* Implementação de um SIG. In: Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas Aplicados à Área Florestal - Seminário de atualização, 1º, Curitiba, 1994. **Anais**, p. 103-110.
- 33 LACERDA, J. S. de. O Geoprocessamento aplicado ao controle florestal. **Fator GIS**, Curitiba, n. 02, p. 16-17, jul-set., 1993.
- 34 MARBLE, F. D.; PEUQUET, D. S. Geographic information systems and remote sensing. In: COLWELL, R. N. **Manual of Remote Sensing**. 2. ed. Falls Church, VA, ASP, 1983, cap. 22 v. 1, p. 923-956.
- 35 MARTIN, F. C. Using a geographic information system for forest land mapping and management. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 51 n. 11 p. 1753-1759, 1985.
- 36 MAW, K. D.; BRASS, J. A. Forest management application of Landsat data in geographic information system. In: Pecora Symposium Remote Sensing: An Input to Geographic Information System in the 1980's, 7. Sioix Falls, SD, Oct., 18-21, 1981. **Proceedings**. Falls Church, VA, ASP, p. 330-340, 1982.



- 37 MEDEIROS, J. S. de. Utilização de Sistema de Informações Geográficas como ferramenta auxiliar no gerenciamento florestal. In: Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas Aplicados à área Florestal - Seminário de atualização, 1º, Curitiba, 13-15 Set. 1994. **Anais**, p. 93-101.
- 38 MIRANDA, E. E. de; *et al.* Aplicação de um sistema geográfico de informações ao zoneamento agroecológico do Arquipélago de Fernando de Noronha. In : SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (5.: 1988: Natal). **Anais**. Natal: 1988. p. 662 - 669, v.1.
- 39 MIRANDA, E. E. de; *et al.* Estruturação de uma base de dados informatizados sobre recursos naturais para o Estado do Acre, apoiada em sistema de informações geográficas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (6.: 1990: Manaus). **Anais**. Manaus: 1990. p 720 - 723. v.3.
- 40 MIRANDA, E. E. de; *et al.* Implantação de um sistema de informações geográficas para o Estado do Tocantins. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (6.: 1990: Manaus). **Anais**. Manaus: 1990. p 715 - 719. v.3.
- 41 NAKASHINA, B. S. *et al.* Early results from a digital imaging spectrometer. In: Canadian Symposium on Remote Sensing, 12, 1989, Vancouver. **Anais**. Vancouver. p. 2044-2046. 1989.
- 42 OLIVEIRA, M. O. D. **Aquisição e tratamento de dados para um sistema geográfico de informações**. São José dos Campos, 1986. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.
- 43 PAIVA, J. A.; ERTHAL, G. J. Metodologias de análise de redes dentro de um sistema de informação geográfica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (6.: 1990: Manaus). **Anais**. Manaus: 1990. p 711 - 714. v.3.
- 44 PAREDES, E. A. **Sistema de informação geográfica - Princípios e aplicações (Geoprocessamento)**. São Paulo: Érica, 1994. 675 p.
- 45 REED, F. L. C. "GIS and strategic forestry". In: GIS Workshop. Winnipeg, Manitoba, Feb. 16-19, 1987. **Proceedings**. Ottawa, Canadian Forestry Service, p. 12-20, 1987.

- 46 SADER, S. A.; JADKOWSK, M.A. Development of satellite remote sensing techniques as an economic tool for forestry industry. In: Canadian Symposium on Remote Sensing, 1989, **Proceedings**, p. 1558- 1561.
- 47 SANTOS, L. dos; *et al.* Confecção de mapa de trafegabilidade do terreno usando SIG e imagens de satélite. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (6.: 1990: Manaus). **Anais**. Manaus: 1990. p 763 - 765. v.3.
- 48 SHAPLEIGH, S. J.; BOSS, D. E. Great northern paper's interactive graphic processing system. In: National Workshop in Place Resource Inventories: Principles and Practices. Orono, ME, aug.,9-14, 1981. **Proceedings**. Bethesda, MD, SAF, 1982, p. 1004-1010.
- 49 SILVA, J. X. da; *et al.* A nova versão do S.A.G.A. / UFRJ In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 6º, Manaus, 1990. **Anais**. V 3, p 699 - 705.
- 50 TEIXEIRA, A. A. *et al.* A história dos SIGs. **Fator GIS**. Curitiba, n. 10, p. 21-26, jul-set. 1995.
- 51 TOMLINSON, R. F. *et al.* **Computer modeling of geographical data**. Paris: UNESCO, 1976. 214 p.
- 52 TOMLINSON, R. F.; CALKINS, H. W.; MARBLE, D. F. **Computer modeling of geographical data**. Paris: Unesco, 1976 214p.
- 53 TORRACA, F. A. P. Sistema informatizado de planejamento e controle de exploração florestal. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO (6: 1990: Campos do Jordão). **Anais**. Campos do Jordão: 1990. p. 18 - 19. v. 1.
- 54 ZACK, J. A.; MINNICH, R. A. Integration of geographic information systems with a diagnostic wild field model for fire management. **Forest Science**, v. 37, n. 2. p. 560 - 573, 1991.