

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

**ANÁLISE ESPACIAL DA EVOLUÇÃO DA
COBERTURA E USO DA TERRA NO DISTRITO DE
SANTA FLORA, SANTA MARIA, RS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Luciano Volenhaupt Pereira

Santa Maria, RS, Brasil

2008

**ANÁLISE ESPACIAL DA EVOLUÇÃO DA COBERTURA E
USO DA TERRA NO DISTRITO DE SANTA FLORA,
SANTA MARIA, RS**

por

Luciano Volenhaupt Pereira

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

Orientadora: Prof^ª. Meri Lourdes Bezzi

Santa Maria, RS, Brasil

2008

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

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

**ANÁLISE ESPACIAL DA EVOLUÇÃO DA COBERTURA E USO DA
TERRA NO DISTRITO DE SANTA FLORA, SANTA MARIA, RS**

elaborada por
Luciano Volenhaupt Pereira

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Geomática

COMISSÃO EXAMINADORA:

Meri Lourdes Bezzi, Dr^a.(UFSM)
(Presidente/Orientador)

Roberto Cassol, Dr. (UFSM)

Rudiney Soares Pereira, Dr. (UFSM)

Santa Maria, 18 de fevereiro de 2008.

Dedico este trabalho aos meus pais
Lisane, Acioli e irmãos
pelo apoio, estímulo
e compreensão.

AGRADECIMENTOS

A Deus, nosso criador, pela proteção;

Ao programa de Pós-Graduação em Geomática, pela oportunidade de realização do Mestrado.

À orientadora, Prof^a. Dr^a. Meri Lourdes Bezzi, pela importante oportunidade de realização deste trabalho, por sua compreensão, seu apoio, sua confiança e amizade.

Ao Prof. Dr. Rudiney Soares Pereira, pela sua importante contribuição na realização desta pesquisa e, sobretudo a sua amizade.

Ao Dr. Elvis Rabuske Hendges, pela sua dedicação e disponibilidade no auxílio dessa pesquisa.

Ao Mestre Carlos Roberto Santos da Silva, pelo incentivo e sua disponibilidade, quando possível, nos poucos tempos em que se deteve em me auxiliar com sua conversa campeira regado a um bom chimarrão e boa música gaúcha, neste Rio Grande afora.

Vale está afirmativa, também, ao Mestre Rudineli de Bairros Pires um amigo fora do sério.

Ao Engenheiro Florestal Luiz Rafael Delgado Barcelos, pela importante participação e ajuda não só neste trabalho, mas também em outros trabalhos.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Geomática, pelos ensinamentos recebidos no desenvolvimento do curso.

Aos colegas e amigos do Núcleo de Desenvolvimento de Informações e Geotecnologias (NDIGe), pela amizade e sugestões.

À Sandra Elisa Réquia, pela atenção e incentivo desse trabalho, além de todas as pessoas da Unidade de Apoio Pedagógico que participaram nesta jornada.

Aos colegas do Núcleo de Estudos de Regionalização e Agrário (NERA), pela amizade e pelo suporte técnico prestado.

Aos órgãos públicos como EMATER, Secretaria de Desenvolvimento Rural, Agricultores e Proprietários Rurais do distrito de Santa Flora, os quais disponibilizaram suas informações, fornecendo subsídios para a realização dessa dissertação.

Aos membros da Comissão Examinadora, que gentilmente aceitaram o convite de ler e sugerir modificações para o aprimoramento da pesquisa.

Ao secretário do PPGG Wanderley da Costa Vasconcellos por sua amizade e atenção neste trabalho.

Agradeço em especial aos meus pais e familiares.

A todos aqueles que me apoiaram de alguma forma nesta jornada, sejam: amigos, irmãos e demais pessoas conhecidas.

RESUMO

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

ANÁLISE ESPACIAL DA EVOLUÇÃO DA COBERTURA E USO DA TERRA NO DISTRITO DE SANTA FLORA, SANTA MARIA, RS

Autor: Luciano Volenhaupt Pereira
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Meri Lourdes Bezzi
Data e local da defesa: Santa Maria, 18 de fevereiro de 2008.

O presente trabalho teve por objetivo analisar espacialmente a evolução da cobertura e uso da terra por meio do uso de técnicas de geoprocessamento no distrito de Santa Flora, Santa Maria, Rio Grande do Sul (RS), no período de 2000 a 2006. Especificamente buscou-se identificar, quantificar e analisar as informações representativas da paisagem, relacionando-as aos aspectos socioeconômicos e ambientais do distrito. Desta forma, utilizou-se para a realização deste estudo, o mapa municipal de Santa Maria (1993), a imagem do satélite LANDSAT 7 ETM+ (2000) e a imagem do satélite CBERS 2 (2006), ambos de mesma época, implementados no sistema de geoprocessamento SPRING. Este sistema permitiu a realização da classificação das imagens e na elaboração dos elementos cartográficos (base cartográfica, mapa hipsométrico, mapa clinográfico e mapa de uso da terra), associadas, paralelamente, à conferência no campo. O tipo de classificação foi supervisionada e as imagens foram classificadas *pixel a pixel*, sendo que o classificador utilizado foi o MAXVER. As classes temáticas utilizadas para uso da terra foram: floresta, lavoura, campo, solo exposto e água. Após a etapa de classificação das imagens, realizou-se o cruzamento dos mapas temáticos. Com o auxílio da programação LEGAL, determinou-se a evolução florestal, a evolução da lavoura com as seguintes classes: aumento, manutenção, diminuição, e as áreas de preservação permanente de acordo com a legislação vigente. Entre os principais resultados destaca-se o aumento da área classe lavoura em 11.008,00 ha entre os períodos de 2000 a 2006, ou seja, acréscimo em mais de 100%. Conseqüentemente, houve a diminuição da área florestal (6.825,32 ha) e a de campo (21.291,32 ha) no período de 2006, em decorrência da expansão do setor primário, neste caso lavoura. Os resultados obtidos permitiram conhecer, monitorar e explorar a cobertura e uso da terra por meio das técnicas de geoprocessamento, fornecendo subsídios para as diferentes áreas. Salienta-se que neste estudo, as atividades agrícolas são responsáveis pelas mudanças na cobertura e uso da terra atreladas a política socioeconômica do setor primário.

Palavras-chaves: uso da terra; geoprocessamento; sistema de informação geográfica (SIG); sensoriamento remoto.

ABSTRACT

Dissertation of Master's degree
Program of Master's degree in Geomatics
Federal University of Santa Maria - RS, Brazil

SPACE ANALYSIS OF THE EVOLUTION OF THE COVERING AND USAGE OF THE EARTH IN DISTRICT OF SANTA FLORA, SANTA MARIA, RS

Author: Luciano Volenhaupt Pereira

Advisor: Prof^ª. Dr^ª. Meri Lourdes Bezzi

Date and place of the presentation: Santa Maria, February 18, 2008.

This present work had as objective to spatially analyze the evolution of the covering and usage of the land through the usage of geoprocessing techniques in the district of Santa Flora, Santa Maria, Rio Grande do Sul (RS), in the period of 2000 and 2006. Specifically it was sought to identify, to quantify and to analyze the representative information of the landscape, relating them to the social economical and environmental aspects of the district. In this way, it was used for the accomplishment of the study, Santa Maria's municipal map (1993), the image of the satellite LANDSAT 7 ETM+ (2000) and the image of the satellite CBERS 2 (2006), both of the same time period, implemented by the geoprocessing system SPRING. This system allowed the accomplishment of the classification of the images and in the elaboration of the cartographic elements (cartographic base, hipsometric map, clinographic map and map of the earth usage), associated in parallel to the conference in the field. The classification type was supervised and the images were classified pixel by pixel, and the classifier used was the MAXVER. The thematic classes used for use of land were: forest, farming, field, exposed soil and water. After the stage of image classification, the crossing of the thematic maps was done. With the aid of the LEGAL programming, it was determined the forest evolution, the evolution of the farming field with the following classes: increase, maintenance, decrease, and the areas of permanent preservation in agreement with the current legislation. Among the key findings are referred to the increase area of farming class in 11.008,00 ha between the periods from 2000 to 2006, increasing by more than 100%. Consequently, there was a decline in forest area (6.825,32 ha) in the field (21.291,32 ha) in the period of 2006, due to the expansion of the primary sector, in this case farming. The results enabled know, track and explore the coverage and use of the land through the techniques of geoprocessing, providing subsidies for the different areas. It should be noted that in this study, the agricultural activities are responsible for the changes in coverage and use of the land assigned to socioeconomic policy of the primary sector.

Keywords: land usage; geoprocessing; geographic information system (GIS); remote sensing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - Componentes de um SIG.....	24
FIGURA 2 - Arquitetura de um SIG.....	25
FIGURA 3 - Representação das estruturas no formato vetorial e matricial.....	26
FIGURA 4 - Representação topológica.....	26
FIGURA 5 - Componentes básicos para aquisição dos dados.....	33
FIGURA 6 - Espectro eletromagnético.....	34
FIGURA 7 - Mapa do distrito de Santa Flora, Santa Maria / RS.....	48
FIGURA 8 - Base Cartográfica, distrito de Santa Flora, Santa Maria / RS.....	71
FIGURA 9 - Mapa Hipsométrico, distrito de Santa Flora, Santa Maria, RS.....	72
FIGURA 10 - Mapa Clinográfico, distrito de Santa Flora, Santa Maria / RS.....	74
FIGURA 11 - Mapa de uso da terra – 2000, distrito de Santa Flora, Santa Maria / RS.....	78
FIGURA 12 - Mapa de uso da terra – 2006, distrito de Santa Flora, Santa Maria / RS.....	79
FIGURA 13 - Mapa de áreas de preservação permanente, distrito de Santa Flora, Santa Maria / RS.....	82
FIGURA 14 - Mapa de evolução florestal 2000 - 2006, distrito de Santa Flora, Santa Maria / RS	84
FIGURA 15 - Mapa de evolução lavoura 2000 - 2006, distrito de Santa Flora, Santa Maria / RS.....	87

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Quantificação das classes hipsométricas.....	72
TABELA 2 - Distribuição das classes de declividade.....	75
TABELA 3 - Quantificação das classes de uso da terra – 2000.....	76
TABELA 4 - Quantificação das classes de uso da terra – 2006.....	79
TABELA 5 - Quantificação de cada classe de evolução florestal no período de 2000 – 2006.....	83
TABELA 6 - Quantificação de cada classe de evolução da lavoura no período de 2000 – 2006.....	86

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Exemplos de Análise Espacial e Temporal de Dados Geográficos.....	27
QUADRO 2 - Resumo das Operações de Álgebra de Mapas.....	30
QUADRO 3 - Bandas espectrais e suas principais características de aplicação de cada banda do sensor LANDSAT.....	38
QUADRO 4 - Bandas espectrais e o intervalo de comprimento de onda	40
QUADRO 5 - Descrição da organização da origem de elaboração da base cartográfica.....	58
QUADRO 6 - Etapas para georreferenciamento.....	59
QUADRO 7 - Classes de declividade do solo.....	63

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP	-	Áreas de Preservação Permanente
BGR	-	<i>Blue, Green, Red</i>
CBERS	-	<i>China-Brazil Earth Resources Satellite</i>
CCD	-	<i>Charge Coupled Device</i>
DPI	-	Divisão de Processamento de Imagens
DSG	-	Diretoria de Serviço Geográfico do Exército
EMBRAPA	-	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ERTS-1	-	<i>Earth Resources Technological Satellite-1</i>
ETM ⁺	-	<i>Enhanced Thematic Mapper Plus</i>
GeoTIFF	-	<i>GeoTagged Image File Format</i>
GRIB	-	<i>Gridded Binary</i>
GPS	-	<i>Global Position System</i>
ha	-	Hectares
IBGE	-	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	-	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IRMSS	-	Imageador por Varredura Média Resolução
JPEG	-	<i>Joint Photographers Expert Group</i>
Km ²	-	Quilômetros Quadrados
LANDSAT	-	<i>Land Remote Sensing Satellite</i>
LEGAL	-	Linguagem Espacial de Geoprocessamento Algebrico
MAXVER	-	Máxima Verossimilhança
Mb	-	<i>Megabyte</i>
MDE	-	Modelo Digital de Elevação
Mhz	-	Megahertz

MNT	-	Modelo Numérico do Terreno
MSS	-	<i>Multispectral Scanner</i>
NASA	-	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
PI	-	Plano de Informação
PIXEL	-	<i>Picture Element</i>
PDI	-	Processamento Digital de Imagem
RBV	-	<i>Return Beam Vidicom</i>
REM	-	Radiação Eletromagnética
SBCS	-	Sistema Brasileiro de Classificação do Solo
SIG	-	Sistema de Informação Geográfica
SEMA/RS	-	Secretaria de Meio Ambiente do Rio Grande do Sul
SPRING	-	Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas
SRTM	-	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
TIFF	-	<i>Tagged Image File Format</i>
TIN	-	<i>Triangular Irregular Network</i>
TM	-	<i>Thematic Mapper</i>
UFSC	-	Universidade Federal de Santa Maria
UFRGS	-	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UTM	-	Universal Transversa Mercator
WFI	-	<i>World Reference System</i>
μm	-	Micrômetro

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A – Programação LEGAL para Áreas de Preservação Permanente.....	98
APÊNDICE B – Programação LEGAL para Avaliar a Evolução Florestal.....	99
APÊNDICE C – Programação LEGAL para avaliar a Evolução da Lavoura.....	100

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	18
1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	21
1.1 Importância da Cobertura e Uso da Terra.....	21
1.2 Geoprocessamento.....	22
1.3 Sistemas de Informações Geográficas (SIG's).....	24
1.4 Álgebra de Mapas.....	28
1.4.1 Conceito.....	28
1.4.2 Características das classes das operações.....	28
1.4.3 Resumo das Operações.....	30
1.4.4 Programação LEGAL no Aplicativo SPRING.....	31
1.5 Sensoriamento Remoto.....	32
1.5.1 Conceitos Básicos.....	32
1.5.2 Satélites LANDSAT.....	36
1.5.3 Satélites CBERS.....	39
1.5.4 SRTM (<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>).....	40
1.5.5 Aplicações do Sensoriamento na Cobertura e Uso da Terra.....	42
1.6 Processamento Digital de Imagem.....	43
2 CARACTERIZAÇÃO SÓCIO-ESPACIAL DO DISTRITO DE SANTA FLORA, RS.....	47
2.1 Revendo a Gênese e o Atual do distrito de Santa Flora, RS.....	47
2.2 Caracterização físico-natural do distrito.....	49
2.2.1 Geomorfologia.....	49
2.2.2 Geologia.....	50
2.2.3 Solos	51
2.2.4 Clima.....	53
2.2.5 Hidrografia.....	53

2.2.6 Vegetação.....	54
3 MATERIAIS E METODOLOGIA.....	56
3.1 Materiais.....	56
3.1.1 Material de laboratório.....	56
3.1.2 Material de campo.....	57
3.2 Metodologia.....	57
3.2.1 Levantamento de material bibliográfico.....	57
3.2.2 Base Cartográfica.....	57
3.2.2.1 Conversão do mapa analógico em imagem digital.....	58
3.2.2.2 Trabalhando com as imagens de satélite	58
3.2.2.3 Georreferenciamento (registro) do mapa imagem.....	58
3.2.3 Processamento digital de imagem.....	60
3.2.4 Geração de elementos temáticos.....	61
3.2.5 Geração das curvas de nível a partir imagem SRTM.....	61
3.2.6 Elaboração de mapas temáticos a partir do MNT (Modelo Numérico do Terreno).....	62
3.2.6.1 Conceito.....	62
3.2.6.2 Mapa Hipsométrico.....	62
3.2.6.3 Mapa Clinográfico.....	63
3.2.7 Classificação Digital de Imagens.....	64
3.2.8 Mapeamento para Classe Temáticas.....	65
3.2.9 Análise Espacial em Programação LEGAL no aplicativo SPRING.....	66
3.2.9.1 Mapa de Áreas de Preservação Permanente (APP).....	66
3.2.9.2 Mapa da Evolução Florestal.....	67
3.2.9.3 Mapa da Evolução da Lavoura.....	68
3.2.10 Quantificação do Uso da Terra.....	68
3.2.11 Edição Final dos Mapas.....	69
3.2.12 Reambulação Temática.....	69
3.2.13 Análise e Interpretação.....	69
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	70
4.1 Base Cartográfica.....	70
4.2 Mapa Hipsométrico.....	71
4.3 Mapa Clinográfico.....	73
4.4 Análise do Mapa de Uso da Terra – 2000.....	76
4.5 Análise do Mapa de Uso da Terra – 2006.....	78
4.6 Mapa das Áreas de Preservação Permanente.....	82

4.7 Mapa da Evolução Florestal.....	83
4.8 Mapa da Evolução da Lavoura.....	85
CONCLUSÃO.....	88
REFERÊNCIAS.....	92

INTRODUÇÃO

Historicamente, o grande consumo de recursos naturais renováveis e não renováveis, como também a deficiente reposição contínua destes, associados aos interesses de grandes agentes econômicos e ambientais, tem sido responsável pelas principais mudanças na cobertura e uso da terra e é discutida em diferentes segmentos da sociedade. No entanto, a manutenção e o conhecimento desses recursos fornecem subsídios para os pesquisadores e órgãos públicos decidirem, elaborarem e executarem planejamentos mais eficazes, evitando, ao máximo a agressão ao meio ambiente.

Para compreensão da interação dessa dinâmica, o meio ambiente constitui-se no resultado da modificação na natureza pela ação do antrópica, bem como sua mudança no seu comportamento devido às suas limitações, devendo esta relação manter-se em equilíbrio, de maneira sustentável, focalizando as mais diversas ciências nos estudos ambientais.

O monitoramento e planejamento para o uso sustentável dos recursos naturais é necessário em todas as áreas das sociedades, associado ao gerenciamento desses, por meio de práticas agrícolas, florestais e da expansão urbana. Neste contexto, se faz necessário conhecer a importância da cobertura e uso da terra, a qual busca identificar, em diferentes paisagens, subsídios para a compreensão dos aspectos físicos, econômicos e sociais considerando as escalas do local ao global.

Dessa forma, o mapeamento da cobertura e uso da terra se faz necessário por permitir analisar a utilização dos recursos naturais, conhecer a evolução da ocupação de determinada área, planejar e quantificar os resultados, podendo os impactos desses ser, negativos ou positivos, conforme sua classificação e/ou objetivo a que o mesmo se destina.

É importante destacar que sob diferentes avanços e novas tecnologias pode-se alcançar e elevar índices de desenvolvimento em determinada escala temporal. Verificando um manejo mais adequado, bem como realizar projeções dinâmicas da cobertura e uso da terra. Consideradas estas projeções importantes na elaboração de diagnósticos e prognósticos e ainda na tomada de decisão, independente do tamanho da área estudada. Isso permite o armazenamento e a realização de análise mais complexa ao integrar dados de diversas fontes, além de criar um banco de dados digital georreferenciado. Estes dados são considerados em geoprocessamento como sistema de informação geográfica (SIG), devido à natureza espacial

das informações, tendo como principal característica a diversidade de fontes geradoras e formatos apresentados.

Entre as tecnologias, o sensoriamento remoto é considerado como um conjunto de técnicas de geoprocessamento aliado ao SIG e ao processamento digital de imagens, que permite avaliar determinado recorte espacial, no espaço temporal, através do uso e cobertura da terra e suas aptidões. Tais técnicas permitem a geração de dados que possibilitam analisar, monitorar, localizar áreas de impacto ambiental, com riscos de serem degradadas, avaliar as potencialidades de exploração agrícola, da pecuária e das áreas de floresta, relacionadas ao presente estudo. Ressalta-se que o processamento digital usa técnicas que permitem melhorar o aspecto visual de certas feições estruturais da imagem, além de fornecer subsídios para sua interpretação por meio de ferramentas computacionais.

Assim, buscou-se no distrito em estudo relacionar as técnicas de geoprocessamento uma vez que o mesmo apresenta distintos problemas ambientais, tais como, a erosão do solo devido ao tipo de solo, associados ao índice pluviométrico (chuvas, lixiviação, escoamento superficial) e, também, impactos antrópicos. Outro fator importante a ser ressaltado é a precariedade das estradas, dificultando o crescimento e desenvolvimento do distrito e o desmatamento de algumas áreas para expansão agrícola.

Salienta-se que uma das maiores vantagens das técnicas de geoprocessamento é a extensão espacial da área, além de custo, tempo e, principalmente a capacidade de generalização dos resultados, por meio de projeções representadas por mapas, com os quais, se têm condições de realizar diagnósticos da área visando sua utilização racional uma vez que esta é importante na compreensão da organização dos padrões espaciais, procurando minimizar os impactos ambientais no distrito em estudo. Ressalta-se que a razão da escolha dos períodos analisados se deu pela disponibilidade e qualidade das imagens, além do custo destas, o qual que permitiu a realização deste estudo.

Contudo, no planejamento e no gerenciamento ambiental, via técnicas de geoprocessamento, possibilita-se o uso e a visualização em conjunto das informações espaciais, junto a imagens de satélite, sob a forma de um banco de dados por meio de mapas digitais, de forma ágil e eficiente, minimizando custos, proporcionando melhor aproveitamento do uso da terra e das atividades produtivas.

Neste contexto, o objetivo geral do trabalho foi analisar espacialmente a evolução da cobertura e do uso da terra por meio do uso de técnicas de geoprocessamento no distrito de Santa Flora, Santa Maria, no período de 2000 e 2006. Especificamente buscou-se: (a) identificar e quantificar, os elementos cartográficos por meio de uma base cartográfica (a rede

hidrográfica e a malha viária), o uso da terra, as áreas de preservação permanente e o uso restrito de acordo com a legislação vigente por meio de uma base cartográfica analógica; (b) elaborar os mapas temáticos de base cartográfica, hipsometria, clinográfico, uso da terra, áreas de preservação permanente, evolução florestal e evolução da lavoura e (c) avaliar parâmetros da evolução florestal e evolução da lavoura na escala temporal nos anos de 2000 e 2006.

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 Importância da Cobertura e Uso da Terra

A abordagem sobre a cobertura e uso da terra é distinta. No que se refere à cobertura da terra, esta é entendida como a caracterização do estado físico, químico e biológico da superfície e está representada pelas florestas, gramíneas, águas ou áreas construídas. Já o uso da terra trata dos propósitos humanos associados a uma determinada cobertura podendo suportar múltiplos usos, como por exemplo: agricultura, pecuária, área residencial entre outros. Pode também haver mudanças no uso da terra sem que ocorra alteração na cobertura, ou combinar diferentes coberturas vegetais sob o mesmo uso da terra. (TURNER et al. 1994 apud BRIASSOULIS, 2000).

O IBGE (2006) define por levantamento de cobertura e uso da terra “[...] o conjunto de operações necessárias a uma pesquisa temática que pode ser sintetizada através de mapas”. Este indica a distribuição geográfica de tipologia, identificada através de padrões homogêneos da cobertura terrestre, além de retratar as formas e a dinâmica de ocupação da terra, apresentando-se como instrumento valioso na construção de indicadores ambientais e para avaliação da capacidade de suporte ambiental.

Para se entender a dinâmica da cobertura e uso da terra é necessário caracterizar seu uso e os agentes envolvidos, porque a classificação, somente da cobertura, não é suficiente. Os motivos que justifiquem a influência e as alterações no uso da terra são apresentados sob três formas: (1) convertendo a cobertura; (2) modificando sua função, estrutura e características, sem propriamente causar uma mudança de tipo; (3) mantendo a cobertura contra agentes naturais de mudança. Vale observar que as mudanças de cobertura ocasionadas por mudanças de uso não necessariamente implicam em degradação da terra. (AGUIAR, 2002).

Nesse sentido, a aplicação do sensoriamento remoto em várias escalas temporais por meio do mapeamento, servirá de análise nessas relações espaciais, obtidas e armazenadas em SIG (Sistema de Informação Geográfica). Servirá também como forma de buscar a caracterização de paisagens distintas, assim como de desvendar os processos que resultaram

na análise da dinâmica do uso e cobertura da terra, ou mesmo a dinâmica da paisagem. (SOARES FILHO, 1998).

Dessa forma, estes estudos permitem o conhecimento e controle da dinâmica das alterações constadas, além de depender de comparações de levantamentos e qualificações efetuadas em diferentes períodos. Isto é, o monitoramento no qual é feita uma comparação entre mapas elaborados a partir de imagens que permitem inferências retrospectivas na análise de séries temporais para o conhecimento de razões históricas que deram origem às modificações eventualmente constadas no presente. (KRONKA et al. 2005).

Em se tratando da dinâmica da paisagem, as mudanças no uso e cobertura da terra são um dos grandes desafios no desenvolvimento de técnicas e abstrações que sejam capazes de representar adequadamente os fenômenos espaço - temporais inerentes e dinâmicos. (ALMEIDA et al., 2003).

1.2 Geoprocessamento

Rodrigues (1990, p.1) define geoprocessamento, como um “[...] conjunto de tecnologias de coleta de tratamento, de desenvolvimento e uso de sistemas de informações espaciais, e de desenvolvimento e uso de sistemas que as utilizam”. Podendo ser destinado para o planejamento urbano, regional, agrícola e ambiental exigindo um conhecimento multidisciplinar, uma vez que todo planejamento físico depende fundamentalmente de informações atualizadas sobre a estrutura de ocupação do solo. (BOLFE, 2001).

Câmara; Medeiros (1998, p. 3) conceituam geoprocessamento como conjunto

[...] que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e que vem influenciando de maneira crescente as áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional.

Para Teixeira (1997) o geoprocessamento pode ser considerado como uma tecnologia multidisciplinar que abrange o conjunto de procedimentos de entrada, manipulação, armazenamento e análise de dados espacialmente georreferenciados.

Desta forma, o geoprocessamento apresenta uma grande aplicabilidade e interliga várias áreas do conhecimento. Rocha (2000, p. 210) definindo-o de uma forma bastante ampla:

Uma tecnologia transdisciplinar que, através da axiomática da localização e do processamento de dados geográficos, integra várias disciplinas, equipamentos, programas, processos, entidades, dados, metodologias e pessoas para a coleta, tratamento, análise e apresentação de informações associadas a mapas digitais georreferenciados.

Assad; Sano (1998) ressaltam que o principal objetivo do geoprocessamento é fornecer ferramentas computacionais, para que os diferentes pesquisadores determinem as evoluções espaciais e temporais de um fenômeno geográfico e as suas inter-relações.

Essas evoluções associadas às imagens de satélite e à informática propiciaram uma abrangência do conhecimento científico contribuindo para o desenvolvimento de uma área de estudo, o geoprocessamento.

Nessa linha de raciocínio Bolfe (2001, p.7) salienta que:

[...] a evolução da tecnologia dos sensores remotos, processamento de dados eletronicamente e a popularização de equipamentos como GPS (Sistema de Posicionamento Global), “*scanner*”, “*plotter*”, computadores pessoais (*Laptop*) com capacidade de processar um grande quantidade de informações em um pequeno espaço de tempo, tem despertado o interesse dos mais diferentes profissionais.

Ruhoff (2004, p.7), afirma que “[...] a tecnologia de geoprocessamento enfatiza a representação de fenômenos espaciais de forma estática”. No entanto, um grande conjunto de fenômenos espaciais é inerentemente dinâmico, e as representações estáticas em Sistema de Informações Geográficas não capturam de forma adequada.

Assim, Câmara; Medeiros (1998) enfatizam que existem diferentes fenômenos geográficos a se distribuírem sobre a superfície da terra, estabelecendo padrões de ocupação, sendo estes representados por diferentes formas de relação na qual o geoprocessamento procura esquematizar através de técnicas implícitas e explícitas de sua inter-relação.

Neste contexto, Câmara; Medeiros (1998, p. 5) destacam alguns conceitos chaves e o seu significado

- Relação espacial: um fenômeno espacial (exemplo a topografia) está relacionado com o entorno de forma tão intensa quanto maior for a proximidade de localização.
- Relação temática: as características de uma região geográficas são moldadas por um conjunto de fatores. Assim, as formas geológicas, o solo, o clima, a vegetação e os rios formam uma totalidade inter-relacionada.
- Relação temporal: a fisionomia da terra está em constante transformação, em ciclos variáveis para cada fenômeno.
- Relação topológica: de particular importância na representação computacional, às relações topológicas como adjacência, pertinência e interseção, permitem estabelecer os relacionamentos entre objetos geográficos.

Segundo Moreira (2003), o geoprocessamento está empregado em diversas áreas do

conhecimento científico, dentre as quais podem-se citar a Cartografia, a Geografia, a Agronomia e a Geologia.

Um exemplo de geoprocessamento é o levantamento da hidrologia da superfície em que o imageamento de uma região permite identificação da cobertura vegetal, das áreas de conflito em relação ao seu uso adequado, entre outros. Tais análises são subsídios para a tomada de decisão nos planejamentos. (RODRIGUES, 1990).

Portanto, o geoprocessamento está relacionado com outras técnicas de tratamento da informação espacial. Entre elas destacam-se o Sensoriamento Remoto e o Sistema de Informações Geográficas (SIG).

1.3 Sistemas de Informações Geográficas (SIG's)

Sistema de Informação Geográfica refere-se um conjunto manual ou computacional de procedimentos utilizados para armazenar e manipular dados geo-referenciados. Também é considerado como um sistema de captação, armazenamento, visualização, análise e apresentação de dados. (ARONOFF, 1989).

EDUCASERE (2006, p. 14) diz que um Sistema de Informações Geográficas (SIG's) é “[...] um sistema composto por hardwares, softwares, dados e pessoas para ajudar na manipulação, análise e apresentação de informações”. (FIGURA 1).

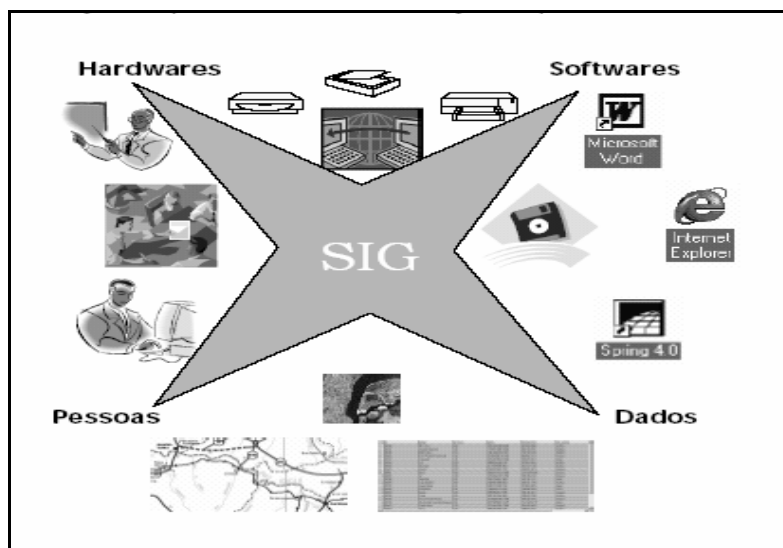


Figura 1 - Componentes de um SIG
Fonte: EDUCASERE (2006).

É importante ressaltar, segundo Câmara; Medeiros (1998, p. 3), quando os autores enfatizam as principais características dos SIG's em

"[...] integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados de censo e de cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno; combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação, para gerar mapeamentos derivados; consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados geocodificados".

Pode-se considerar que um SIG possui os seguintes componentes: interface com o usuário; entrada e integração de dados; funções de processamento; visualização e plotagem; armazenamento e recuperação de dados. A relação entre estes componentes é hierárquica conforme demonstra a figura 2. (INPE, 2006a).

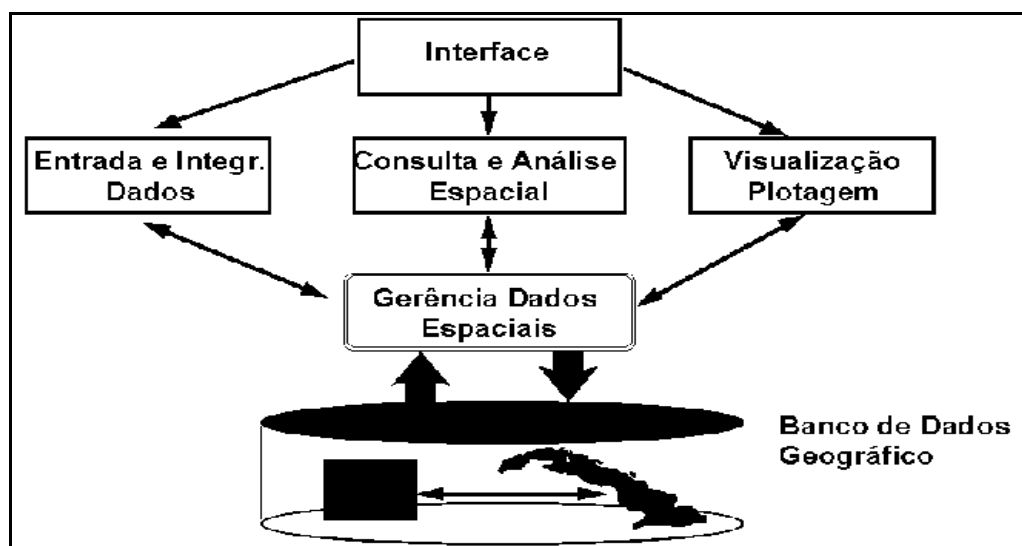


Figura 2 - Arquitetura de um SIG
Fonte: INPE (2006a).

O Sistema de Informação Geográfica pode trabalhar com dados geocodificados; superposição de informações temáticas das mais variadas áreas; estruturação de dados geo-ambientais, políticos, sociais e econômicos; definição do uso da terra; avaliação da percentagem de cobertura temática (agricultura, floresta, campos, lâmina d'água, entre outras) em determinada região; determinação de locais para instalação de complexos industriais, portos, barragens, etc e avaliação da tendência de crescimento urbano. (BOLFE, 2001).

Segundo Rocha (2000) todos os dados são armazenados e processados, subdividindo o "SIG" em dois subsistemas distintos: dados gráficos (espaciais ou geográficos), que descrevem as características geográficas da superfície (forma e posição) e dados não-gráficos (alfanuméricos ou descritivos), que descrevem os atributos das características.

Conforme o INPE (2006a), os dados espaciais podem ser armazenados sob camadas temáticas, planos de informação ou mapas, podendo ser representadas as estruturas no formato de vetor (*Vector*) ou matricial (*Raster*), dependendo do objetivo proposto pelo trabalho. (FIGURA 3).

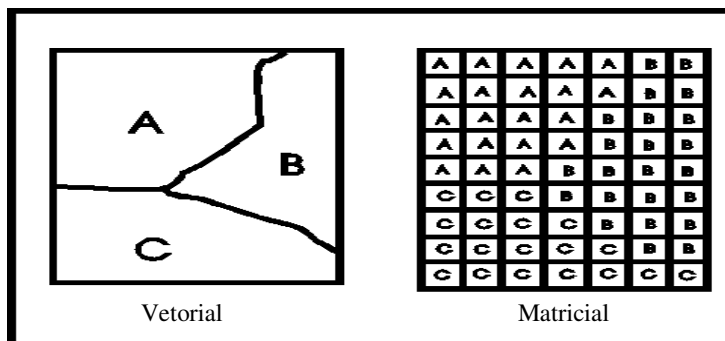


Figura 3 - Representação das estruturas no formato vetorial e matricial
Fonte: INPE (2006a).

Também seguindo as diretrizes do INPE (2006a) os mapas podem ser representados na forma de arcos (linhas), incluindo os nós (pontos) para organizar uma representação topológica. A topologia construída é do tipo arco-nó-região: arcos se conectam entre si através de nós (pontos inicial e final) e arcos que circundam uma área em forma de polígono (região). (FIGURA 4).

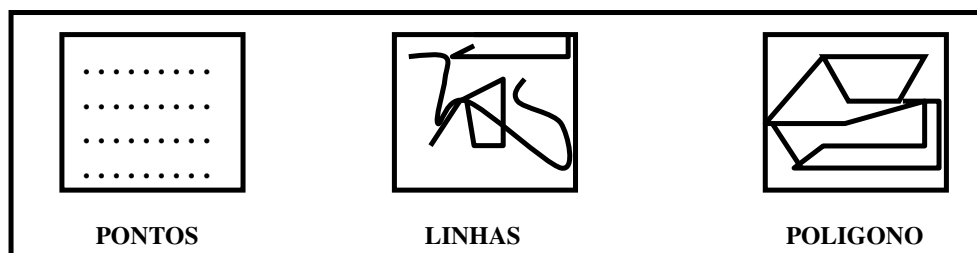


Figura 4 - Representação topológica
Fonte: INPE (2006a).
Org: Pereira, L.V. (2006).

Neste contexto, os mapas temáticos demonstram uma região geográfica particionada em polígonos segundo valores relativos a um tema qualquer. Já os mapas cadastrais apresentam objetos identificáveis através de uma representação topológica. Estes mapas além de representarem determinado espaço, área, região podem combinar dados de diversas naturezas analisados espacialmente dentro de uma escala temporal. (RUHOFF, 2004).

De acordo como INPE (2006a) um SIG tem fundamental importância na análise espacial e temporal, e possibilita: “[...] a realização de análises espaciais (geográfica). Tais

funções utilizam os atributos espaciais; buscando fazer simulações (modelos) sobre os fenômenos do mundo real, seus aspectos ou parâmetros”.

Segundo Sabins (1999), o uso do sensoriamento remoto no mapeamento de uma determinada área propicia a realização de um levantamento sistemático da superfície da terra, categorizam-se os diferentes usos em classes associadas ao Sistema de Informação Geográfica, simulando a dinâmica espacial do uso da terra com a produção de séries temporais de mapas para uma mesma área.

Para Soares Filho (2005), por meio de mapas temporais podem-se observar as mudanças e identificar as tendências da dinâmica na paisagem da área de estudo, incluindo suas taxas líquidas e brutas para cada período analisado, como também a evolução dessas taxas no decorrer do tempo.

Neste aspecto, o quadro (1) a seguir, demonstra alguns exemplos de análise espacial e temporal de dados geográficos.

Autor (es)	Exemplo(s) de análise espacial e temporal de dados geográficos	Local
Carvalho (2001)	Utilizou séries temporais do satélite LANDSAT para mapear e monitorar remanescentes florestais na região do Vale do Alto Rio Grande-Minas Gerais em uma área de mata Atlântica Semidecidual.	Vale do Alto Rio Grande-Minas Gerais em uma área de mata Atlântica Semidecidual.
Catelan (2002)	Mapeamento temporal do uso e cobertura da terra no município de Santa Margarida do Sul, utilizando duas séries do LANDSAT 7.	Município de Santa Margarida do Sul.
Salgado (2002)	Análise temporal de uso da terra a partir da integração de sensoriamento remoto e sistema de informações geográficas do Parque Municipal da Lagoa do Peri – Florianópolis / SC.	Parque Municipal da Lagoa do Peri – Florianópolis / SC.
Anderson et al. (2005)	Utilizaram dados multitemporais do sensor MODIS para o mapeamento de uso e cobertura da terra na Região Amazônica.	Região Amazônica.
Kleinpaul (2005)	Análise multitemporal da cobertura florestal da Microbacia do Arroio Grande, Santa Maria, RS	Microbacia do Arroio Grande, Santa Maria, RS.
Benedetti (2006)	Análise espacial da evolução do uso e cobertura da terra na Sub-bacia Hidrográfica do Arroio Arenal, Santa Maria, RS.	Sub-bacia Hidrográfica do Arroio Arenal, Santa Maria, RS.

Quadro 1 – Exemplos de Análise Espacial e Temporal de Dados Geográficos
Org: Pereira, L. V. (2007).

1.4 Álgebra de Mapas

1.4.1 Conceito

O termo álgebra de mapa (modelagem cartográfica) foi apresentada por Tomlin apud Barbosa em 1990 como conjuntos de procedimentos visualizado por meio de mapas numa base cartográfica comum, em que cada mapa é uma variável sujeita as operações matemáticas, em analogia aos ambientes de álgebra e estatística tradicional que evoluem procedimentos de modelagem. (BARBOSA et al., 1998).

A modelagem é um processo que decorre de operações primitivas de pontos, vizinhança e regiões sobre diferentes mapas, numa lógica seqüencial para interpretar e resolver problemas espaciais. Neste contexto, a seqüência de operações é similar à solução algébrica de um conjunto de equações. (BARBOSA et al., 1998).

Neste sentido, a álgebra de mapas compreende uma linguagem especializada para realizar operações que tem tanto um sentido matemático quanto cartográfico e espacial. Desta forma, os mapas são tratados como variáveis individuais entre geocampo¹ e geobjeto², e as funções definidas sobre estas variáveis que são aplicadas de forma homogênea a todos os pontos do mapa. Assim é possível desenhar um conjunto de funções que permitem o processamento das variáveis geográficas contidas na base de dados do Sistema de Informação Geográfica (SIG), como forma a obter nova informação, com capacidade de converter dados observados em informação útil, na qual constitui a função primordial da análise espacial do SIG. (CÂMARA et al., 1995).

1.4.2 Características das classes das operações

A unidade básica de processamento é o *pixel*, que pode ser processado independentemente, integrado numa vizinhança ou integrado em região de elementos com o mesmo atributo. Assim, operações com mapas são agrupadas em três grandes classes podendo

¹ Geocampo: representa a distribuição espacial de uma variável, a qual possui valores em todos os pontos pertencentes a uma região geográfica. (ASSAD; SANO, 1998).

² Geobjeto: é um elemento único que possui atributos não-espaciais e está associado a múltiplas localizações geográficas. A localização pretende ser exata e o objeto é distinguível de seu entorno. (ASSAD; SANO, 1998).

ser de nível local (pontuais), de vizinhança ou a uma escala regional (zonais). (ASSAD; SANO, 1998).

As transformações pontuais (primeira classe) operam sobre geocampos de modo que o efeito resultante sobre cada ponto é independente dos valores de pontos vizinhos. Os casos mais simples dessas transformações são as operações unárias (operações de transformação equivale a entrada de um único geocampo), matemáticas (funções aplicadas ao Modelo Numérico do Terreno - MNT e a dado sensor remoto) e a aplicação de lógica booleana (utilizadas em análise espacial qualitativa e geram temático a partir de regras aplicadas a geocampo. Muitas outras transformações mais complexas dentre os operadores matemáticos, e que podem ainda ser classificadas como pontuais. Salienta-se nessas operações a possibilidade de modificação da topologia, ou seja, produzir um novo mapa a partir de um ou mais mapas de entrada, como exemplo, a reclassificação combinada com uma junção topológica, em que é criado um novo mapa por alteração dos valores (atributos) dos *pixels* do mapa original. (ASSAD; SANO, 1998).

Vale destacar, as operações booleanas aplicadas sobre mapas como uma das mais importantes operações em análise espacial. Usualmente envolve operações aritméticas de duas ou mais matrizes de igual dimensão, ambas georreferenciadas geometricamente. A adição corresponde à operação lógica "união", enquanto a multiplicação corresponde à "interseção". A subtração é útil na detecção de alterações que podem ocorrer em dois tempos diferentes (se o *pixel* não sofreu alterações, o resultado vem nulo). A divisão pode também ser usada para detectar alterações. (ASSAD; SANO, 1998).

A segunda classe de transformações relaciona um ponto a sua vizinhança. São funções que explicitamente fazem uso de alguma espécie de associação espacial para determinar um valor para um ponto em um novo mapa. Tipicamente implementam filtragens, métodos de interpolação espacial para MNT, mapa de declividade, etc, sendo de forte aplicabilidade em processamento digital de imagens. Também conhecidas como operações de contexto, envolvem a manipulação de um conjunto de *pixels* relativamente próximos num mapa. Um novo mapa é produzido como resultado dessas operações. (CÂMARA et al., 1995).

No caso, destaca-se a técnica dos "Filtros" utilizados para melhorar aspectos da imagem, ou através da detecção de propriedades similares (filtros de baixa frequência, como média, moda, valor mínimo ou máximo), ou de propriedades dissimilares (filtros de alta frequência como detecção de fronteiras). O uso de filtros assenta numa janela (por exemplo, com uma dimensão de 3 x 3 *pixels*) que vai "correndo" a imagem toda. Esta janela (também

designada kernel) contém os valores ou coeficientes com interesse para a operação. (INPE, 2006a).

A terceira classe de transformações, as regionais, se relaciona com as propriedades da região a que um certo ponto pertence, que podem referir-se a comprimento, área, perímetro, forma, ou ainda qualquer propriedade que possa ser extraída de algum mapa de referência, sobre uma região que seja definida a partir de uma expressão envolvendo outros mapas. Por exemplo, a geração de um mapa que apresente a Geologia predominante para um conjunto de regiões (ou zona) que subdividem uma área de estudo, como exemplo o tema Geologia é usado como referência para extração da propriedade e o tema Municípios para definição das regiões envolvidas. Estas operações envolvem um conjunto de pontos que se podem estender por uma grande área, incluindo um grande número de *pixels*. (ASSAD; SANO, 1998).

1.4.3 Resumo das Operações em Álgebra de Mapas

Portanto, está indicado no quadro 2, o resumo das operações a cada classe de objetos de entrada e saída e a dos objetos modificadores, além das restrições para cada operação aplicável.

Operação	Objeto Entrada	Objeto Modificador	Objeto Saída	Restrição
Ponderação	Temático		Numérico	(Função Unária)
Fatiamento	Numérico		Temático	(Função Unária)
Reclassificação	Temático		Temático	(Função Unária)
Booleana	Numérico, Temático		Temático	Regras
Matemática	Numérico		Numérico, Temático	(Fórmula)
Vizinhança	Numérico, Temático		Numérico, Temático	(Função local e forma da vizinhança)
Zonais	Numérico	Temático	Numérico	
Identificação	Temático		Geoobjeto (conjunto cadastral)	
Intersecção Espacial	Temático (n)		Geoobjeto (conjunto cadastral)	
Mapa de Distâncias	Geoobjeto	Cadastral	Temático	(Predicado Métrico)
Reclassificação Atributos	Geoobjeto (conjunto)	Cadastral	Temático	(Atributo)
Zonal sobre geobjetos	Temático numérico	Geoobjeto, Cadastral	Temático, Numérico	
Seleção Espacial (restrição=geocampo)	Geoobjeto (conjunto)	Cadastral, Temático, Numérico	Geoobjeto (conjunto)	(Predicado espacial)

Quadro 2 - Resumo das operações de Álgebra de Mapas

Fonte: Assad; Sano (1998, p. 82).

1.4.4 Programação LEGAL no Aplicativo SPRING

Análise espacial em programação é descrita como a linguagem de programação LEGAL - Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico. Esta linguagem de programação é estruturada em três partes: declarações, instanciações e operações no ambiente SPRING, que permite a implementação de operadores sobre geocampos; pontuais e de vizinhança, sob a forma de expressões matemáticas, condicionais e booleanos, e algumas transformações entre diferentes modelos de categoria, além de operadores zonais, que permitem a geração de resultados no domínio dos geocampos e dos geoobjetos, que traduzem propriedades extraídas sobre regiões definidas em um plano de referência, através de operadores. (ASSAD; SANO, 1998).

A linguagem LEGAL é fortemente baseada no modelo de dados SPRING. Os operadores atuam sobre representações de dados dos Modelos Numéricos do Terreno (grades regulares), Imagem, Temático, Cadastral e Objeto. Os modelos Objeto e Cadastral são complementares, e essencialmente permitem a espacialização de atributos de tabelas de bancos de dados sob a forma de mapas cadastrais. A coerência entre modelo de dados e operadores é considerada na interpretação de sentenças da linguagem, garantindo um maior controle semântico na definição de modelos espaciais. Mensagens de erro de sintaxe e execução ajudam o usuário na construção de programas. (INPE, 2006a).

Esta linguagem prevê um ambiente geral para análise geográfica, com operadores espaciais sobre geocampos e geoobjetos existentes no banco de dados do SPRING, introduzidos pelo conceitual. Desta forma, baseando-se nos modelos de dados e nos níveis conceituais de dados geográficos, o SPRING possui uma linguagem de consulta espacial denominada LEGAL, onde são utilizados esquemas conceituais para definir espacializações das classes do modelo de dados. (CÂMARA, 1995).

Um programa em LEGAL, envolve símbolos (‘{’, ‘(’, ‘)’, ‘}’), consiste de uma seqüência de operações descritas por sentenças organizadas segundo regras gramaticais, envolvendo operadores (&&, ||, |, !, >, >=, ==, !=, <=, <), funções e dados espaciais, categorizados segundo o modelo de dados SPRING, e representados em planos de informação e mapas cadastrais de um mesmo banco de dados / projeto SPRING. Planos das categorias Numérico e Imagem correspondem a representações em formato matricial. A maioria dos operadores sobre planos do modelo Temático também faz uso de representações matriciais. Mapas do modelo Cadastral, que representam espacialmente dados do modelo Objeto, fazem

uso de representações no formato vetorial. Desta forma, nota-se que dentro da programação LEGAL existe uma grande aplicabilidade que são descritas no ajuda do SPRING ou manual do usuário. (INPE, 2006a).

1.5 Sensoriamento Remoto

1.5.1 Conceitos Básicos

De acordo com Pinto (1991), a utilização do sensoriamento remoto com imagens de satélite, teve início nas décadas de 60 e 70. As imagens orbitais foram escolhidas pelas suas características espectrais e pela sua repetitividade na discriminação de alvos que ocorrem na superfície, para mapeamentos e monitoramento ambiental.

Nessa linha de raciocínio destaca-se Novo (1998, p.2), quando o autor afirma que

O sensoriamento remoto consiste na utilização conjunta de modernos instrumentos (sensores), equipamentos, para o processamento e transmissão de dados e plataformas (aéreas ou espaciais) para carregar tais instrumentos e equipamentos, com o objetivo de estudar o ambiente terrestre através do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta Terra, em suas mais diversas manifestações.

Desta forma, o sensoriamento remoto pode ser entendido como processo de leitura realizado através de dispositivos (sensores), colocados em satélites ou aeronaves, onde os dados são coletados remotamente, para gerar informação, seja sobre objeto, área ou fenômeno para que estes sejam analisados.

Este conceito é reafirmado por Rocha (2000, p. 115), quando o autor destaca que o sensoriamento remoto é “[...] a aplicação de dispositivos que, colocados em aeronaves ou satélites, nos permitem obter informações sobre objetos ou fenômenos na superfície da terra, sem contato com eles”.

Nesse sentido, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2006a), entende, o sensoriamento remoto como “[...] um conjunto de atividades cujo objetivo principal reside na caracterização das propriedades de alvos naturais e artificiais, por meio da detecção, registro e análise do fluxo de energia radiante, por eles refletido ou emitido”. Permite também, coletar informações de uma área sem entrar em contato direto através de fotografias aéreas ou por imagens de satélites.

Loch (1993, p. 87) afirma que o objetivo do sensoriamento remoto “[...] reside na caracterização das propriedades de alvos naturais, através da detecção, registro e análise de fluxo de energia radiante, refletido ou omitido pelos mesmos”.

Segundo Novo (1998), o sistema de aquisição de dados por sensoriamento remoto é composto por uma fonte de energia eletromagnética, por um sensor que transforma a energia proveniente do alvo em sinal e por um analisador que transforma este sinal em informação.

É importante enfatizar que os sensores remotos dos satélites podem ser ativos ou passivos. São denominados ativos aqueles sensores que possuem iluminação própria, como por exemplo os radares. Os sensores passivos são os que captam a energia refletida pelo alvo. Por sua vez, no esquema processual do sensoriamento remoto, os componentes básicos para a aquisição dos dados são: (a) fonte de radiação eletromagnética; (b) o alvo que recebe, absorve e reflete a radiação; (c) sensor; (d) plataforma que transporta o sensor; (e) atmosfera por onde se propaga a energia; (f) produto resultante das interações entre a radiação e o alvo. (INPE, 2006a). (FIGURA 5).

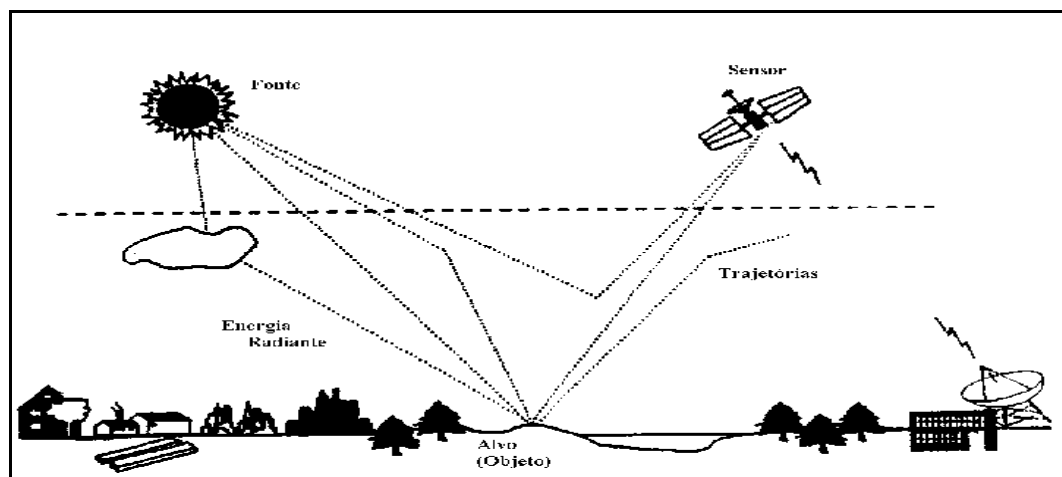


Figura 5 – Componentes básicos para aquisição dos dados
Fonte: INPE (2006a).

A fonte emite a energia que atinge o alvo após sua propagação na atmosfera. O alvo reflete porções de energia (que atingem as plataformas sensoras) e/ou absorve parte da energia recebida. Tais plataformas registram a energia proveniente do alvo a qual será processada para posterior análise e interpretação. (INPE, 2006a).

No alvo estão agrupamentos que complementam-se a partir da radiação eletromagnética (REM) que é o elemento de ligação entre todos os componentes. Assim, a REM têm como fonte o sol, a terra e as antenas do sensor. O sensor é um instrumento capaz de coletar e registrar a REM que é refletida ou emitida e o alvo que é o elemento do qual se

pretende extrair as informações. (INPE, 2006a).

Dessa forma, é que se encontra nestes recursos uma interação da REM com o meio físico, ou seja, em um modelo quântico. A REM é concebida como o resultado da emissão de pequenos pulsos de energia. No modelo ondulatório a REM se propaga na forma de ondas formadas pela oscilação dos corpos elétrico e magnético. (INPE, 2006a).

Esta propagação da radiação sob a forma de ondas eletromagnéticas, representam a quantidade de energia associada aos processos de emissão ou absorção pela matéria ou alvo. Qualquer fonte de radiação, é caracterizada pelo comportamento de sua energia ao longo do espectro eletromagnético. (ROSA, 1995).

O alvo que recebe a radiação proveniente de uma fonte, tanto absorve como reflete uma certa quantidade de energia. Na superfície terrestre, este fluxo radiante deixa a Terra em direção ao sensor, o produto das interações ocorridas entre a radiação e o alvo, é o que se quer registrar. (INPE, 2006a).

Quando classificados segundo a região espectral na qual operam, os sensores que atuam na região óptica do espectro podem ser denominados de duas formas: sensores termais ou como sensores de energia solar refletida. Os primeiros operam em uma faixa espectral que vai de $7\mu\text{ m}$ a $15\mu\text{ m}$, conhecida como infravermelhos distante; e os demais, sensores de energia solar refletida, operam em uma faixa de $0,38\mu\text{ m}$ a $3,0\mu\text{ m}$, que se subdivide em visível (de $0,38$ a $0,72\mu\text{ m}$), infravermelho próximo (de $0,72$ a $1,3\mu\text{ m}$) e infravermelho médio (de $1,3$ a $3,0\mu\text{ m}$). (INPE, 2006a).

As regiões do espectro eletromagnético utilizadas pelos sensores variam da região ultravioleta à região de microondas. (FIGURA 6).

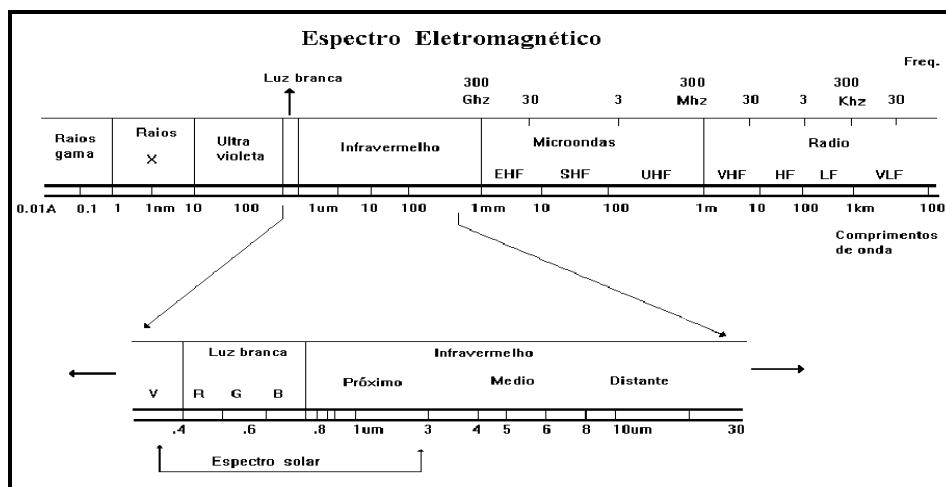


Figura 6 - Espectro eletromagnético
Fonte: INPE (2006a).

O sistema de aquisição de dados por sensoriamento remoto é composto por uma fonte de energia eletromagnética, por um sensor que transforma a energia proveniente do alvo em sinal e por um analisador que transforma este sinal em informação. (INPE, 2006a).

Assim, entende-se que durante todo o processo de observação, obtenção e análise dos dados o técnico deve conhecer alguns parâmetros de desempenho dos sistemas sensores para cada tipo de aplicação abordados a seguir como a resolução espacial, espectral, radiométrica e temporal. (INPE, 2006a).

Segundo Silva (1995, p. 6) a resolução espacial é “[...] definida como o menor elemento de área que um sistema sensor é capaz de distinguir”. Ou seja, uma medida relacionada à nitidez da imagem na qual o objeto pode ser identificado na imagem. Segundo Crosta (1992), um sensor que possui resolução espacial maior, significa que a superfície imageada está representada pelo tamanho do *pixel* na imagem resultante, que terá menor nitidez. Para sensores com resolução espacial de 30m, elementos do terreno dentro de áreas de 900m^2 , isto é, ela determina a menor área do terreno capaz de refletir energia que o sensor pode captar.

INPE (2006a) diz que a resolução espectral é “[...] é a medida das faixas espectrais do sistema sensor”. Isto é, a medida em relação à largura das faixas espectrais nas quais o sensor opera, ou seja, quanto mais estreitas as bandas (canais) maior será a capacidade do sensor de registrar pequenas variações do comportamento espectral. Tal fato é resultante do relacionamento do número de bandas do espectro eletromagnético que o sensor tem a capacidade de individualizar. (CROSTA, 1992).

Resgata-se mais uma vez INPE (2006a) quando o autor aborda a resolução radiométrica como a menor diferença de brilho de um sistema sensor é capaz de perceber. Ele determina a diferença de brilho que um sistema sensor, ou seja, se o alvo pode ser visto na imagem, em função do seu contraste com os alvos vizinhos, representado pelos níveis de cinza, sendo que quanto maior o número de cinzas, maior a resolução. Na atualidade, o sensor de melhor resolução é o do satélite Quick Bird, com 11 bits, que resulta em 2.048 números digitais, sendo, que a maioria dos sensores possui 8 bits de resolução radiométrica, resultando em números digitais que variam de 0 a 255.

Para Silva (1995, p. 10) também é importante relatar que a resolução temporal (repetitividade) é entendida “[...] como a frequência com o qual o sistema sensor é capaz de imagear o alvo”. Ela determina o período mínimo a ser aguardado para um novo imageamento de determinado alvo, ou seja, é determinado pelo número de dias que o sensor do satélite leva

para rastrear a mesma superfície. Esse intervalo de tempo é o responsável pela combinação dos movimentos de rotação da terra e de órbita polar do satélite.

A utilização do sensoriamento remoto por meio de suas técnicas, busca fornecer subsídios para elaborar, executar e monitorar projetos de forma que se possa manusear e atingir os objetivos esperados, como por exemplo, a utilização de imagens de satélite para elaborar mapa de uso da terra, mapa de conflitos de uso entre outros, visando a caracterização, planejamento e monitoramento de uma determinada área. Assim, o sensoriamento remoto apresenta vários sensores abordados de satélites artificiais, entretanto, vale ressaltar, que serão utilizados no presente estudo para análise da cobertura e uso da terra, os satélites LANDSAT e o CBERS.

1.5.2 Satélites LANDSAT

Segundo Silva (1995) originalmente o LANDSAT foi lançado em 1972 com o nome de ERTS-1 (*Earth Resources Technology Satellite-1*), tendo seu nome alterado para LANDSAT (*Land Remote Sensing Satellite*), desenvolvido pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) em 1975, tendo seqüência LANDSAT 2, 3, 4 e, sobretudo com o LANDSAT 5 e 7 cuja finalidade é a de coletar dados sobre os recursos da superfície terrestre.

No Brasil o referido satélite está em atividade desde 1973 através do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Este instituto é o responsável pela recepção, processamento e distribuição destes dados no Brasil, desde 1974, além de possuir um acervo de dados históricos sobre o país. (INPE, 2006b).

Os três primeiros satélites da série LANDSAT apresentavam dois tipos de sensor: um imagiador multiespectral de varredura (MSS – *Multispectral Scanner Subsystem*) de 4 canais sendo estas duas no visível e duas no infravermelho com resolução de 80 metros, por insistência dos pesquisadores do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos para testar em estudos agrícolas, e um sistema de televisão (RBV – *Return Beam Vidicom*) de 3 canais com resolução de 80 metros, no qual são observadas todas as cenas imageadas de forma instantânea. (INPE, 2006b).

Segundo Novo (1998), foi a partir do LANDSAT 4 que ao invés do sensor RBV, a carga útil do satélite passou a contar com o sensor TM (*Thematic Mapper*) operando em sete

faixas espectrais. Este sensor conceitualmente é semelhante ao MSS, pois é um sistema de varredura de Linhas (*Line Scanner*), ao qual foram incorporados aperfeiçoamentos em seus componentes óticos e eletrônicos.

De acordo com Moreira (2003), o sensor TM passou a fazer parte da carga útil dos satélites LANDSAT 4, 5, 6 e 7, não sendo operado no LANDSAT 6, por causa da sua destruição durante o lançamento no ano de 1994, quando nem chegou a entrar em órbita. Conforme Silva (1995), em 1984, devido a problemas técnicos o LANDSAT 4 foi desativado e logo em seguida a NASA lançou o LANDSAT 5, com um novo sensor imageador instalado a bordo. O TM (*Thematic Mapper*), com seis bandas espectrais com resolução de 30 metros tendo uma banda no infravermelho termal com resolução de 120 metros.

Segundo a EMBRAPA (2005), o LANDSAT 7 foi lançado em abril de 1999, sendo a última atualização e encerrado em 2003, utilizando o sensor ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper Plus*), composto por 8 bandas espectrais. Desta forma, o satélite da série LANDSAT em operação no momento é o LANDSAT 5 que transporta um sensor MSS (*Multispectral Scanner Subsystem*) e um sensor TM (*Thematic Mapper*). Sendo que o período de revisita do LANDSAT 5 é de 16 dias, isto é, em um intervalo de tempo para imagear a mesma área (185 x 185 km por cena).

A conservação destes parâmetros técnicos facilita o processo de pesquisa de imagens que pode ser feito com a mesma grade de referência e a perfeita integração no processamento das imagens do LANDSAT 7 com dados históricos do LANDSAT 5 existentes desde 1985, no caso de utilização dos dois tipos de dados simultaneamente no mesmo projeto para a mesma área como, por exemplo, em estudo multitemporal. (ENGESAT, 2006).

Comparado ao seu antecessor o LANDSAT 7, as bandas do visível e do infravermelho mantiveram a resolução espacial de 30 m do LANDSAT 5 (canais 1, 2, 3, 4, 5 e 7) ressaltando a adição de uma banda pancromática (canal 8) com resolução espacial de 15 m, mais o aprimoramento no sistema de calibração radiométrica dos sensores. O que garante uma precisão radiométrica absoluta de mais ou menos 5%, além do melhoramento de imageamento, resultando em uma maior precisão em imagens corrigidas apenas a partir de dados de efemérides de satélite geradas pelo GPS de bordo, muito próxima da precisão obtida com imagens georreferenciadas com pontos de controle cartográficos. Vale destacar o aumento da resolução espacial da banda termal para 60 m comparado com LANDSAT 5 que é de 120m. (ENGESAT, 2006).

Segundo a ENGESAT (2006) o LANDSAT 7 permite a geração de imagem com aplicações diretas até a escala 1: 25.000, em áreas rurais principalmente, mesmo em grandes

extensões de território. As imagens geradas pelo LANDSAT 7 adquiridas pelo sensor ETM+ apresentam a melhor relação custo/benefício entre os dados gerados por satélites de média resolução (15 a 30 metros) atualmente oferecidos no mercado. Os formatos destas imagens são inúmeros e nunca constituem um empecilho para o usuário. O mais utilizado é o GEOTIFF, TIFF, para evitar perdas de dados na imagem bruta. (ENGESAT, 2006).

A orientação na escolhas das bandas espectrais é representada pela faixa espectral do LANDSAT e suas principais características de aplicação de cada banda do sensor. (QUADRO 2).

Banda	Intervalo espectral (μm)	Principais características e aplicações das bandas TM do Satélite LANDSAT
1	(0,45 - 0,52)	Apresenta grande penetração em corpos de água, com elevada transparência, permitindo estudos batimétricos. Sofre absorção pela clorofila e pigmentos fotossintéticos auxiliares (carotenóides). Apresenta sensibilidade a plumas de fumaça oriundas de queimadas ou atividade industrial. Pode apresentar atenuação pela atmosfera.
2	(0,52 - 0,60)	Apresenta grande sensibilidade à presença de sedimentos em suspensão, possibilitando sua análise em termos de quantidade e qualidade. Boa penetração em corpos de água.
3	(0,63 - 0,69)	A vegetação verde, densa e uniforme, apresenta grande absorção, ficando escura, permitindo bom contraste entre as áreas ocupadas com vegetação (ex.: solo exposto, estradas e áreas urbanas). Apresenta bom contraste entre diferentes tipos de cobertura vegetal (ex.: campo, cerrado e floresta). Permite análise da variação litológica em regiões com pouca cobertura vegetal. Permite o mapeamento da drenagem através da visualização da mata galeria e entalhe dos cursos dos rios em regiões com pouca cobertura vegetal. É a banda mais utilizada para delimitar a mancha urbana, incluindo identificação de novos loteamentos. Permite a identificação de áreas agrícolas.
4	(0,76 - 0,90)	Os corpos de água absorvem muita energia nesta banda e ficam escuros, permitindo o mapeamento da rede de drenagem e delineamento de corpos de água. A vegetação verde, densa e uniforme, reflete muita energia nesta banda, aparecendo bem clara nas imagens. Apresenta sensibilidade à rugosidade da copa das florestas (dossel florestal). Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo a obtenção de informações sobre Geomorfologia, Solos e Geologia. Serve para análise e mapeamento de feições geológicas e estruturais. Serve para separar e mapear áreas ocupadas com pinus e eucalipto. Serve para mapear áreas ocupadas com vegetação que foi queimada. Permite a visualização de áreas ocupadas com macrófitas aquáticas (ex.: aguapé). Permite a identificação de áreas agrícolas.
5	(1,55 - 1,75)	Apresenta sensibilidade ao teor de umidade das plantas, servindo para observar estresse na vegetação, causado por desequilíbrio hídrico. Esta banda sofre perturbações em caso de ocorrer excesso de chuva antes da obtenção da cena pelo satélite.
6	(10,4 - 12,5)	Apresenta sensibilidade aos fenômenos relativos aos contrastes térmicos, servindo para detectar propriedades termais de rochas, solos, vegetação e água.
7	(2,08 - 2,35)	Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo obter informações sobre Geomorfologia, Solos e Geologia. Esta banda serve para identificar minerais com íons hidroxilas. Potencialmente favorável à discriminação de produtos de alteração hidrotermal.

Quadro 3 - Bandas espectrais e suas principais características de aplicação de cada banda do sensor LANDSAT
Fonte: ENGESAT (2006).

Segundo INPE (2006b) podem-se fazer distintas combinações de bandas espectrais do satélite LANDSAT. Cita-se como exemplo a combinação das bandas 1, 2 e 3 para as imagens de cor natural, com boa penetração natural, realçando as correntes, a turbidez e os sedimentos, onde a vegetação aparece em tonalidades esverdeadas; por outro lado as bandas 2, 3 e 4 são as que definem melhor os limites entre o solo e a água, mantendo algum detalhe em águas profundas e mostrando diferenças na vegetação que aparece em tonalidades de vermelho; já as bandas 3, 4 e 5 demonstram de forma clara os limites entre o solo e a água, com vegetação mais discriminada, aparecendo em tonalidades verde-rosa; e a combinação de bandas 2, 4 e 7 que mostram a vegetação em tons verdes e permite discriminar a umidade, tanto na vegetação quanto o solo.

1.5.3 Satélites CBERS

O Satélite Sino-Brasileiro de Observação de Recursos Terrestres é um projeto conjunto entre o Brasil e a China envolvendo o Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) e a Academia Chinesa de Tecnologia Espacial (CAST) para o desenvolvimento de dois satélites denominado Programa *China-Brazil Earth Resources Satellite (CBERS)*.

Para Silva (1995) os satélites têm como finalidade o levantamento de recursos terrestres, agrícolas, florestais, geológicos, hidrológicos, geográficos, cartográficos, meteorológicos e ambientais. A China é responsável por 70% do projeto e o Brasil 30%. No entanto o que difere o CBERS dos outros satélites é carga útil (sensor) de múltiplos sensores com diferentes resoluções espaciais e frequências de coleta de dados. Os dados de múltiplos sensores são especialmente interessantes para acompanhar ecossistemas que requerem alta repetitividade.

No entanto o CBERS 1 foi lançado em Outubro de 1999, com três sensores: imageador de visada larga (WFI - *Wide Field Imager*); a câmara de alta resolução (CCD - *Couple Charged Device*) e o varredor multiespectral infravermelho (IR-MSS - *Infrared Multispectral Scanner*). O WFI tem uma visada de 900 km no solo, que dá uma visão sinótica com resolução espacial de 260 m e cobre o planeta em menos de 5 dias. Os sensores CCD (20 m de resolução), têm a capacidade adicional de apontamento lateral de $\pm 32^\circ$, que dá frequência de observações aumentada ou visão estereoscópica para uma dada região e IR-MSS (80 e 160 m de resolução) que tem uma visada de 120 km. O CBERS 2 (com os mesmos

sensores do CBERS 1) só foi lançado no dia 21 de outubro de 2003, ambos com 5 bandas espectrais. (INPE, 2005c). (QUADRO 3).

Bandas	Intervalo de Comprimento de Onda (nm)
1	510 – 730
2	450 – 520
3	520 – 690
4	630 – 690
5	770 – 890

Quadro 3 - Bandas espectrais e o intervalo de comprimento de Onda
Fonte: INPE (2005c).

A mesma fonte afirma que além da carga útil imageadora, o satélite leva um sistema de coleta de dados (DCS – *Data Collection System*) para retransmitir dados ambientais colhidos no solo além um monitor do ambiente espacial (SEM) para detecção de radiação de alta energia no espaço; e um gravador de fita de alta densidade (HDTR) experimental para gravação de imagens a bordo. (INPE, 2005c).

1.5.4 SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*)

Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) é um projeto desenvolvido em conjunto pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), NIMA (*National Imagery and Mapping Agency*), agência espacial alemã e agência espacial italiana, o qual faz parte do programa de pesquisa a longo prazo para examinar a superfície terrestre, oceanos, atmosfera, gelo e vida como um sistema integrado, com objetivo de gerar o Modelo Digital de Elevação (MDE) utilizando interferometria, que compara duas imagens de radar tomadas de pontos diferentes para obter a elevação ou informação de mudanças na superfície no formato tridimensional. (PROJETO SRTM, 2006),

Um fator importante a favorecer a inclusão do relevo na identificação e na análise de sistemas terrestres advém de recentes coletas de dados topográficos por técnicas de sensoriamento remoto. A utilização de bases topográficas digitais obtidas por sensores orbitais representa uma alternativa de grande interesse para suprir a carência de mapeamentos. Áreas cobertas com mapeamentos sistemáticos são também beneficiadas à medida que a preparação do material cartográfico para o processamento em SIG demandam mão-de-obra e

tempo expressivos nos custos de um projeto de pesquisa. Além da forma de inserção dos dados em SIG, (digitalização de cartas topográficas no primeiro caso e sensoriamento remoto no caso atual), há a diferença fundamental de que as cotas altimétricas no formato TIFF perfazem uma grade regular. (VALERIANO, 2004).

Portanto, o método foi adaptado a esta estrutura, trocando-se o processo de amostragem aleatória em SIG por uma simples seleção (e corte) de áreas amostrais. Em paralelo à montagem do MDE global, é feito o processamento de dados de locais específicos, selecionados pela equipe de pesquisadores do programa SRTM. Cada área destas cobre uma célula de 1 grau de latitude por 1 grau de longitude, cujos dados consistem em mapas, imagens e dados auxiliares inéditos. Estes são disponibilizados para a comunidade científica à medida que são completados. Enfim, foram gerados MDE sob resolução de 30m (a rigor, em coordenadas geográficas, como 1 arco segundo, ou 1'', ou ainda 0,000277^o) para os Estados Unidos e planejados sob 90m (a rigor, 3'' ou 0,000833^o) para o resto do mundo, embora estas questões ainda estejam em discussão pela NASA e pela NIMA. O datum e o elipsóide de referência são WGS84, com dados de *z* em metros inteiros. (PROJETO SRTM, 2006).

Seu uso, portanto, requer o desenvolvimento de processos de pré-tratamento, para que atendam, ou que se aproximem, à demanda técnica da modelagem do relevo por SIG e sua integração com outras informações. Após o pré-tratamento, uma avaliação dos dados quanto ao seu potencial e limitações é oportuna antes da integração em modelos mais complexos, para que se possa estimar a precisão geral dos resultados finais de cada estudo. (VALERIANO, 2004)

A precisão planimétrica é um dos aspectos necessários à sua utilização, considerado como critério para avaliar produtos de sensoriamento remoto em relação a bases cartográficas. Com relação a este aspecto, o produto SRTM exige alguns cuidados devido conter áreas vazias sem informações, massas de água podem não aparecer planas, linhas costeiras mal definidas, elevações relativas ao geóide (WGS-84), mosaicos criados com os dados SRTM que não utilizam ajustes de escala para a representação continental que serão usados para os mosaicos globais finais, podendo ter erros de representação. (EMBRAPA, 2005).

Como já observado para dados RADARSAT (SRTM) os processos de georreferência e correção de dados remotos aplicados para MDE continentais podem ser insuficientes quando se deseja estudar localmente porções mais detalhadas da superfície terrestre. Portanto, pode-se recomendar que a georreferência dos MDE e de seus derivados em relação aos outros dados (ou vice-versa) seja feita caso a caso nas etapas iniciais de estudos temáticos do meio físico. (VALERIANO, 2004)

Salienta-se que imagem SRTM por meio de testes de que os dados tratados pela técnica proposta indicaram sua viabilidade para utilização (interpretação visual e processamentos digitais) em estudos de microbacias nas escalas de 1:50.000, de modo geral, e até 1:10.000, conforme o relevo local e a finalidade de sua análise. Mais do que pelas falhas de cobertura, freqüentes em áreas alagadas e ocasionalmente em áreas íngremes, não se recomenda a utilização direta dos dados SRTM originalmente disponibilizadas para a América do Sul devido à sua resolução espacial e a características indesejáveis, para as seguintes aplicações: processamentos digitais derivativos para mapeamento de variáveis morfométricas (declividade, orientação, drenagem, divisores, curvatura etc.) em qualquer escala. (VALERIANO, 2004).

No Brasil, os pesquisadores de EMBRAPA Monitoramento por Satélite adquiriram as imagens SRTM da NASA e fizeram um tratamento de correção e padronização eliminando falhas, sombras e distorções, resultando em uma série de mapas em que cada *pixel* na imagem representa um valor altimétrico real, visualmente convertido em falsas cores, simbolizando diversas altitudes, permitindo reconstituir o relevo do país na forma digital, tendo ampla importância nas mais diversas áreas do meio científico em programas de manejo de bacias hidrográficas, agricultura, conservação de solos, eletrificação rural, planejamento territorial e gestão de recursos hídricos entre outros. (EMBRAPA, 2005).

1.5.5 Aplicações do Sensoriamento Remoto na Cobertura e Uso da Terra

Silva (1995) ressalta a importância do processamento georreferenciado quando integrado a dados extraídos de sensoriamento remoto, podendo ser extremamente útil na avaliação e planejamento da exploração sustentável e duradoura dos recursos naturais.

Garcia (1982) relata que as imagens de satélites são a alternativa mais econômica, no estudo de informações do uso da terra, levantamento ou identificação de solos e cobertura da vegetação, mesmo não tendo a precisão das fotografias aéreas.

Segundo Beltrame (1994), a degradação dos recursos naturais renováveis nos dias atuais, é um processo desenfreado que deve ser analisado e contido com eficiência e rapidez. Neste sentido, o diagnóstico da situação real em que se encontram esses recursos, passa a ser um instrumento necessário, visando especialmente a manutenção dos recursos água, solo e vegetação em bacias hidrográficas.

Para Loch (1993), o levantamento do uso da terra compreende a forma como o espaço vem sendo ocupado pelo homem, e o levantamento do uso da terra tornou-se indispensável para a compreensão dos padrões de organização do espaço. Assim, o estudo do uso da terra tem se tornado cada vez mais intenso nestas últimas décadas. Dessa forma, os levantamentos do meio físico desempenham um excelente papel no fornecimento de dados, para diagnosticar a exploração dos recursos naturais, uso da terra e atualização de mapas.

Portanto, a aplicação de produtos obtidos via sensoriamento remoto passa frequentemente pelo nosso cotidiano. Esta dinâmica é atribuída não somente ao avanço tecnológico, mas às necessidades diárias, como exemplo a previsão do tempo em meios de comunicação, diferenciação de áreas, cobertura e uso da terra e zoneamento ambiental entre outras aplicações, voltadas tanto para áreas específicas quanto gerais, tanto científicas quanto comercial. (GOMES, 2005).

1.6 Processamento Digital de Imagem

Segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2006a) a utilização de imagens digitais de sensoriamento remoto, possibilitou, nos últimos vinte e cinco anos, um grande desenvolvimento das técnicas voltadas para a análise de dados multidimensionais, adquiridos por diversos tipos de sensores. Estas técnicas têm recebido o nome de processamento digital de imagens. Elas permitem melhorar o aspecto visual de certas feições estruturais para o analista técnico, além de fornecer outros subsídios para a sua interpretação. Geram produtos que podem ser, posteriormente, submetidos a outros processamentos. Permitem, também analisar uma cena nas várias regiões do espectro eletromagnético, possibilitando a integração de vários tipos de dados.

Para o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2006), o processamento digital de imagens visa à identificação, extração, condensação e realce da informação de interesse, a partir da enorme quantidade de dados que usualmente compõem as imagens digitais fornecendo ferramentas para facilitar a identificação e a extração das informações contidas nas imagens, para posterior interpretação. Tal fato representa uma economia de custo e de tempo no mapeamento.

A função primordial do processamento digital de imagens é fornecer ferramentas computacionais para facilitar a identificação e a extração das informações contidas nas

imagens, resultado obtido a partir de imagem bruta, objetivando sua posterior análise e interpretação (CROSTA, 1992).

Para o INPE (2006a) as técnicas de realce, filtragens e classificações multiespectrais são usadas na interpretação digital com o objetivo de se extrair informações sobre o uso da terra, permitindo identificar as características espectrais dos alvos relativas ao tipo de sensor que se está manipulando.

Segundo Nishida (2006) as técnicas de processamento de imagens digitais, tais como as de pré-processamento, (onde os ruídos e distorções são minimizados), as de realce (que melhoram a qualidade visual da imagem) e as técnicas de classificação (que possibilitam análises menos subjetivas que as visuais), objetivam viabilizar os processos de análise e interpretação de dados obtidos em grandes quantidades, extraídas das imagens originais, permitindo, também, a obtenção de informações adicionais.

A interpretação digital permite a utilização de aplicativos computacionais, como o SPRING, o ARCVIEW, o ENVI, entre os outros. No entanto, para a sua aplicação é indispensável equipamentos atualizados, além dos conhecimentos técnicos para a interpretação da imagem. Assim, ter-se-á como resultado maior rapidez nos processos de análise e classificação nos dados da imagem (unidades de mapeamento). (IBGE, 2006).

O processamento digital de imagens (PDI) pode ser dividido em três etapas independentes: pré-processamento, realce e classificação. O pré-processamento refere-se ao processamento inicial de dados brutos para calibração radiométrica da imagem, correção de distorções geométricas e remoção de ruído. As técnicas de realce mais comuns em PDI são: realce de contraste, filtragem, operação aritmética e componentes principais com o objetivo de distinguir os diferentes usos e definir as melhores composições para executar uma classificação. (INPE, 2006a).

Estes procedimentos, conforme o interesse do pesquisador podem ser realizados separadamente, em diferentes composições espectrais, permitindo preservar os níveis de cinza da imagem original a ser classificada. De posse dessas informações complementares, inicia-se o processo de classificação da imagem.

Segundo (INPE, 2006a) as técnicas do processamento digital de imagem são realizadas sempre com os níveis de cinza (NC) atribuídos aos *pixels* de uma imagem. Dependendo da técnica envolvida o usuário trabalhará com uma única imagem (banda ou PI) ou com várias imagens, sendo esta última conhecida por técnicas multi-espectrais, por tratar de várias imagens da mesma cena em regiões diferentes do espectro eletromagnético.

No processo de interpretação dois tipos de classificação podem ser utilizados: não-supervisionada (por regiões) e supervisionada (por *pixel*). Na classificação não-supervisionada o uso de programas de classificação é muito importante na hora de determinar o número de classes, pois existem múltiplas possibilidades de arranjos espaciais que poderão constituir-se em uma classe composta. As informações auxiliares e de campo são muito úteis nesse momento, pois elas servem tanto para sugerir um número de classes quanto para rejeitar o total de classes fornecido automaticamente pelo programa de classificação. (IBGE, 2006).

Para Crosta (1992) a técnica de classificação de imagem é associar a cada *pixel* uma informação qualitativa (atributo), na qual os valores de nível de cinza que cada *pixel* possui, podem ser associado ao nível de reflectância dos materiais que compõem o terreno, estando cada *pixel* ou conjunto de *pixels* associado a uma classe ou tema.

INPE (2006a) diz que classificação não supervisionada requer interação do usuário, através do treinamento o qual utiliza algoritmos para reconhecer as classes presentes na imagem, ou seja, definir áreas para o treinamento. Estas devem ser heterogêneas para assegurar que todas as possíveis classes e suas variabilidades sejam representadas. Assim, os *pixels* dentro de uma área de treinamento são submetidos a um algoritmo de agrupamento (*clustering*) que determina o agrupamento do dado, numa feição espacial de dimensão igual ao número de bandas presentes. Este algoritmo assume que cada grupo (*cluster*) representa a distribuição de probabilidade de uma classe. Neste caso, as amostras serão as regiões formadas na segmentação de imagens e o classificador utilizado é o Bhattacharyya para medir a separabilidade estatística entre um par de classes espectrais. Ou seja, mede a distância média entre as distribuições de probabilidades de classes espectrais e pode ser avaliada tanto pela análise das amostras pela Matriz de Confusão como pelo limiar de aceitação. Novo (1998) ressalta que esta classificação não requer conhecimento prévio da área de estudo por parte do analista, não havendo necessidade de ir a campo selecionar as amostras de treinamento.

Para o IBGE (2006), a classificação supervisionada é implementada com base no conhecimento do usuário, que *a priori* seleciona as classes de interesse e fornece os padrões espectrais típicos dessas classes, na qual o método de classificação muito utilizado é da Máxima Verossimilhança (MAXVER), do qual são extraídas as imagens classes representativas a partir de amostras de treinamento em estudo com o auxílio das informações de reconhecimento de campo, que são pontos de GPS, obtidas no terreno e experimentadas em ensaios da classificação. A quantidade de amostras de treinamento estará em função da maior ou menor complexidade espectral que a imagem possa apresentar.

Também o IBGE (2006), definiu os padrões espectrais para a classificação supervisionada. Estes devem ser realizados na mesma época do ano da imagem, de modo a se estabelecer uma correlação entre o padrão da imagem e a verdade terrestre observada no trabalho de campo, localizando uma cobertura ou uso da terra específico ou diversificado cuja área, que se calcula, seja perceptível na imagem. Assim, esses pontos são lançados sobre uma imagem georreferenciada e informam sobre os padrões da imagem que funcionarão como parâmetros para o algoritmo classificador do aplicativo que se está utilizando. Porém, o rigor técnico espaço-temporal dos levantamentos de campo com frequência entra em conflito com as questões burocrático-financeiras, resultando em uma coleta das amostras fora da época mais adequada, demandando maior cuidado na análise do técnico para relacioná-las com o tipo de cobertura existente à época do imageamento, recorrendo-se por isso a outras fontes de informação. A partir desse procedimento é possível obter uma classificação preliminar que deverá sofrer uma reinterpretação após a análise e as conclusões sobre toda a área investigada.

2 CARACTERIZAÇÃO SÓCIO-ESPACIAL DO DISTRITO EM ESTUDO

2.1 Revendo a Gênese e o Atual do distrito de Santa Flora, Santa Maria, RS

O distrito em estudo foi criado em 1961 com o nome de Colônia Vacacaí a partir do desmembramento de terra dos distritos de Arroio de Só e Dilermando de Aguiar, por meio da Lei Municipal nº 940 de 08 de junho de 1961, constituindo o 9º Distrito de Santa Maria com sede na Colônia Vacacaí. No ano seguinte no dia 27 de julho de 1962, segundo a Lei Municipal nº 1037 passa a se denominar Santa Flora. A gênese do nome está ligada ao louvor que a população tem pela Santa Flora.

Santa Flora localiza-se na região central do estado do Rio Grande do Sul, na Microrregião Geográfica de Santa Maria, distante a 42 km sudoeste da sede do município de Santa Maria. Seus limites encontram-se entre as coordenadas geográficas: 29° 46' 45" (6702000mN) e 30° 00' 47" (6774000mN) de latitude sul e 54° 54' 54" (201019000mE) e 52° 44' 57" (239508000mE) de longitude oeste. O mesmo apresenta uma área total de 519 Km² (51.900 ha). O perímetro urbano corresponde a 257ha, e o perímetro rural compreende a 51.649ha o qual faz divisa com o 2º Distrito de São Valentim; o 3º Distrito Pains; o 6º Distrito do Passo do Verde, e os municípios de Dilermando de Aguiar, São Gabriel e São Sepé. (LEI MUNICIPAL N° 4120, 1997). (FIGURA 7).

Na atualidade, o distrito de Santa Flora, possui uma população de 1.263 habitantes os quais vivem em colônias espalhadas pelo distrito. (IBGE, 2000).

A sede do distrito apresenta uma infra-estrutura razoável com subprefeitura, um posto de saúde, um posto de brigada militar (desativado), uma Escola de Ensino Fundamental, um posto de combustível, dois restaurantes e uma igreja. Esta igreja foi criada no ano de 1939, orientada pelo Padre Caetano Pagliuca sendo o primeiro Pároco do distrito. As colônias possuem salão paroquial para as festas e um campo de futebol. Além de cada uma ter seu centro comunitário. (IBGE, 2000).

No entanto, o distrito de Santa Flora, apresenta grande diversidade na cobertura vegetal e também de áreas com potencial de desenvolvimento socioeconômico bastante acentuado, especialmente na agropecuária, sendo considerado "celeiro municipal". Salienta-se

que agricultura do distrito só começou a sobressair com a chegada das famílias de origem italiana. (VIERO, 2003).

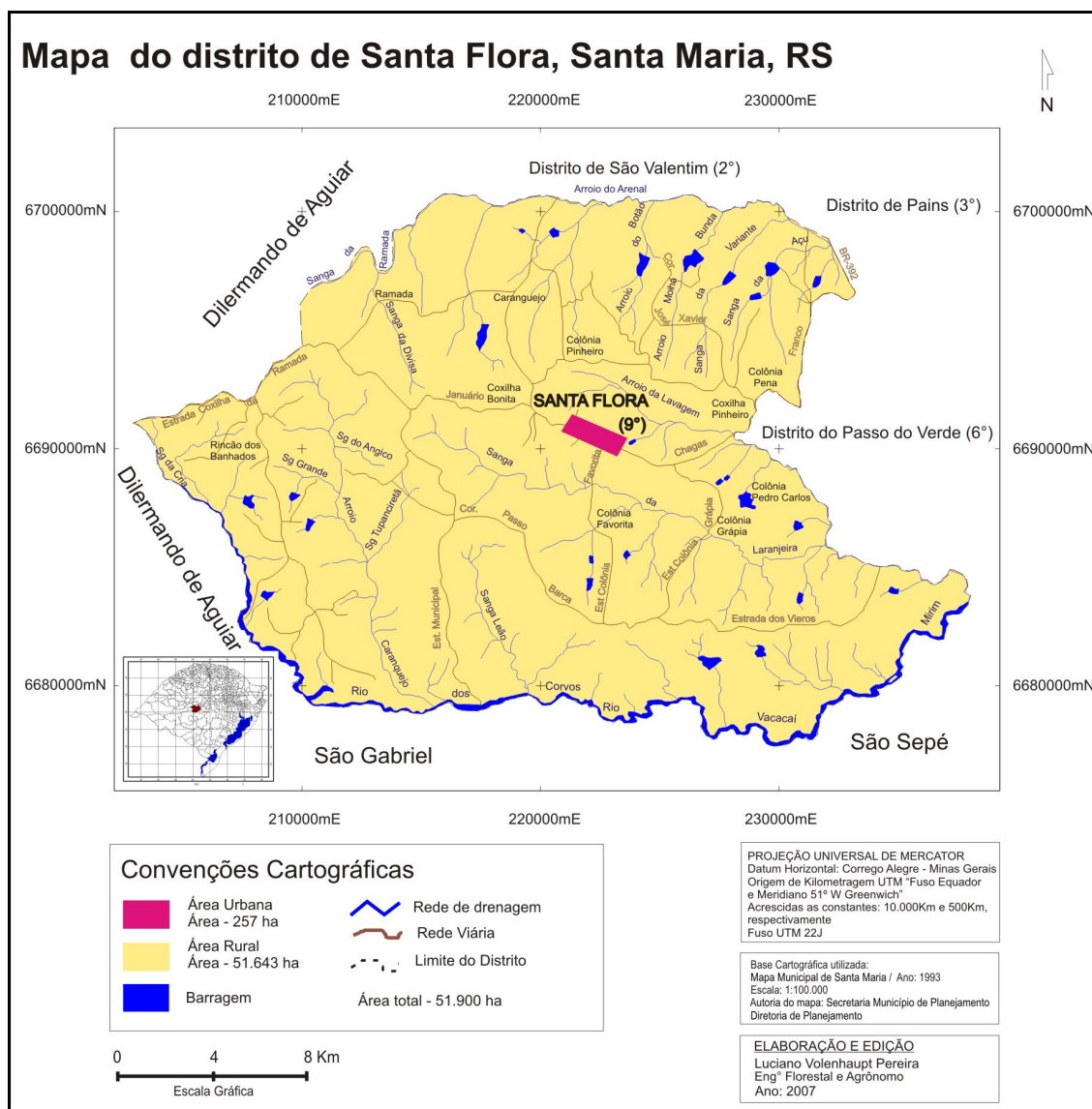


Figura 7 – Mapa base do distrito de Santa Flora, Santa Maria / RS

Ressalta-se que nas áreas de topografia plana, de coxilhas, onde a atividade característica é a pecuária, apresentam-se as maiores extensões de área, podendo esta possibilitar o ingresso de capital procurando aumentar o plantel bovino. A pecuária concentra-se na bovinocultura e ovinocultura. Na ovinocultura está a produção de lã e de carne em segundo plano. Já as unidades menores necessitam intensificar a sua produção de leite e de carne, limitadas pela baixa fertilidade de seus solos e pelos escassos recursos financeiros. (VIERO, 2003).

A atividade econômica também está baseada na produção. Destacam-se produtos para a subsistência como o feijão, mandioca, fumo, cebola entre outros. As culturas da soja, milho e arroz constituem-se em lavouras empresariais. (EMATER, 2007).

O arroz presente nas áreas de várzeas e a soja nas áreas de coxilha são os principais produtos comercializados. Como consequência fomentou o surgimento da indústria do arroz como o engenho de arroz Zari, dos irmãos Marzari (uma das maiores do RS, criada em 1955), responsável pela maior parte da comercialização e distribuição do arroz na região de Santa Maria. (VIERO, 2003).

É uma das maiores empresas geradoras de ICMS (Imposto de Circulação de Mercadorias e Serviços) para o município de Santa Maria. Salienta-se que a maior concentração de lavouras (soja e arroz) se dá nas colônias da Grápia, Caranguejo, Ramada e Rincão dos Banhados. Outra atividade em destaque é a comercialização de peixes da Fazenda de Piscicultura Toniollo. Quanto à extração vegetal e silvicultural, estas se limitam para subsistência, na forma de madeira em tora, lenha e carvão vegetal. (VIERO, 2003).

Na atualidade a área de soja plantada é superior à de arroz, ambas com produção significativa e uma das razões da soja ter maior área de plantio é o valor da saca favorável. (EMATER, 2007).

2.2 Caracterização físico – natural do Distrito

2.2.1 Geomorfologia

O Rio Grande do Sul está dividido em 4 províncias geomorfológicas: Planalto Meridional, Planície Costeira, Depressão Central e Escudo Sul – Riograndense. (SECRETARIA DE COORDENAÇÃO E PLANEJAMENTO DO RIO GRANDE DO SUL, 2007).

O distrito de Santa Flora está localizado na província geomorfológica da Depressão Central e no Escudo Sul-Rio-Grandense caracterizado pela presença de colinas côncavo-convexas (coxilhas) e planícies aluviais, além de sedimentos recentes trazidos de áreas mais

elevadas do Planalto e do Escudo Sul – Riograndense, onde nascem os principais rios que drenam esta área. (PEREIRA et al., 1989)

Neste distrito, a unidade do relevo característica são as Coxilhas da Depressão Central (SEMA;UFSM, 2001), que são formações de relevo com cotas altimétricas menores que a formação Rebordo do Planalto, conformando um relevo suavemente ondulado.

Desta forma a Depressão Central se caracteriza por pertencer ao domínio morfoestrutural da bacia hidrográfica e cobertura sedimentar, sendo uma área plana interplanáltica onde os processos erosivos esculpiram em rochas sedimentares paleozóicas, triássicas e jurássicas da Bacia do Paraná. Colinas alongadas denominadas regionalmente de coxilhas, que não apresentam grandes variações altimétricas, com topos convexos levemente inclinados. (RADAM BRASIL, 1986).

Já o Escudo Riograndense, apresenta feições de morros arredondados com afloramento esparso de embasamento cristalino. Sendo encontrado na área de estudo formações sedimentares antigas, o que diversifica a estrutura cristalina original, representado por relevos suavemente ondulados, de altitudes baixas, localizados sob grandes extensões planas subhorizontais e perfis dessimétricos de verdadeiras coxilhas, intercalando vales amplos e chatos. Comportando uma superfície cimeira aplainada no Pós-Cretáceo, o que proporciona a ocorrência de processos erosivos e o seu entalhamento pela rede de drenagem dando origem às vertentes dissecadas e aos topos aplainados, dessa maneira a rede de drenagem adaptou-se de forma divergente ou radial; em paralelo e nos vales o aluviamento foi intensificado. (RADAM BRASIL, 1986).

2.2.2 Geologia

O distrito de Santa Flora, geologicamente está situado na formação Rosário do Sul, a qual é constituída segundo Bortoluzzi (1974, apud MACIEL FILHO, 1990, p. 8) “[...] por rochas sedimentares de origem fluvial. Na folha de Santa Maria aparece como arenito muito fino e siltito, com estratificação cruzada acanalada ou paralela, de cor rosada homogênea, contendo fraturas”.

A formação Rosário do Sul apresenta-se topograficamente por coxilhas, alongadas, com relevo pouco acentuado. É constituído por arenitos vermelhos com tonalidades que

variam desde escuras até claras. Não são claras as colorações amarelas esbranquiçadas, possuindo estratificações acanaladas e planares de origem fluvial. (SEMA; UFSM, 2001)

A litologia desta formação é caracterizada por arenitos de granulometria de média a fina, algumas vezes siltitos friáveis ou pouco litificados. As áreas de ocorrência de depósitos cenozóicos, representados por sedimentos aluviais, os quais acompanham as margens dos rios e seus afluentes. Os sedimentos são representados por cascalho, areia, siltes e argilas fluviais, resultantes da degradação dos recursos hídricos. (SEMA; UFSM, 2001).

2.2.3 Solos

Segundo a classificação dos solos do Rio Grande do Sul, proposto por Streck et al. (2002), em conformidade com as normas estabelecidas pela EMBRAPA 1999, podem ser encontrados no Distrito de Santa Flora, as seguintes classes de solos: (1) Planossolo Hidromórfico Eutrófico Arênico (Sge1); (2) Alissolo Hipocrômico Argilúvico (APt2); (3) Argissolo Vermelho Distrófico (Pvd2) (pequenas áreas); (4) Chernossolo Argilúvico Órtico (MT01) em pequenas áreas.

Os Planossolos são solos planos, típicos de áreas baixas, onde o relevo permite excesso de água permanente ou temporário, ocasionando fenômenos de redução que resultam no desenvolvimento de perfis com cores cinzentas indicativas de gleização. Em geral, estes solos pertencem à unidade de mapeamento Vacacaí. Sua antiga classificação é Planossolo com textura média e a principal limitação ao uso agrícola é a má drenagem, dificultando o manejo pelo excesso de umidade. Estes solos são utilizados para arroz irrigado, com pastagens em menores altitudes, observando-se, igualmente, cultivos de soja em áreas de melhor drenagem. (STRECK et al., 2002).

Alissolos pertencem à unidade de mapeamento Santa Maria e sua antiga classificação é Brunizem Hidromórfico de textura média. São solos com altos teores de alumínio e geralmente ocorrem em áreas de relevo desde o suave ondulado até o forte ondulado nas unidades de relevo Patamares da Bacia do Paraná e Planalto Sul-Rio-Grandense. (STRECK et al., 2002).

O alissolos são comuns da Depressão Central e abrangem grande área do distrito, originados de siltitos e arenitos de textura média. São utilizados, principalmente, com

pastagens e culturas de subsistência. Suas limitações são extremamente suscetíveis a erosão hídrica, devido ao fato de que a água, ao percolar de forma relativamente fácil no horizonte superficial, encontra logo abaixo, um horizonte naturalmente adensado, tendo sua velocidade de infiltração diminuída. Há assim, uma rápida saturação dos poros no horizonte superficial, aumento da lâmina de água na superfície. Como consequência tem-se o aumento de riscos de erosão, normalmente nas áreas mais declivosas, onde estes solos ocorrem. (STRECK et al., 2002).

Vale ressaltar que estes solos são mediantes profundos, podendo ser bem drenados até imperfeitamente drenados e ocorrem em relevo suavemente ondulado, ocupando coxilhas em cotas intermediárias entre Argissolos Vermelhos (cota mais altas) e Planossolos (várzeas). (STRECK et al., 2002).

Argissolos pertencem à unidade de mapeamento São Pedro e sua antiga classificação é Podzólico Vermelho Amarelo de textura média tendo como característica principal um horizonte subsuperficial mais argiloso. Geralmente são profundos a muito profundos e bem drenados. Pertencem à unidade de mapeamento Santa Maria e sua antiga classificação é Brunizem Hidromórfico de textura média. (STRECK et al., 2002).

Sua fertilidade natural é baixa, com baixos valores de soma e saturação de bases, e com quantidade de alumínio elevada. A calagem e a adubação são fatores indispensáveis para a obtenção de boas produções. São utilizados principalmente com pastagens, e com lavoura de soja, trigo, milho, feijão, arroz e também para reflorestamento. (SEMA; UFSM, 2001).

Chernossolo pertencem à unidade de mapeamento Círiaco e sua antiga classificação é Brunizem avermelhado raso de textura argilosa. São solos escuros com alta fertilidade química por apresentar razoáveis teores de matéria orgânica e desenvolvem-se quase sempre de rochas básicas, ígneas ou não, ricas em cálcio e magnésio, ou de rochas sedimentares que apresentam lentes ou intercalações de calcário, ocupando pequenas áreas em extensão em altitudes de 80 a 200m. (STRECK et al., 2002).

Apesar da ótima fertilidade natural que possuem os chernossolos comumente apresentam sérias restrições para uso agrícola, devido ao fato de quase sempre ocorrerem em relevo fortemente ondulado e serem muito pedregosos apresentando perfis com pouca profundidade. Estas características constituem fatores de restrição ou mesmo de impedimento ao uso de maquinaria agrícola e, além disso, tornam os solos muito susceptíveis à erosão hídrica, quando cultivados. (STRECK et al., 2002).

2.2.4 Clima

O clima do distrito de Santa Flora é subtropical. As temperaturas médias anuais são de 22°C, entretanto, se verificam grandes oscilações de temperatura, que se caracterizam como clima de transição. No período de verão, as temperaturas médias variam em torno de 30°C, mas chegam a atingir a elevação de mais de 40°C. No inverno as temperaturas médias são menores de 18°C e são comuns as geadas no período de junho a agosto. Apresentam-se temperaturas mais rigorosas com temperaturas mais baixas e prolongadas. Além disso, as chuvas são de grande período, provocando alagamentos, destruição de pontes, estradas e plantações. Nessa época a região é atingida por ondas de frio, oriundas do Anticiclone Migratório Polar. Esse vento tradicional é decantado como vento Minuano. Ocorrem no mês de agosto, correntes eólicas (NW) provenientes de ar tropical continental, vindo do Chaco, causando aumento de temperatura e queda de pressão, ocasionando vento norte. (RECHIA, 1999).

De acordo com a classificação climática de Köppen, o distrito enquadra-se num clima temperado chuvoso e quente do tipo Cfa. O índice de precipitação é em torno de 1500 mm a 1700 mm, distribuídos regularmente durante o ano, sendo os meses de novembro, dezembro e março os menos chuvosos, quando podem ocorrer déficits hídricos, com danos às plantas cultivadas. (BARROS SARTORI, 1979).

2.2.5 Hidrografia

O Estado do Rio Grande do Sul é drenado por uma densa malha hidrográfica, sendo constituída basicamente por dois sistemas coletores de águas: a bacia do rio Uruguai e a bacia Atlântica. O distrito de Santa Flora está inserido na bacia Atlântica em que se encontra a região hidrográfica do Guaíba o qual é constituído de 9 bacias hidrográficas, correspondendo cerca de 32% do território gaúcho. (SEMA, 2005).

As bacias hidrográficas que se inserem na malha hídrica do distrito são a bacia do Vacacaí, Vacacaí-Mirim e a Bacia Alto-Jacuí. (SEMA, 2005).

No entanto, os cursos que drenam o distrito de Santa Flora pertencem à bacia hidrográfica do rio Vacacaí pertencendo ao Comitê de Bacias Hidrográficas dos rios Vacacaí e Vacacaí-Mirim, que por sua vez faz parte do sistema hídrico do rio Jacuí, pertencente à

bacia hidrográfica do Alto-Jacuí, que deságua no rio Guaíba e por sua vez desemboca na Lagoa dos Patos acabando no oceano Atlântico. A esta bacia pertence a maior parte da região morfológica da Depressão Central e Escudo Sul Rio-Grandense, possuindo um regime hídrico equilibrado, como chuvas mensais regulares. (SEMA, 2005).

Ressalta-se a bacia hidrográfica do Alto-Jacuí sendo sua nascente a do rio Jacuí localizada em Passo Fundo, responsável por 85% das águas que formam o Lago Guaíba, sob a unidade geomorfológica do Planalto Meridional no sentido norte-sul fazendo confluência com o Rio Vacacaí, na região do município de Cachoeira do Sul. Os principais contribuintes do rio Jacuí são os rios Jacuí-Mirim, Ivaí Soturno, Vacacaí-Mirim e Vacacaí, Jacuizinho, Arroio Curupá, Arroio São Bento e Arroio Porongos. (SEMA, 2005).

Os principais cursos d'água que drenam o distrito são o Arroio do Arenal, Sarandi, Caranguejo, Arroio dos Corvos, Arroio da Lavagem, Rio Vacacaí, Sanga Laranjeira e Sanga da Ramada sendo estes constituídos de outros pequenos arroios (Molha Bunda, Botão), sangas (Açu, Variante, Divisa, Cria, Raça, Angico, Tupanciretã, Leão) e intermitentes presentes em uma topografia plana, além de um embasamento geológico constituído de rochas quase impermeáveis, o que proporciona a formação de planície e várzeas. (SEMA, 2005).

Os principais usos dos recursos hídricos no distrito são: abastecimento humano, animal, agroindustrial e irrigação, destacando-se: abastecimento público, irrigação de hortifrutigranjeiros (frutas, milho, tomate, olericultura) e arroz (período de novembro a março), aquíicultura (produção de alevinos). (VIERO, 2003).

Vale salientar que na área em estudo, os problemas mais críticos na malha hídrica estão associados à erosão do solo, ao assoreamento dos cursos d'água, à contaminação por agrotóxicos e resíduos orgânicos, especialmente dos dejetos animais jogados nos corpos de água. (SILVEIRA, 2007).

Em se tratando de saneamento básico o abastecimento de água é feito por meio de poços artesianos e não tem tratamento de esgoto. (SILVEIRA, 2007).

2.2.6 Vegetação

A cobertura vegetal apresenta-se rasteira, do tipo savana, considerada como campo sendo por isso, propício a atividades pecuaristas e agrícolas, a qual se constitui em uma das

atividades dominantes, pois estes junto às várzeas dos rios são denominadas planícies aluviais voltados à atividade agrícola em especial o arroz. Essa vegetação estende-se nas áreas sul e leste e também na região oeste onde se localiza a campanha gaúcha. Já a categoria floresta é representada por capões de mato e mata de galeria ao longo de riachos e banhado. (RECHIA, 1999).

O distrito de Santa Flora apresenta uma vegetação composta por Savana, Estepe, Floresta Estacional Decidual. Em sua composição florística são encontradas em torno de 67 espécies pertencentes a 26 famílias botânicas, tais como: *Allophylus edulis* (*chal chal*), *Blepharocalyx salicifolius* (murta), *Calliandra tweediei* (caliandra), *Casearia decandra*, *Casearia sylvestris* (guaçatonga), *Cedrela fissilis* (cedro), *Chomelia obtusa*, *Chrysophyllum marginatum*, *Citharexylum montevidense*, *Diospyros inconstans* (marmelinho), *Eugenia hyemalis*, *Eugenia uniflora* (pitangueira), *Eugenia uruguayensis*, *Guettarda uruguayensis*, *Gymnanthes concolor*, *Helietta apiculata* (canela de veado), *Luehea divaricata* (açoita cavalo), *Machaerium paraguariense*, *Myrciaria tenella* (Cambuí), *Myrsine laetevirens* (capororocão), *Nectandra lanceolata* (canelinha), *Parapiptadenia rígida* (angico do mato), *Patagonula americana* (guajuvira), *Plinia rivularis* (cambucá peixoto), *Pouteria gardneriana* (leiteiro), *Ruprechtia laxiflora*, *Salix humboldtiana* (salgueiro), *Schefflera morototoni* (shefler), *Scutia buxifolia*, *Sebastiania brasiliensis*, *Sebastiania commersoniana*, *Syagrus romanzoffiana* (jerivá), *Vitex megapotamica* (tarumã), *Xylosma pseudosalzmannii*. Já os campos ocupam a maior parte da área de estudo caracterizada por espécies rasteiras, tipo pradaria, com predomínio de gramíneas às vezes associados a capões, pequenos núcleos de árvores de forma mais ou menos circular ou oval e matas de galeria. (SEMA; UFSM, 2001).

Benedetti (2006) afirma que nos campos são comuns plantas tipo chirca (erva daninha nos campos riograndenses) e manchas de *Baccharis* spp. (carquejas), touceiras de macega de *Dodonaea viscosa* (L.), Jacq. (vassouras-vermelhas), capim anoni, língua de vaca entre outras espécies comuns nos campos nativos de nossa região. Essa forma de vegetação favorece as atividades agrícolas e pastoris e se retirada promove a aceleração do processo de erosão e assoreamento dos rios.

3 MATERIAIS E METODOLOGIA

3.1 Materiais

Para delimitar a área de estudo os materiais utilizados foram divididos em dois tipos: material de laboratório e material de campo.

3.1.1 Material de Laboratório

- Microcomputador;
- Aplicativos computacionais: *SPRING, Microsoft Office, Adobe Photoshop e CorelDraw*;
- Mapa Municipal de Santa Maria. Escala: 1:100.000. Autoria do mapa: Secretaria Município de Planejamento – Diretoria de Planejamento ano de 1993;
- Imagem de radar: SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), com resolução espacial de 90m, fornecida pelo Laboratório de Geoprocessamento de Ecologia da Universidade Federal de Rio Grande do Sul (UFRGS);
- Imagens de satélite:
 - Imagem ETM+ - satélite LANDSAT 7- órbita / ponto: WRS 223 – 081 de janeiro de 2000, bandas espectrais 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, com resolução espacial de 30 metros fornecida pela *Global Land*;
 - Imagem CBERS 2, - órbita / ponto: WRS 160 – 133 de fevereiro de 2006, bandas espectrais 1, 2, 3, 4, 5, com resolução espacial de 20 metros, fornecida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais;
- Impressora e Scanner.

3.1.2 Material de campo

O material de campo utilizado foi para realização da reambulação temática foi:

- Veículo automotor;
- GPS de navegação;
- Mapas temáticos;
- Mapa Municipal de Santa Maria.

3.2 Metodologia

3.2.1 Levantamento de Material Bibliográfico

A primeira etapa foi o levantamento do material bibliográfico a partir de literaturas em livros, periódicos, dissertações, teses, jornais, revistas, leis e outras fontes como cartas topográficas (documentação cartográfica), páginas de *web (sites)*, fotografias e imagens de satélite, complementados por dados censitários. Este levantamento foi realizado junto a órgãos federais como Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), estaduais como SEMA, FEPAM, EMATER e municipais como Prefeitura Municipal de Santa Maria e Secretaria de Desenvolvimento Rural, os quais permitiram obter subsídios para inferir e compreender a organização espacial do distrito.

3.2.2 Base Cartográfica

A elaboração da base de elementos cartográficos, georreferenciamento das imagens, processamento digital de imagens, classificação digital de uso da terra, constitui-se na segunda fase da pesquisa.

A elaboração da base cartográfica da área de estudo foi organizada conforme a descrição da origem. (QUADRO 4).

Base Cartográfica Levantada	Fonte	Forma
Rede Viária	Mapa Municipal de Santa Maria, 1993 na escala: 1:100. 000	Digitalização em Tela (Vetorial)
Rede Hidrográfica		
Limite do Distrito de Santa Flora, RS		
MNT (Modelo Numérico do Terreno)	SRTM (<i>Shuttle Radar Topographi Mission</i>) – site: Ecologia / UFRGS (http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo)	Geração de Isolinhas

Quadro 5 - Descrição da organização da origem de elaboração da base cartográfica
Org: Pereira, L.V. (2007).

3.2.2.1 Conversão do Mapa Analógico em Imagem Digital

Para a conversão do Mapa Municipal de Santa Maria do formato analógico para digital utilizou-se um *scanner* por meio do aplicativo *Adobe Photoshop CS*, no qual o mapa foi digitalizado em formato *raster*, e posteriormente, salvo em formato **.tiff*.

3.2.2.2 Trabalhando com as Imagens de Satélite

Para esta fase utilizaram-se imagens de satélite LANDSAT 7 ETM+ de fevereiro de 2000 e imagens do satélite CBERS 2 de fevereiro de 2006, ambas de mesma época. Vale salientar, a utilização do aplicativo SPRING para esta fase e demais etapas seqüentes e que a escolha das imagens é em razão do custo e da qualidade, além de adquiri-las no mesmo mês conferindo melhor análise dos resultados, procurando estabelecer uma correlação entre o padrão da veracidade da imagem e o campo observado, principalmente em escala temporal. As operações realizadas foram o georreferenciamento, processamento de imagens e classificação destas imagens para fins de elaboração de mapas de uso da terra e análise LEGAL a fim de determinar a evolução da cobertura e uso da terra, áreas de conflito, áreas de preservação permanente, evolução florestal e evolução da lavoura.

3.2.2.3 Georreferenciamento das Imagens

Segundo Teixeira e Christofolletti (1997) o processo de georreferência ocorre a partir de uma entidade geográfica a qual é referenciada espacialmente no terreno por meio de sua

localização, utilizando um sistema de coordenadas onde o ponto de localização na superfície pode ser identificado.

Crosta (1992) diz que esse método de georreferenciamento, tem a finalidade de estabelecer as diferenças de posicionamento de alguns pontos na imagem e na carta, onde as distorções presentes podem ser estimadas. Ele propicia, também, a transformação adequada e computada, no sentido de corrigir a imagem.

Neste sentido a representação temática, por meio de mapas e cartas, pode ser em qualquer escala na cartografia digital relacionada ao “SIG”. A preocupação com a conversão da escala no meio digital independe de qualquer meio analógico, interessando nesse caso é a projeção cartográfica, a qual guarda um vínculo bem definido com um sistema de coordenadas geográficas. Pois as mesmas, tem um sentido específico, estabelece uma relação entre coordenadas de imagem e coordenadas geográficas, principalmente quando se faz o georreferenciamento.

O georreferenciamento da imagem é uma técnica necessária para a integração de uma imagem à base de dados existentes num SIG. A sua função é alinhar os *pixels* da imagem de geometria similar que contenha os mesmos conjuntos de elementos. Os projetos da área de sensoriamento remoto pressupõem que as imagens possam ser integradas aos dados extraídos de mapas existentes ou as medições de certas grandezas feitas diretamente no terreno. O importante desta operação é combinar imagens de sensores diferentes sobre uma mesma área, sendo esse conhecido pelo aplicativo SPRING como registro e entendido como a transformação geométrica dos dados de sensoriamento remoto, de maneira que eles adquiram as características de base de dados cartográficos.

Na presente pesquisa, o procedimento de georreferenciamento (registro) foi realizado em etapas. (QUADRO 5).

ETAPA	CAIXA DE DIÁLOGO (MENU)	RESULTADO
1 – Aquisição da imagem: Ler imagem ou Importar imagem (TIFF)	Módulo IMPIMA Importar.	Imagem formato GRIB
2 - Ativar o Banco e Projeto que receberá a imagem	Banco de Dados e Projetos	Banco e Projeto ativos.
4 – Carregar imagem na Tela 5.	Seleção de Imagem	Imagem para registro na tela.
5 – Adquirir pontos de controle via teclado	Registro de Imagem	Vários pontos de controle.
6 - Selecionar pontos para registro e analisar erro.	Registro de Imagem	Melhores pontos escolhidos.
7 – Salvar imagem para registro.	Registro de Imagem	Imagem no formato GRIB com parâmetros para o registro
8 – Importar imagem para projeto.	Importar Arquivos GRIB.	Imagem no formato GRIB registrada

Quadro 6 - Etapas para georreferenciamento

Fonte: INPE (2006a).

Org: Pereira, L.V. (2007).

Na etapa 6 selecionou-se os pontos de controle e escolheu-se o tipo de operação (registro) baseada no grau polinômio (1, 2 ou 3). Neste estudo foi utilizado o grau de polinômio 1.

Para o processo de georreferenciamento do mapa, foram utilizadas as coordenadas planas fornecidas no mapa. Foram selecionados nove pontos com coordenadas conhecidas, distribuídos em toda a área do mapa. Para a georeferência das imagens de satélite são selecionados pontos visíveis no mapa e na imagem para a comparação. Para esta etapa é importante que os pontos sejam bem distribuídos, com fácil identificação, a fim de inferir maior precisão ao georreferenciamento. Nesta etapa foram seguidos os seguintes passos: (1) escolha de pontos de controle visíveis no mapa e na composição falsa-cor como cruzamentos de estradas, trevos; (2) aquisição das coordenadas dos pontos de controle, identificando X e Y, representando o mesmo lugar na imagem e na carta; (3) verificação do erro dos pontos de controle medido em *pixel*.

Uma vez realizada esta operação, se procedeu à importação das imagens georreferenciadas para a categoria anteriormente criada, através das bandas nos canais “RGB”. Tal procedimento permite que nas mesmas sejam desenhadas as composições no módulo SPRING.

3.2.3 Processamento Digital de Imagem

Por processamento digital de imagens entende-se a manipulação de uma imagem por computador de modo que a entrada e a saída do processo sejam imagens. Neste sentido, os processamentos digitais de imagens são técnicas que visam melhorar o aspecto visual de certas feições estruturais para análise do homem e também fornecer subsídios para a sua interpretação, inclusive gerando produtos que possam ser posteriormente submetidos a outros processamentos. Paralelamente permitem analisar uma cena nas várias regiões do espectro eletromagnético, possibilitando a integração de vários tipos de dados, devidamente registrados.

As imagens utilizadas para a realização da pesquisa foram obtidas do satélite CBERS-2, com bandas 1, 2, 3, 4, 5 e LANDSAT 7, sensor ETM+, com 6 bandas espectrais 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7, todas elas no formato TIFF/GEOTIFF sendo estas convertidas para o formato GRIB (*.grb) pelo módulo Impima do SPRING sendo estas importadas pelo mesmo.

As composições coloridas formadas pelas bandas 3, 4 e 5 dos satélites LANDSAT 7 ETM+ do ano 2000 e 2, 3, 4 e CBERS 2 do ano de 2006, foram utilizadas para amostras de treinamento usadas na classificação digital das imagens, sendo estas bandas associadas ao canal do azul (banda 3), canal do verde (banda 4) e canal do vermelho (banda 5); para composição 3, 4 e 5 e ainda canal do azul (banda 2), canal do verde (banda 3) e canal do vermelho (banda 4) para composição 2, 3 e 4.

Após, as etapas anteriores descritas foram elaboradas composições coloridas falsa-cor: 1, 2, 3; 3, 4, 5 e 2, 3, 4. Os diferentes níveis de cinza para cada cor variam de 0 a 255, no qual (0, 0, 0) forma o preto e (255, 255, 255) forma o branco. Assim, para melhorar a qualidade da imagem aplicou-se um conjunto de medidas necessárias fazendo o exame dos histogramas das três bandas. A partir do histograma definiu-se a correlação entre as bandas e qual procedimento tomar para adequar o realce do contraste espectral no processamento digital da imagem.

3.2.4 Geração dos Elementos Temáticos

A próxima etapa da pesquisa foi a digitalização das entidades geográficas em um Plano de Informação (PI) individual, formando assim, uma camada de informação distinta. Para tanto, estas entidades foram divididas em rede de drenagem, rede viária e limite do município.

A rede de drenagem é composta por rios, sangas, arroios, barragens e lagos. Já para rede viária consiste nas rodovias, nas estradas, nos caminhos em um único plano.

3.2.5 Geração das Curvas de Nível a partir Imagem SRTM

A imagem de radar do Rio Grande do Sul foi obtida pelo *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), disponível no site “Laboratório de Geoprocessamento de Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)”. Para este trabalho a imagem foi importada do aplicativo SPRING, na qual gerou-se uma grade-imagem com pontos de cotas altimétricas na categoria (“modelo de dado”) do tipo Modelo Numérico do Terreno (MNT) por meio do aplicativo SPRING, onde foi recortada a área de interesse (distrito de Santa Flora).

Salienta-se que a resolução da imagem foi definida automaticamente pela relação dos padrões da mesma na aquisição e pelo próprio aplicativo SPRING em “Planos de Informação” (PI). Logo após este procedimento e através dos valores altimétricos desta grade-imagem foram geradas as curvas de nível (isolinhas), equidistantes 20 metros que corresponde aos mesmos representados em uma carta topográfica na escala de 1:50.000.

3.2.6 Elaboração de Mapas Temáticos a partir do MNT (Modelo Numérico do Terreno)

3.2.6.1 Conceito

O Modelo Numérico do Terreno (MNT) é uma representação matemática da distribuição espacial de uma determinada característica vinculada a uma superfície real, onde a superfície é em geral contínua e o fenômeno que representa pode ser variado. (INPE, 2006a).

Os produtos gerados a partir de grades (triangular ou retangular) estão distribuídos por funções, disponíveis no “menu” principal do SPRING, e requerem que o plano de informação contenha a representação “GRADE” ou “TIN”, disponível no painel de controle do aplicativo.

Desta forma, através das curvas de nível (isolinhas), foi confeccionado um mapa hipsométrico, clinográfico. Esta operação permite a geração de imagem do relevo e visualização tridimensional do terreno.

Uma vez obtida as isolinhas (curvas de nível) a partir da operação MNT foi realizada a grade triangular (TIN) no mesmo plano de informação. Nesta grade cada ponto altimétrico na imagem recebe a interligação para os pontos vizinhos gerando uma malha triangular.

3.2.6.2 Mapa Hipsométrico

Na elaboração do mapa hipsométrico foi utilizado o modelo numérico do terreno confeccionado na etapa anterior. Através deste modelo foi realizado o fatiamento do terreno gerando intervalos de 20 metros de altitude, conforme a variação das áreas na grade-imagem. Ressalta-se também, em razão da cota altimétrica máxima não ultrapassar 140m e a cota

mínima ser de 40m, as quais, posteriormente foram agrupadas e atribuídas às classes temáticas, para posterior quantificação destas áreas. Foram elaboradas 5 classes. A primeira classe abrange o intervalo de 40 a 60 m; a segunda de 60 a 80 m; a terceira de 80 a 100; a quarta de 100 a 120 m e a quinta classe de 120 a 140 m.

3.2.6.3 Mapa Clinográfico

O mapa clinográfico foi obtido a partir do modelo numérico do terreno (MNT), através da grade altimétrica geraram-se as isolinhas e, posteriormente, realizou-se a operação de fatiamento. Para isso foi criada uma imagem do terreno com valores de declividade em porcentagem. Os valores criados foram agrupados em 5 classes, com base na metodologia proposto por De Biasi (1992). (QUADRO 6).

CLASSE	PERCENTUAL (%)	USOS ACONSELHADOS PARA CADA CLASSE
1	0-5	No meio rural compreende terras cultiváveis com problemas simples de conservação do solo. Permite o uso de maquinário pesado.
2	5-12	Estabelece o limite máximo para o emprego de mecanização agrícola. São consideradas como declividades moderadas, podendo ser identificadas as máquinas agrícolas no cultivo de preparo do solo, porém algumas preocupações com o preparo do solo e plantio em nível, controle do fogo em resíduos de culturas, terraceamento, subsolagem em camadas impermeáveis, plantio direto, controle químico, rotação de culturas em sistema radicular alternado, faixas de retenção com plantio de vegetais. Permite não muito intenso, com cuidados de proteção do solo.
3	12-30	Representa o limite máximo para a urbanização sem restrições; no meio rural, as terras situadas desta classe permitem cultivos de apenas com equipamento de tração animal ou tratores esteiras devido á inclinação de vertentes. Permite o cultivo de culturas permanentes sem restrição, principalmente de árvores de maior porte ou reflorestamento, podendo ser extraído lucro financeiro com a exploração florestal e com pomares.
4	30-47	Determina o limite máximo para o corte raso de vegetação, a partir de 45° declividade, só será permitida a exploração se sustentada por coberturas florestais, desta forma, se usada no processo extrativista, coleta, exploração madeireira com restrições como em quantidade de corte, época e tipo de madeira etc. As terras enquadradas nesta classe devem ser apenas em reflorestamentos, cultivo de vegetação permanente, cultivo de pomares etc.
5	>47	Acima desta declividade não é permitida a derrubada de florestas, só sendo tolerada a extração de toras, quando em regime de utilização racional, não proporcionando locais que fiquem desprovidos de vegetação e sob efeito da erosão e demais intempéries, conforme prevê o artigo 10° do código florestal, além de que as áreas de preservação permanente são delimitadas com base na Lei Federal N°. 4.771 de 1965, que instituiu o Código Florestal Brasileiro.

Quadro 7 - Classes de declividade do solo
Fonte: De Biasi (1992).

3.2.7 Classificação Digital de Imagens

Segundo INPE (2006a) a Classificação é o processo de extração de informações em imagens para reconhecer padrões e objetos homogêneos no mundo real. Conforme o processo de classificação empregado, os classificadores podem ser divididos em dois grupos: classificador *pixel a pixel* que utilizam apenas a informação espectral de cada *pixel* e classificador “por região”, que utiliza a informação dos *pixels* vizinhos para determinar regiões homogêneas. (INPE, 2006a).

O primeiro passo em um processo de classificação multiespectral supervisionada é criar o arquivo de contexto, no qual, são armazenados as bandas que farão parte do processo de classificação. Quando existem regiões da imagem em que o usuário dispõe de informações que permitem a identificação de uma classe de interesse, o treinamento é dito supervisionado. Para este tipo de treinamento o usuário deve identificar na imagem uma área representativa de cada classe. É importante que a área de treinamento seja uma amostra homogênea da classe respectiva e, ao mesmo tempo, deve-se incluir toda a variabilidade dos níveis de cinza do tema em questão, onde as amostragens devem ser feitas sobre uma imagem na área de desenho, com amostras retangulares ou poligonais.

Ao executar o treinamento no aplicativo SPRING foram coletadas 50 amostras distribuídas, para cada classe (tema) de uso da terra, conforme a interpretação das imagens e o conhecimento da área, além da complexidade da área que a imagem representa. sendo criadas as assinaturas espectrais para cada tema encontrado, sendo esses: floresta, campo, lavoura, solo exposto e água. (IBGE, 2006).

Após executar o treinamento realizou-se a análise das amostras. Elas permitem verificar a qualidade e a veracidade das amostras coletadas, que neste caso, obteve-se uma matriz confusão, considerando o intervalo de confiança na classificação de uso da terra superior de 95%. (MOREIRA, 2003).

A etapa seguinte foi executar a classificação, utilizando-se das amostras e das bandas escolhidas. A partir daí, a imagem é então classificada. O método de classificação selecionado foi "*pixel a pixel*" e o classificador utilizado foi MAXVER (classificação por máxima verossimilhança) o qual considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes, utilizando parâmetros estatísticos. O limiar de aceitação utilizado foi de 100% resultando em uma imagem classificada sem rejeição, ou seja, todos os "*pixels*" foram classificados.

3.2.8 Mapeamento para Classes Temáticas

Esta é a última etapa após o processo de classificação o qual permite transformar a imagem classificada (categoria Imagem) em um mapa temático raster (categoria Temático), ou seja, consiste no “mapeamento para classes”, do qual serão obtidos os mapas de uso da terra tendo como escala temporal 2000 e 2006. Essa etapa permite a análise tanto quantitativa quanto qualitativa do distrito em estudo.

Para a elaboração do mapa consideraram-se as seguintes classes temáticas: água, solo exposto, campo, lavoura e floresta.

- Água: Engloba todos os recursos hídricos desde sua identificação, localização e a caracterização de usos múltiplos. Neste trabalho, ela foi representada pelos rios, arroios, sangas, barragens, açudes e nascentes. (MOREIRA, 2003);
- Solo exposto: São as áreas caracterizadas pela ausência de vegetação. São considerados solos expostos: o solo em pousio, solo recentemente preparado para o plantio, bancos de areia, voçorocas, ravinas provocados por processos erosivos. (MOREIRA, 2003);
- Campo: São as áreas de campo nativo. Caracterizam-se pela presença de pecuária, pastagem e vegetação de pequeno porte. (MOREIRA, 2003);
- Lavoura: São áreas que apresentam lavouras permanentes e temporárias, com forte representatividade, ou seja, áreas de plantio agrícola. (MOREIRA, 2003);
- Floresta: São consideradas áreas com vegetação de médio e grande porte. Nessa categoria englobam-se as capoeiras, matas de galeria, floresta nativa e exótica, regeneração e matas ciliares desde a ocorrência natural até plantada (reflorestamento e florestamento). (MOREIRA, 2003);

3.2.9 Análise Espacial em Programação LEGAL no Aplicativo SPRING

Na presente pesquisa utilizando-se das imagens classificadas para os anos de 2000 e 2006 por meio da programação LEGAL do SPRING, gerando os mapas: o de áreas de preservação permanente, evolução florestal, evolução da lavoura.

3.2.9.1 Mapa de Áreas de Preservação Permanente (APP)

O mapa de áreas de preservação foi elaborado a partir do cruzamento entre os planos de informação de uso da terra de 2000 e o de declividade superior a 47%, e delimitado em cor verde as faixas marginais as áreas de preservação. (FIGURA 13).

Segundo a Lei 4771/65 do Código Florestal Brasileiro são consideradas áreas de preservação permanente as florestas ou demais formas de vegetação natural situada ao longo dos mananciais hídricos (rios, lagos, represas e nascentes), devendo preservar as faixas nos seguintes limites: (a) 30 metros para os cursos d'água de menos de 10 metros de largura do leito; (b) 50 metros para cursos d'água com 10 a 50 metros de largura de leito; (c) 100 metros para cursos d'água com 50 a 200 metros de largura de leito; (d) 200 (duzentos) metros para cursos d'água com 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura de leito e (e) 500 metros para os cursos d'água de mais de 600 metros de largura do leito.

Deve-se também preservar as áreas ao redor de lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais, topo de morros, montes, montanhas e serras; restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadores de mangues. Já para as nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados olhos d'água, qualquer que seja a situação topográfica, num raio mínimo de 50 metros de largura. As encostas ou partes destas com declive superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive. As bordas dos tabuleiros ou chapadas, a partir da linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 metros em projeções horizontais e em altitudes superior a 1.800 metros, qualquer que seja a vegetação. (CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO).

No caso de áreas urbanas, assim entendidas as compreendidas nos perímetros urbanos definidos por lei municipal e nas regiões metropolitanas e aglomerações urbanas em todo o território abrangido, observar-se-á o disposto nos respectivos planos diretores e leis de uso do solo, respeitando os princípios e limites aos quais se refere o código florestal brasileiro.

Portanto, a lei 4771/65 do código florestal brasileiro determina a obrigatoriedade da preservação da vegetação nativa situada às margens dos rios, nascentes, lagos e represas, visando atenuar a erosão do solo, formar faixa de proteção ao longo dos recursos hídricos, proteger fauna e flora de valor científico ou histórico e assegurar condições de bem-estar público.

Desta forma, foi gerado, nesta pesquisa um mapa de distâncias no qual foram atribuídos uma faixa marginal de 30 metros ao longo dos cursos d'água, áreas num raio de 50 metros ao redor das nascentes, topos de morros e toda rede de drenagem, com exceção do rio Vacacaí-Mirim, onde foi atribuído uma faixa marginal de 100 m ao longo do seu curso d'água. A seguir, realizou-se o cruzamento dos planos de informação sendo analisados os tipos de conflito encontrados. Consideram-se como áreas de conflito todas aquelas ocupadas por atividades agrícolas em áreas marginais á rede de drenagem, áreas de nascentes, em topos de morros e em declividades superiores a 45%. (CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO).

Neste mapa foram cruzadas através da programação LEGAL do SPRING, as bases temáticas correspondentes ao uso da terra, ao de declividade e ao do uso da terra com as faixas marginais de preservação permanente da área em estudo, além de delimitar as áreas de presença em torno da malha hídrica. O resultado deste cruzamento justifica-se pela possibilidade de analisar e quantificar a presença de recursos florestais em função das classes de declividade e as áreas. Destaca-se que essa questão está diretamente relacionada à intervenção humana uma vez que a exploração do solo é determinada pelas condições do relevo. (APÊNDICE A).

3.2.9.2 Mapa da Evolução Florestal

O mapa correspondente a evolução florestal é representado por classe floresta, caracterizado por áreas alteradas ou não da cobertura florestal. As classes temáticas atribuídas foram: florestamento (aumento), manutenção e desflorestamento (diminuição) da cobertura floresta. A partir desta informação, foi realizado o cruzamento de uso da terra no período de fevereiro de 2000 com o de fevereiro de 2006. As áreas de manutenção florestal foram representadas pela classe floresta em que a vegetação permaneceu inalterada. São consideradas áreas de desflorestamento (desmatamento, diminuição florestal) aquelas em que

a classe temática floresta foi suprimida em função das outras classes de uso da terra, como a agricultura, a florestal, campos, solos expostos e água. Já as áreas em que houve aumento foi caracterizado por plantio, regeneração natural de capoeiras e árvores, ou seja, a classe florestal avançou sob demais classes temáticas. (APÊNDICE B). (FIGURA 14).

3.2.9.3 Mapa da Evolução da Lavoura

O mapa de evolução da classe lavoura (considerado como agrícola), foi cruzado com os mapas de uso da terra no período de fevereiro de 2000 com o de uso da terra fevereiro de 2006, que resultaram no mapa temático. Foram atribuídas as classes temáticas de aumento, manutenção e diminuição da lavoura. As áreas de diminuição da lavoura (redução agrícola) foram consideradas como aquelas em que o tema agricultura foi suprimido em função de outras classes temáticas como: agricultura, floresta, campo, solo exposto, água. Já a evolução agrícola representa áreas onde o tema agricultura avançou sobre outras classes. (APÊNDICE C). (FIGURA 15).

Ressalta-se que na classe aumento da lavoura é caracterizado aumento de áreas de plantio efetivo, na classe manutenção foram consideradas áreas inalteradas e a de diminuição da lavoura foram consideradas as áreas de lavoura secundária (lavouras ruim, mal manejadas) ou abandono.

3.2.10 Quantificação do Uso da Terra

Para quantificação do uso da terra no período de 2000 a 2006, após a geração dos mapas temáticos foi efetuado o cálculo das áreas para todas as classes mapeadas, a partir de imagens classificadas com formato matriz. Foram associadas as classes pertencentes a categorias temáticas as quais foram convertidas para o formato vetorial através da ferramenta “medidas de classe” do aplicativo SPRING. A partir dele foram calculados os respectivos valores de área com dimensão de *pixel* 30 x 30m (900m²) para imagens LANDSAT e 20 x 20 (400 m²) para imagens CBERS.

3.2.11 Edição Final dos Mapas

Antes de serem editorados os mapas finais por este aplicativo, foi necessária a conversão destes através do módulo SCARTA do ambiente SPRING. Posteriormente foram inseridas as coordenadas, os símbolos, as legendas e os quadros apresentados nas figuras a serem impressos. A edição final dos mapas utilizou-se de aplicativo gráfico (*Corel Draw*).

3.2.12 Reambulação Temática

Esta etapa foi realizada tendo por objetivo a confirmação a campo de padrões das imagens que apresentam dúvidas quanto aos temas classificados. Para a verificação espectral dos mesmos fez-se uma coleta de informações no campo, com base no material cartográfico elaborado e com auxílio de GPS de navegação, utilizado para coletar as coordenadas dos locais amostrados para averiguação.

3.2.13 Análise e Interpretação

Nesta etapa foi realizada a análise e interpretação dos resultados obtidos. A partir da base cartográfica foram elaborados diferentes mapas, utilizando-se imagens de satélites da referida área de estudo, que vem ao encontro aos objetivos propostos pela pesquisa.

A análise final dos resultados objetivou fornecer informações por meio de um diagnóstico da área de estudo.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os seguintes mapas: o de base cartográfica (1), o hipsométrico (2), o clinográfico (3), o uso da terra de 2000 (4), o uso da terra de 2006 (5), áreas de preservação permanente (6), a evolução florestal (7) e o de evolução da lavoura (8), os quais foram analisados e quantificados, conforme a metodologia descrita.

4.1. Base Cartográfica

A base cartográfica foi elaborada a partir de dados do mapa municipal de Santa Maria de 1993, associada às imagens de satélite, descritos na metodologia. Salienta-se que foi realizada a digitalização em tela da rede de drenagem, da rede viária, dos limites administrativos do distrito e a área urbana. Tais mapas demonstram o arranjo espacial das informações, sendo possível quantificá-las, no distrito de Santa Flora. (FIGURA 8).

A rede de drenagem no distrito é constituída por sangas, arroios e rios, além de barragens e açudes, tendo maior concentração na parte norte do distrito, na qual a principal função destas é na irrigação de lavouras.

O distrito de Santa Flora totaliza uma malha hídrica de 380 km de comprimento, sendo representada por: (a) Sangas: Açú, Variante, Ramada, Divisa, Cria, Raça, Angico, Tupanciretã, Leão, Laranjeira; (b) Arroios: Molha Bunda, Botão, Lavagem, Arenal, Caranguejo; (c) Rios: Corvos e Vacacaí-Mirim. (FIGURA 8).

Já a rede viária é composta por uma estrada federal e por estradas municipais sendo estas as principais: BR 392, Coronel José Xavier, Januário Chagas, Estrada da Coxilha da Ramada, Coronel Passo Barca, Colônia Favorita, Colônia Grábia e Estrada dos Vieros, perfazendo um total de 219 km de malha viária. (FIGURA 8).

Vale observar que o mapa foi elaborado de acordo a área urbana do distrito, contemplando uma área de 257ha, de acordo com a lei municipal (n°4120/97), além da área rural de 51.643ha, no total de 51.900ha de toda área estudada.

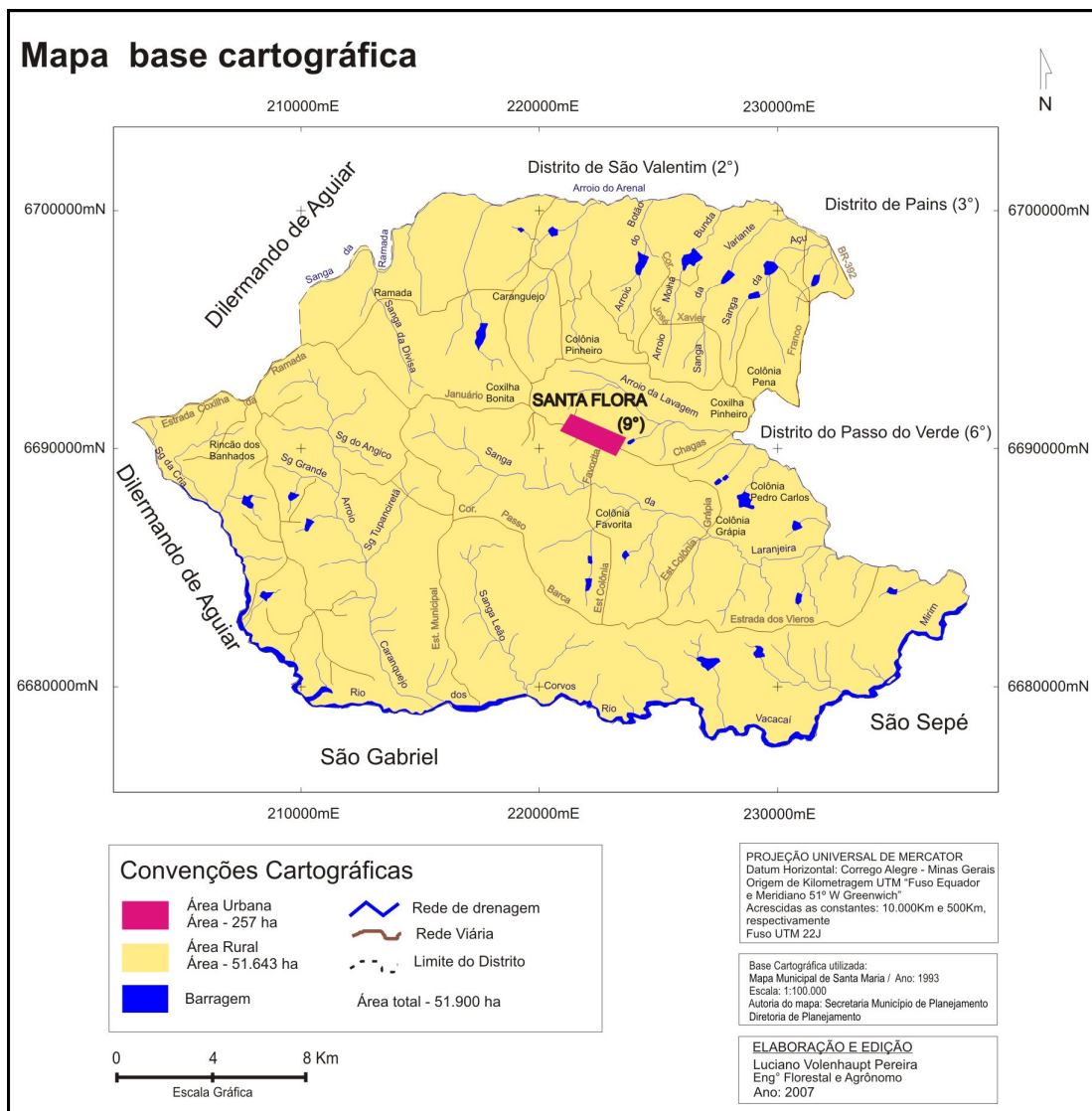


Figura 8 – Base Cartográfica do distrito de Santa Flora, Santa Maria / RS

4.2 Mapa Hipsométrico

O mapa hipsométrico representa a altimetria da área e foi elaborado a partir do imageamento por radar SRTM (*Suttle Radar Topography Mission*), utilizando o aplicativo SPRING do qual foi gerado o modelo numérico do terreno por meio de uma grade com cotas altimétricas. Este modelo foi fatiado em faixas, gerando curvas de nível com equidistância de 20 m na qual o intervalo altimétrico da área de estudo resultante desta grade foi de 140 a 40m. A partir deste momento, obteve-se 5 classes altimétricas com intervalo de 20m de altura

para cada classe, as quais foram quantificadas e distribuídas espacialmente na representação cartográfica na figura 9. (TABELA 1).

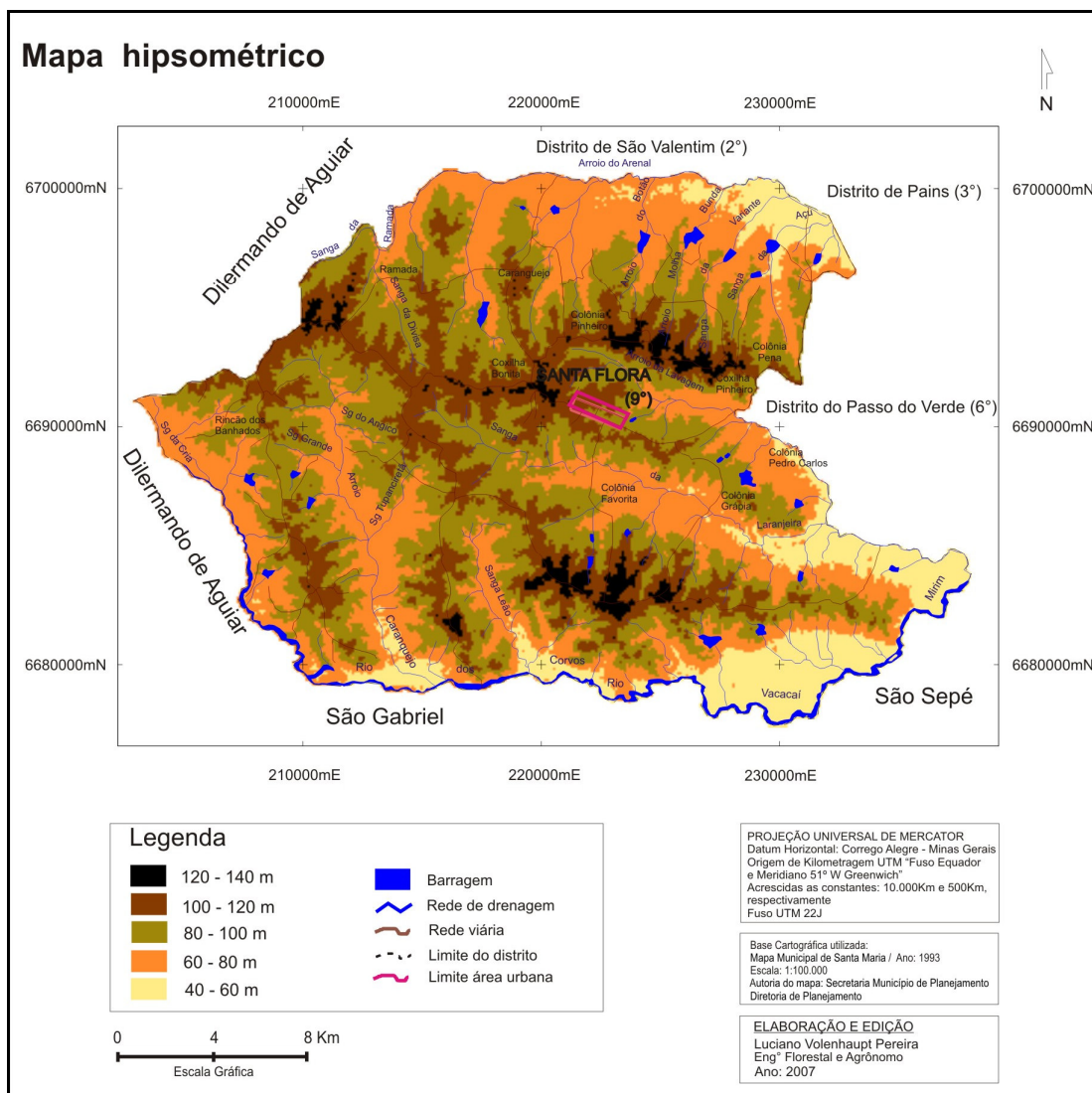


Figura 9 - Mapa Hipsométrico, distrito de Santa Flora / RS

Tabela 1 - Quantificação das classes hipsométricas

Classes (m)	Área (ha)	Área (%)
40 – 60	6.183,9655	12,000
60 – 80	16.896,1848	32,000
80 – 100	18.695,6105	36,000
100 – 120	9.238,0842	18,000
120 – 140	1.226,2944	2,000
Total	52.240,1394	100,000

Fonte: Aplicativo SPRING, 2007.

Org: Pereira, L.V. (2007).

O distrito de Santa Flora apresenta altitudes que variam de 40 a 140m, apresentando um relevo suavemente ondulado, característico de coxilhas. Geomorfologicamente pertence à Depressão Central e Escudo Sul-Riograndense que é caracterizado por cotas altimétricas menores em relação ao rebordo do planalto, além de planícies aluviais (várzea). (PEREIRA, 1989).

As maiores altitudes predominam nas porções nordeste e sul, representando 2,000 % da área total. Essas são consideradas áreas suscetíveis à erosão hídrica, característico de solo tipo chernossolo, onde se encontram predominantemente os campos utilizados para pecuária e lavoura ou constituem-se com áreas de pousio. A zona urbana, situada no centro do distrito, caracterizado pelo solo tipo alissolo, predominando altitudes médias de 80m, sendo inserida em duas classes (de 60 a 80m e de 80 a 100m), tendo estas classes as maiores áreas de abrangência (36,000% e 32,000%), caracterizado por campo e lavoura. A classe de 100 a 120m abrange 18,000% acompanhando o entorno do relevo, ocorre mais no centro-sul do distrito, apresentando solo do tipo argissolo. Já as menores altitudes (40 e 60m), características de solo tipo planossolo ocorrem próximas às margens hidrográficas no total de 12,000 %, sendo estas bem características de áreas de várzea, onde o relevo permite o excesso de água permanente ou temporário, as quais podem ser vistas, juntamente com as demais classes altimétricas. (FIGURA 9, TABELA 1 e STRECK et al., 2002).

Salienta-se que no período do inverno, o excesso de umidade e a má drenagem presente nas áreas mais baixas (várzea) são fatores limitantes ao uso agrícola, sendo estas áreas utilizadas no verão para cultivo de arroz e no inverno pastagem. Já nas áreas mais altas predominam os cultivos tradicionais de verão como soja e milho e no inverno servem para pastagem (aveia e azevém). O trigo é cultivado ao norte do distrito, juntamente com as áreas de campo ou em pousio as quais são destinadas principalmente para a prática de pecuária extensiva.

4.3 Mapa Clinográfico

O mapa clinográfico foi elaborado a partir do imageamento por radar SRTM, no qual gerou-se o modelo numérico do terreno (descrito na metodologia). Para a determinação das classes de declividade foi utilizada a metodologia descrita por De Biasi (1992) que tem por

objetivo avaliar a aptidão para determinado uso da terra. A declividade é considerada um elemento importante para o planejamento, pois possibilita a indicação correta do uso da terra propiciando o aproveitamento racional e as potencialidades naturais do distrito.

As diferentes classes de declividade foram mapeadas tendo sua espacialização representada no mapa clinográfico do distrito de Santa Flora. (FIGURA 10).

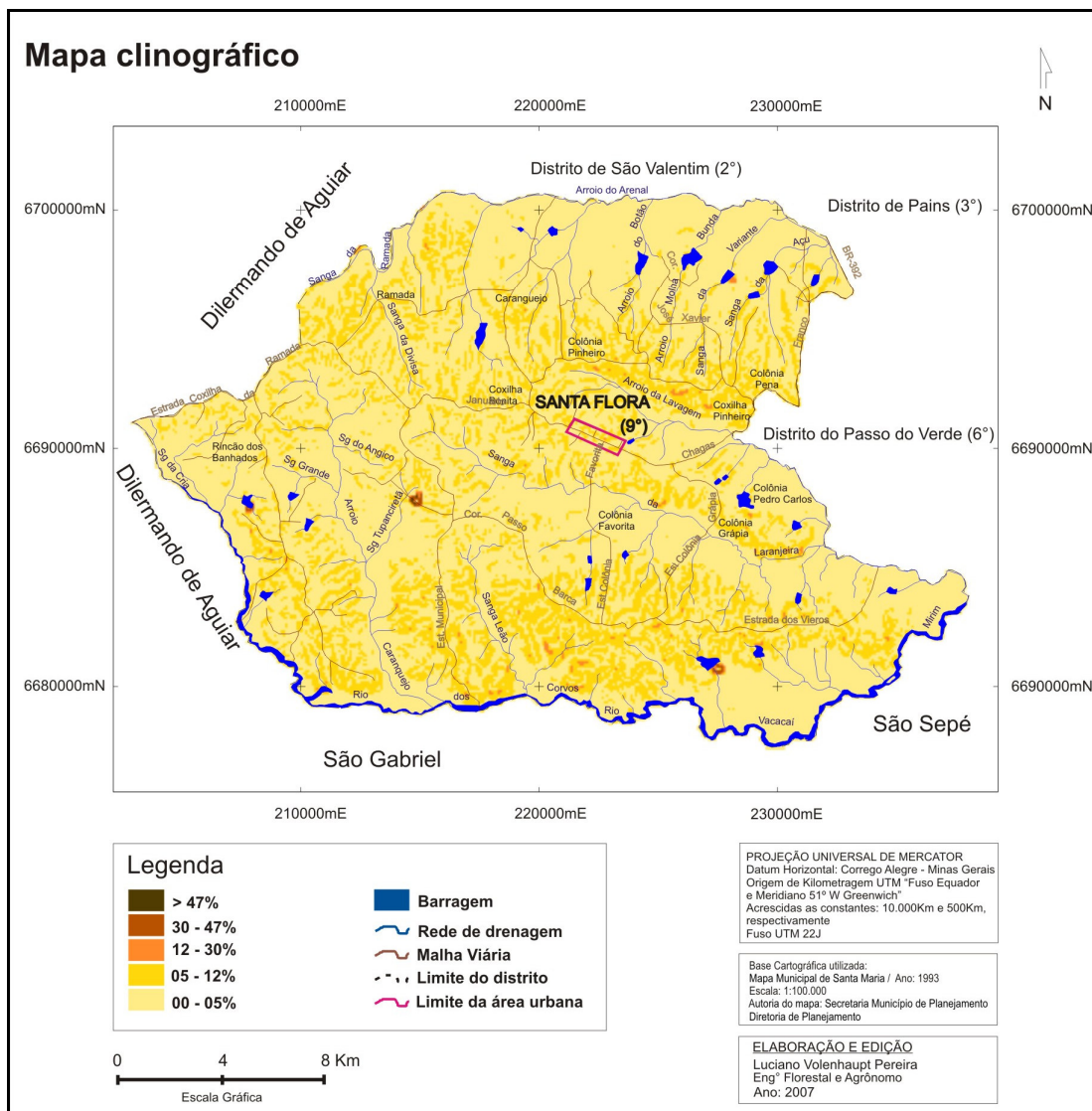


Figura 10 - Mapa clinográfico, distrito de Santa Flora, Santa Maria / RS

Após este procedimento, estas áreas foram quantificadas em hectares (ha) e porcentagem de abrangência na área total do distrito. (TABELA 2).

Tabela 2 – Distribuição das classes de declividade

Classe	Classes de declividade	Área (ha)	Área (%)
1	0 – 5%	39.655,3475	75,910
2	5 – 12%	12.357,6049	23,664
3	12 – 30%	184,1593	0,350
4	30 – 47%	39,5856	0,070
5	Superior a 47%	3,4422	0,006
Total		52.240,1395	100,000

Fonte: Aplicativo SPRING, 2007.

Org: Pereira, L.V. (2007).

Analisando-se a tabela 2, o que se pode constatar no intervalo de classe de declividade de 0-5%, a presença de relevo plano, abrangendo em maior parte, uma área de 39.655,3475ha, representando 75,910% do distrito. O que compreende terras cultiváveis com problemas simples de conservação do solo, permitindo o uso de maquinário pesado, sendo preservadas as margens de rede de drenagem, as nascentes d'água e as áreas de preservação permanente. (DE BIASI, 1992).

O intervalo de classes de 5-12% ocupa uma área de 12.357,6049ha, correspondente a 23,660%, constando as presenças de declividades moderadas, característico de coxilhas, ocorrendo espacialmente em toda a área do distrito. Conforme, o seu uso e ocupação apresentam poucas restrições, para qualquer atividade agrícola desenvolvida, como o preparo do solo, plantio em nível, controle do fogo em resíduos de culturas, terraceamento, faixas de retenção com plantio de vegetais e entre outras, permitindo cuidados não muito intensos de proteção do solo. (DE BIASI 1992, e TABELA 2).

A classe de declividade de 12-30% ocupa uma área de 184,1593ha, equivalendo a 0,350%, notando-se um percentual baixo em relação ao total de área ocupada espacialmente distribuído em todo não havendo concentração de localização de ocorrência dessa classe de declividade. Representa o limite máximo para a urbanização sem restrições; no meio rural, as terras situadas desta classe permitem cultivos apenas com equipamento de tração animal ou tratores esteiras, devido á inclinação de vertentes, representadas por um relevo ondulado. Permite o cultivo de culturas permanentes sem restrição, principalmente de árvores de maior porte ou reflorestamento, podendo ser extraído lucro financeiro com a exploração florestal. (DE BIASI, 1992 e TABELA 2).

Já a classe de 30-47% apresenta um relevo fortemente ondulado, ocupando uma área de 39,5856ha. Representa uma pequena percentagem de 0,070% sendo esta insignificante, estando localizadas e distribuídas mais na parte centro-sul do distrito. Determina o limite

máximo para o corte raso de vegetação, a partir de 45° declividade, só será permitida a exploração se sustentada por coberturas florestais. Desta forma, se usada no processo extrativista, coleta, exploração madeireira com restrições como em quantidade de corte, época e tipo de madeira entre outras. As terras enquadradas nesta classe devem ser apenas utilizadas em reflorestamentos, cultivo de vegetação permanente, visando a minimizar a ação do homem sobre estas de ocupação. (DE BIASI, 1992 e TABELA 2).

Também, para a classe superior a 47%, classificado como relevo montanhoso, representa 0,006%, resultando de uma área ínfima de abrangência de 3,44ha, da área total do distrito. Acima desta declividade não é permitida a derrubada de florestas, só sendo tolerada a extração de toras, quando em regime de utilização racional, não proporcionando locais que fiquem desprovidos de vegetação e sob efeito da erosão e demais intempéries, conforme prevê o artigo 10º do código florestal, além do que, as áreas de preservação permanente, são delimitadas com base na Lei Federal Nº. 4.771 de 1965, que instituiu o Código Florestal Brasileiro. (DE BIASI, 1992 e TABELA 2).

No entanto, somando-se as três últimas classes (de 12-30%, de 30-47% e superior 47%), observa-se que estas representam um total de 0,440% de área total, distribuídas ao sudoeste do distrito, sendo, pouco expressivas para o tamanho da área, subutilizados pelo setor primário de Santa Flora. (TABELA 2).

4.4. Análise do Mapa de Uso da Terra - 2000

Para análise do mapa do uso da terra do distrito de Santa Flora, do município de Santa Maria, foi utilizada imagem LANDSAT do ano de 2000 para posterior realização da classificação digital. Desta forma, foi possível quantificar e analisar o seu uso, conforme a figura (11) e a tabela (3) a seguir:

Tabela 3 - Quantificação das classes de uso da terra – 2000

Classes	Área (ha)	Área (%)
Água	894,6122	2,000
Solo exposto	5.104,7476	10,000
Campo	31.424,8154	60,000
Lavoura	3.239,2530	6,000
Floresta	11.313,3429	22,000
Total	51.976,7710	100,000

Fonte: Aplicativo SPRING, 2007.

Org: Pereira, L.V. (2007).

Observando-se a tabela 3, nota-se a presença significativa da classe de uso da terra denominada campo. Essa corresponde a 60,000% (31.424,8154ha) da área total do distrito. A classe campo localiza-se nas áreas de coxilhas. Considera-se nesta classe, o campo nativo ou pastagem implantada, sendo esta classe caracterizada por gramíneas encontradas de forma espessa e pouco desenvolvida, ou com grau ótimo de desenvolvimento, além da vegetação subarbustiva e intensa presença de capoeira. Esta classe também pode ser denominada de campos sujos, sendo potencializadas de forma distinta, pela ocupação de animais como ovinos, gado de leite, que são responsáveis pela renda familiar, subsistência e complemento da atividade agrícola. Mas, a principal atividade desenvolvida nestas áreas é a pecuária, em sua maioria, extensiva. Ressalta-se que no período de 2000, a atividade de pecuária era, economicamente mais rentável em relação à de lavoura.

As florestas perfazem um total de 22,000% (11.313,3429ha) da área total de Santa Flora. Esta classe é composta principalmente por matas ao longo dos cursos d'água e pequenos capões de mata nativa e exótica, além de áreas de regeneração. Muitas delas têm origem pelo abandono de áreas cultivadas, ou pela sucessão vegetal de corte raso de florestas. Salienta-se que esta categoria se encontra, na sua maior parte, em áreas de preservação permanente. Destaca-se também, a exploração das florestas, seja ela nativa ou plantada, tendo como finalidade o consumo próprio. (TABELA 3).

Já na classe lavoura, que é uma das principais características econômicas do distrito, esta ocupa uma pequena percentagem de 6,000% (3.239,2530ha) da área total. Isto é consequência dos custos e dos preços baixos de comercialização do arroz, milho e da soja nesse período. Na classe período a classe lavoura é caracterizada pelo cultivo do arroz na estação do verão localizado preferencialmente nas áreas de várzea e nas áreas mais altas (coxilhas), se encontram as lavouras da soja e milho, sendo essas culturas mais expressivas no distrito atualmente. (TABELA 3).

O solo exposto compreende uma área de 10,000% (5.104.7476ha) da área total. Nessa classe foram considerados como solo exposto, áreas sem vegetação expressiva, como solos em pousio, áreas abandonadas, área recentemente preparadas para plantio, voçorocas e ravinas causadas por processos erosivos. Estes dados são consequências da forte estiagem que geralmente ocorre no verão ou campos mal manejados. Desta forma, tem-se a formação de bancos de areia, e a vegetação torna-se inexpressiva ou ausente. (TABELA 3).

A classe água ocupa 2,000% (894,6122ha) da área total do distrito e englobam todos os recursos hídricos (arroyos, sangas, rios e nascentes) desde sua identificação, localização e caracterização de usos múltiplos. Mas precisamente é caracterizado por reservatórios naturais

ou artificiais e pela rede de drenagem. Nota-se que os açudes são em grande número a maioria localizados na parte norte e sul do distrito, próximos à rede de drenagem. Esta classe destina-se basicamente para as práticas agrícolas e consumo humano e animal. (TABELA 3).

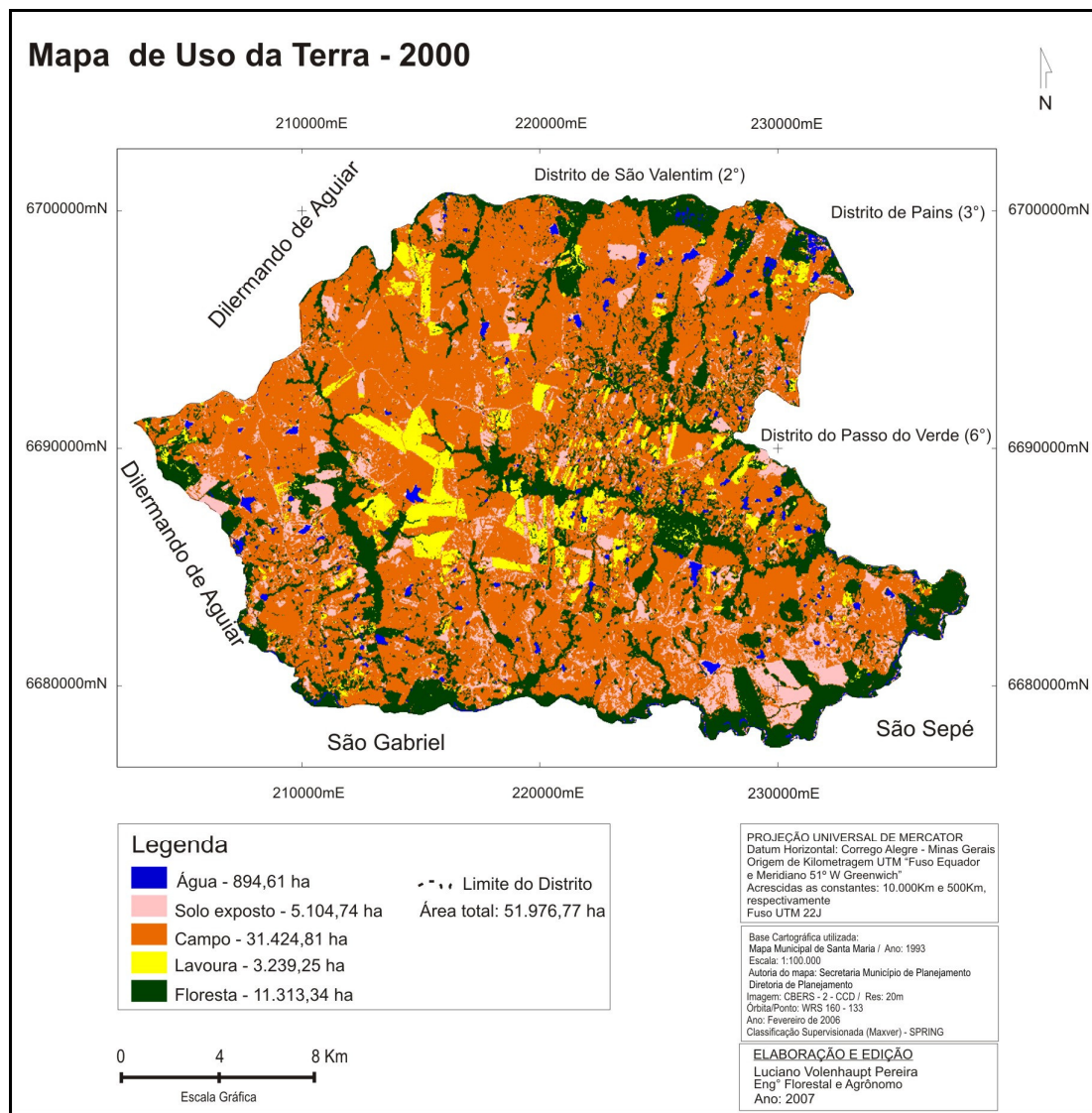


Figura 11 - Mapa de uso da terra – 2000, distrito de Santa Flora, Santa Maria / RS

4.5 Análise do Mapa de Uso da Terra – 2006

Para está análise de uso da terra do distrito de Santa Flora, do município de Santa Maria, foi utilizada imagem CBERS do ano de 2006 para posterior realização da classificação digital, onde foi possível quantificar e analisar o seu uso, conforme a figura 12 e a tabela 4.

Tabela 4 - Quantificação das classes de uso da terra – 2006

Classes	Área (ha)	Área (%)
Água	621,5600	1,000
Solo exposto	10.299,8400	20,000
Campo	21.291,3200	41,000
Lavoura	12.926,8800	25,000
Floresta	6.825,3200	13,000
Total	51.964,9200	100,000

Fonte: Aplicativo SPRING, 2007.

Org: Pereira, L.V. (2007).

Observando a tabela 4, nota-se a presença predominante da categoria campo correspondendo 41,000% (21.291,3200ha) da área total de estudo, localizadas no distrito entre as classes de lavoura e floresta. Nota-se uma diminuição significativa de 32,000% de área de campo em relação ao ano de 2000, em consequência, pelo avanço das atividades agrícolas, representado por gramíneas, ora esparsas e pouco desenvolvidas, ora com bom grau de desenvolvimento.

Ressalta-se que no período de 2000, conforme a situação da época, ou seja, a presença de estiagens ou enchentes, as áreas sofreram alterações. Algumas foram abandonadas como as áreas de lavoura e tornaram-se campo. Já no ano 2006 ocorreu o inverso. Entretanto, o campo continua com a mesma atividade primária de 2000 e pode ser encontrada a presença de ovinos (criação extensiva), sendo a mesma responsável pela renda, subsistência e complemento da atividade agrícola, além da pecuária de corte. (TABELA 4).

As florestas perfazem um total de 13,000% (6.825,3200ha) da área total do distrito. Localizam-se principalmente ao longo dos cursos d'água tal como as florestas de galeria e pequenos capões de mato nativo plantado considerando as exigências da legislação brasileira. Esta classe é representada por áreas com vegetação de médio e grande porte. Nessa categorização englobam-se as capoeiras, matas de galeria, floresta nativa e exótica, regeneração e matas ciliares desde a ocorrência natural até plantada (reflorestamento e florestamento). (TABELA 4).

Nota-se em 2006 uma redução drástica correspondente a 60,000% das áreas de florestas em relação ao ano 2000, sendo esta justificada pelo avanço das atividades agrícolas no distrito. A finalidade destas florestas em sua maior parte é para consumo na propriedade, somente uma pequena parte é utilizada para a comercialização.

A classe lavoura é a principal atividade econômica do distrito seguindo a mesma linha econômica do período de 2000. Entretanto, a área utilizada com as mesmas ocupa apenas 25,000% (12.926,8800ha) da área total, notando um aumento significativo em torno de

399,000% em relação ao ano de 2000. Ela é definida pelo cultivo do arroz, na estação do verão, plantado preferencialmente no centro-sul do distrito (locais de várzea e nas baixadas). Nas coxilhas, culturas de verão preferencialmente soja, seguido de milho. (TABELA 4).

Dentro da classe lavoura, representada pela cultura orizícola, inseridas nas várzeas, ao longo dos arroios, ocupando preferencialmente áreas planas e margens dos cursos d'água localizadas ao norte e sul do distrito principalmente. Ainda verifica-se a ocorrência de alterações na distribuição espacial desta cultura, sendo incorporadas novas áreas de exploração.

O solo exposto ocupa uma área de 20,000% (10.299,8400ha) da área total do distrito sendo esse ocasionado pela forte estiagem na época de seca. É representado por bancos de areia e a vegetação é inexpressiva ou ausente, conforme analisado anteriormente no uso da terra 2000. Esta classe localiza-se entre as classes de campo, lavoura, floresta e próxima à rede de drenagem. (TABELA 4 e FIGURA 12).

O solo exposto está inserido como área lavrada para introdução de cultivos agrícolas ou em pousio. Aparecem muitas vezes associadas às áreas de lavouras de arroz pelo preparo do solo na maioria das vezes. No ano de 2000 esta classe ocupava 10,000% (5.104,7476ha) da área total do distrito Já em fevereiro de 2006 (10.299,8400ha) ocorre um aumento de 101,000% na área ocupada, ocasionado pela redução dos campos sujos e pelo surgimento de extensas áreas sem vegetação, devido á estiagem, mapeadas nesta imagem, como solo exposto ou descoberto. (TABELA 3 e 4).

A classe água ocupa 1,000% (621,5600ha) da área estudada, destinada basicamente para práticas agrícolas, principalmente arroz irrigado, que necessita de recursos hídricos em abundância, o que contribui para a construção de reservatórios de água, para garantir o abastecimento no período de irrigação, além do consumo humano e animal. Pois sua localização normalmente se encontra vinculada as áreas de campo e lavoura, simbolizando assim, uma fonte conjunta entre agricultura e pecuária. (TABELA 3).

No período de 2000 continha 2,000% (894,6122ha) de água em todo distrito passando para 1,000% (621,5600ha) da área total em 2006. Observou-se um decréscimo de 31,000%, em função da utilização da água para irrigação da lavoura orizícola entre os meses de novembro a março. Nota-se um valor baixo, tal fato justificado, pelo seu consumo na lavoura orizícola associado ao fator climático aliado à época da análise da imagem que foi no período de verão, onde a percentagem de ocorrência de chuvas é menor, sendo este período crítico para as lavouras. (TABELA 3 e 4).

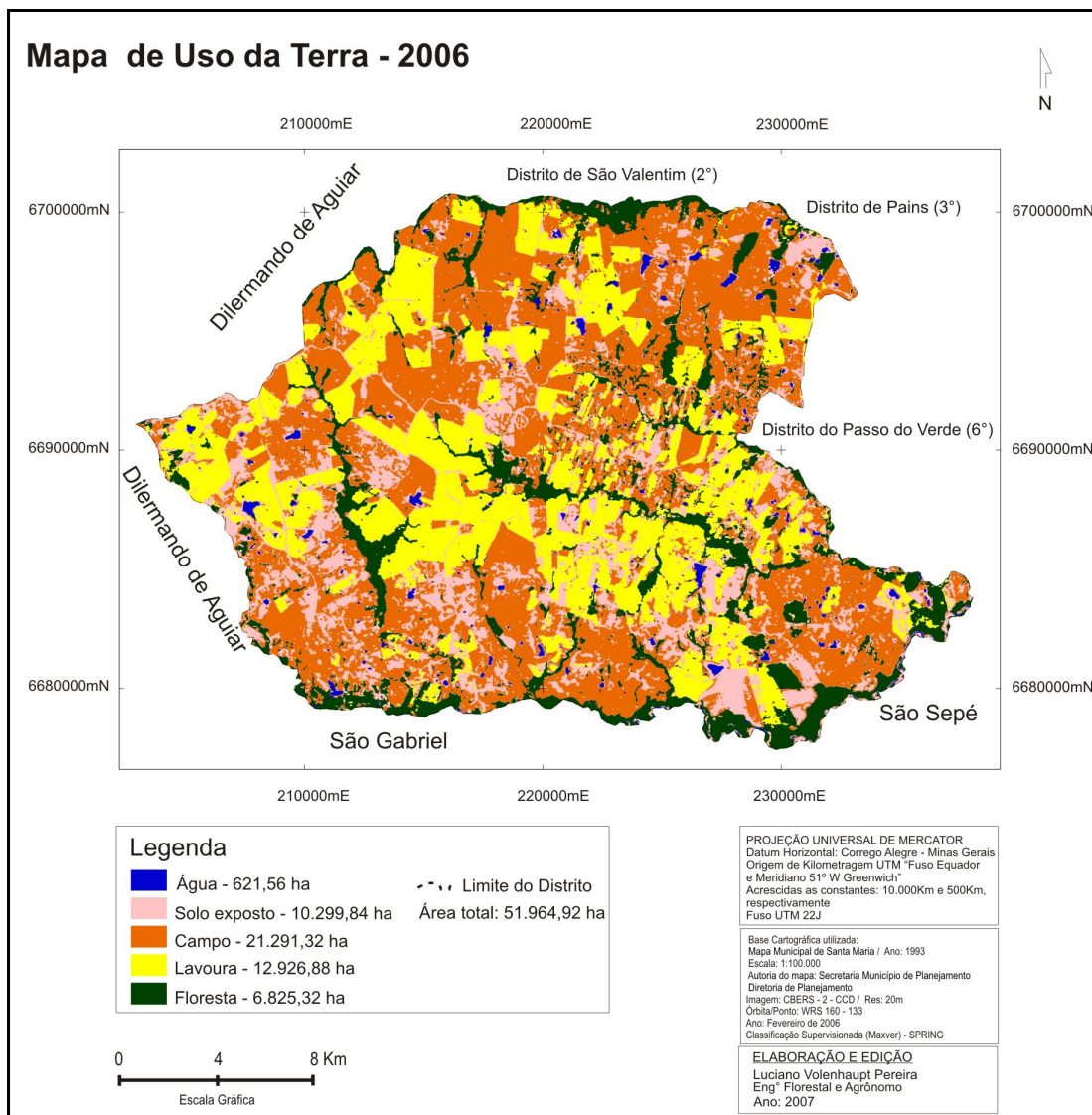


Figura 12 - Mapa de uso da terra – 2006, distrito de Santa Flora, Santa Maria / RS

Ressalta-se que em 2006, no período de verão houve uma estiagem no mês de fevereiro. Entretanto, essa não comprometeu significativamente a produção agrícola, mesmo apresentando baixa produtividade na época. A razão do aumento de áreas com lavouras no ano de 2006 em relação ao ano de 2000, foi aumento do preço da soja e a altas produtividades na lavoura de arroz, aliadas as condições climáticas favoráveis, para o arroz, adversas para a soja.

A expansão das áreas de lavouras está atrelada à “pressão do mercado”, ou seja, por meio da soja transgênica que passa a ser uma realidade na produção gaúcha e conseqüentemente no distrito. Infere-se que essa categoria de uso da terra continue em pleno dinamismo, isto é, em plena transformação do espaço produtivo do distrito atreladas a política socioeconômica do setor primário.

4.6 Mapa das Áreas de Preservação Permanente

Neste subitem será apresentado o mapa de áreas de preservação permanente (APP) para melhor compreensão das mesmas de acordo com a legislação vigente (Código Florestal – lei federal 4.771 de 15 de setembro de 1965). Foi possível avaliar no distrito a presença ou não de áreas de conflitos (uso restrito) cruzando os mapas de declividade com o de uso da terra, além de delimitar a áreas de preservação em torno da malha hídrica. Assim, buscou-se contribuir na tomada de medidas mitigatórias e compensatórias servindo de auxílio na fiscalização por parte de órgãos competentes. (FIGURA 13).

No mapa de áreas de preservação a cor azul representa a rede drenagem, associada a esta, a cor verde demonstra as áreas de preservação. (FIGURA 13).

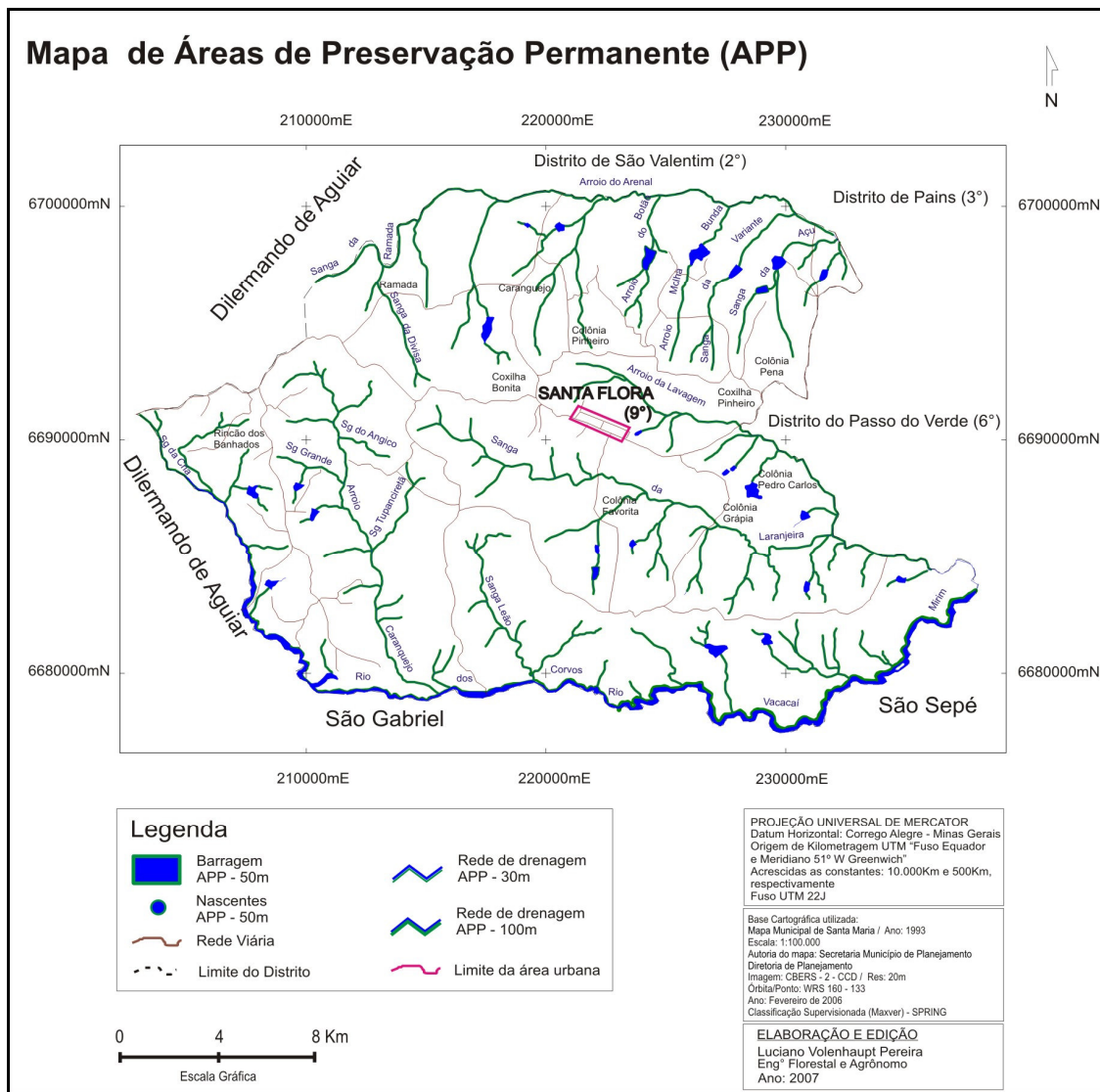


Figura 13 - Mapa de áreas de preservação permanente, distrito de Santa Flora, Santa Maria / RS

Desta forma, foi gerado, nessa pesquisa um mapa de distâncias no qual foi atribuída uma faixa marginal de 30 metros ao longo dos cursos d'água (maioria dos arroios, sangas e áreas em um raio de 50 metros ao redor das nascentes). No caso do rio Vacacá-Mirim atribuiu-se uma faixa de 100m. Para determinação das áreas de conflitos, consideradas todas aquelas áreas ocupadas por atividades agrícolas em áreas marginais à rede de drenagem, áreas de nascentes, em topos de morros e em declividades superiores a 47%. (FIGURA 13).

Salienta-se que não houve áreas de declividade superior a 45° e nem topo de morros significativos para justificar como área de preservação permanente. (FIGURA 13).

Avaliou-se também, a quantidade de floresta na delimitação das áreas de preservação (APP). Desta forma, observa-se na APP de 100m uma área de 368ha e para APP de 30m uma área 1.590,4548ha o que totaliza uma área 1.958,4548ha. Considera-se baixa a quantidade de florestas na área estudada, pois a mesma corresponde a uma área de 51.900ha. (FIGURA13).

4.7 Mapa da Evolução Florestal

O mapa da evolução florestal demonstra a relação da cobertura vegetal no período de 2000 e 2006. Objetivou-se gerar informações sobre o comportamento de áreas ocupadas por florestas nestes períodos. (TABELA 5 e FIGURA 14).

Tabela 5 – Quantificação de cada classe de evolução florestal no período de 2000 - 2006

Classes	Área (ha)	Área em %
Florestamento	1.956,00	3,760
Manutenção Florestal	4.858,84	9,350
Desflorestamento	6.418,84	12,350

Fonte: Aplicativo SPRING, 2007.

Org: Pereira, L.V. (2007).

Nesta análise, estimou-se que as áreas de floresta no ano de 2000 correspondem a 11.313,3429ha, perfazendo 22,000% da área total do distrito. Já no período de 2006, observa-se que a mesma apresentou uma redução significativa de área apresentando 6.825,32ha o que corresponde em 13,000% da área total do distrito. Observa-se que houve uma redução de

60,000% (4.488,0229ha) de florestas em estudo. Deduz-se que essa redução de florestas é consequência da expansão de áreas de lavouras. (TABELA 3 e 4).

Do ponto de vista da dinâmica das áreas de cobertura florestal destacaram-se três classes: florestamento (aumento), desflorestamento (diminuição) e manutenção. Segundo esta análise foram identificados 1.956ha de florestamento, perfazendo 3,760%, representando áreas de plantio efetivo, regeneração de árvores e capoeiras. As áreas em que ocorreu desflorestamento somam 6.418,84ha (12,350% da área total) representados por áreas desmatadas, descapoiamento resultante para fins de consumo. Já as áreas de manutenção florestal, abrangem um total de 4.858,84ha (9,350% da área total), em sua maior parte é caracterizado por áreas que se mantiveram inalteradas. (TABELA 5 e FIGURA 14).

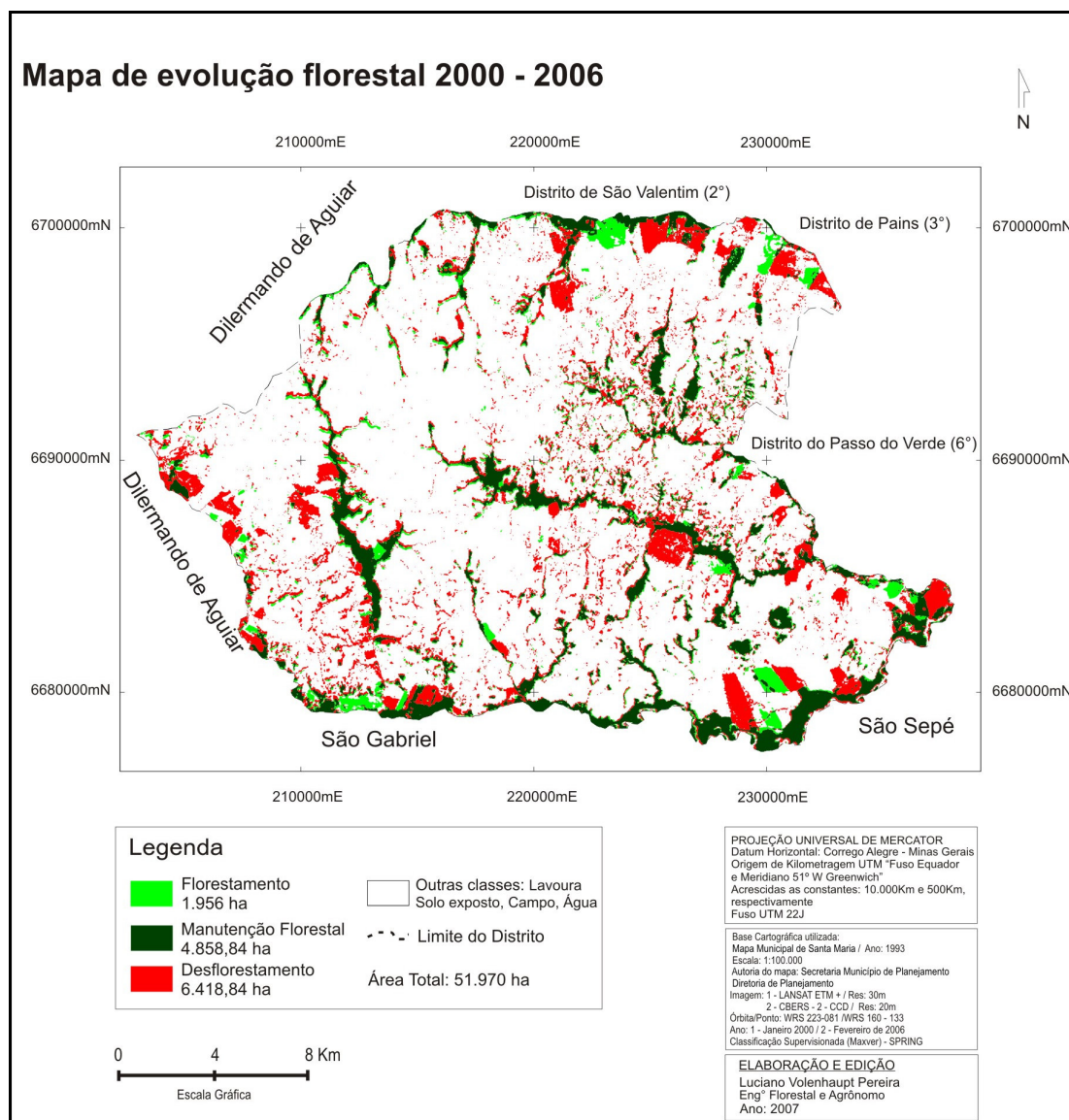


Figura 14 - Mapa de evolução florestal 2000 - 2006, distrito de Santa Flora, Santa Maria / RS

Salienta-se que as áreas de florestamento (aumento florestal) são representadas, na sua maior parte de regeneração natural do plantio obrigado ou espontâneo. Conseqüentemente apresenta-se um valor mais baixo na área de estudo. Sua distribuição fica próxima às florestas de galeria, o que justifica sua regeneração. Outra razão do florestamento é o abandono dos agricultores, influenciados até mesmo pela imposição da legislação vigente ao corte de florestas nativas, de capoeiras e também, de áreas inaproveitáveis para agricultura.

No caso do desflorestamento (diminuição florestal), muitas áreas são desmatadas, constituindo espaços ocupados por atividades agrícolas, visto que são áreas planas e com melhores aptidões para esta atividade. Alguns desmatamentos ocorrem próximos às áreas de preservação permanente sempre próximos às margens dos cursos d'água.

Por manutenção florestal, consideram-se as áreas que se mantiveram inalteradas na análise das imagens de satélite no ano de 2000 e no ano de 2006, as quais foram quantificadas. Sua ocorrência pode ser verificada, principalmente no interior de floresta de galeria, pois as maiores transições encontram-se na faixa de bordadura das plantas adjacentes às agrícolas.

Observa-se, com relação à evolução florestal, que a mesma está diretamente relacionada ao processo de ocupação das atividades agrícolas e distante dos grandes centros urbanos. Nesse aspecto, a dinâmica florestal é reduzida (estagnada), em função da paisagem original, composta por campos, tipo de relevo, vegetação natural e de processos históricos de ocupação humana.

4.8 Mapa da Evolução da Lavoura

O mapa de evolução da lavoura demonstra a relação de cobertura de lavouras no período de 2000 e 2006. Disponibiliza informações sobre o espaço-temporal de áreas ocupadas por lavoura nestes períodos, distinguindo áreas onde a cobertura pôde ser observada no ano 2000 e no ano 2006, além das outras que se mantiveram neste intervalo de tempo (áreas em comum), que não foram modificadas pelos processos antrópicos. (TABELA 6 e FIGURA 15).

Tabela 6 – Quantificação de cada classe de evolução da lavoura no período de 2000 - 2006

Classes	Área (ha)	Área em %
Aumento da Lavoura	11.008,00	21,180
Manutenção Lavoura	1.318,16	2,530
Diminuição de Lavoura	1.916,76	3,680

Fonte: Aplicativo SPRING, 2007.

Org: Pereira, L.V. (2007).

Nesta análise estimaram-se as áreas de lavoura no ano 2000, as quais correspondem a 6,000% (3.239,25ha) da área total. No período de 2006, essas áreas que corresponderam a 25,000% (12.926,88ha) da área total. Nota-se que áreas em comum (classe manutenção lavoura) totalizam 2,530% (1.318, 16ha) da área total do distrito. Já as áreas em que houve diminuição da lavoura foram de 1.916,76ha (3,680% da área total), em quanto que a classe representada por aumento de lavoura foi de 11.008,00ha (21,1800% da área total). Desta maneira percebe-se que houve aumento significativo da área de lavoura em mais de 100,000%, correspondendo a 399,000% da área total do distrito. (TABELA 6).

A razão do aumento da classe temática lavoura foi em virtude da valorização das principais culturas como o soja, o arroz e o milho, além de produtividades elevadas. O preço baixo da pecuária de corte e leiteira também estimulou os proprietários rurais a investirem nas lavouras, principalmente nas comerciais em detrimento da pecuária. (FIGURA 15).

A classe diminuição da lavoura é decorrente de campos secundários (campos de qualidade ruim), assim identificados por locais ocupados em que as gramíneas nativas passam a ocupar locais que eram antes de exploração agrícola (lavoura, lavoura irrigada, solo exposto). Contribuíram para esta classe a redução da área de lavouras irrigadas próximas ao Vacacaí-Mirim. Outro motivo são as florestas secundárias, capoeiras e de regeneração desenvolvidas a partir do abandono de áreas agrícola. (FIGURA 15).

A manutenção da lavoura é caracterizada pela permanência das atividades agrícolas. Verifica-se a ocorrência dessa classe expressivamente no centro-oeste do distrito, principalmente em áreas de várzea, característico de lavoura de arroz, levando em conta a cultura orizícola no distrito, o que contribui sobremaneira para manutenção agrícola, pois o arroz constituía-se no principal produto agrícola do distrito. No entanto, na atualidade a soja tem apresentado crescimento expressivo, constituindo-se junto com o arroz o “carro chefe” do setor primário de Santa Flora. (FIGURA 15).

O aumento da lavoura, em conseqüência da expansão agrícola, se faz presente nas áreas planas e seu avanço ocorre principalmente em áreas de floresta, regeneração, capoeiras e campos, evidenciando maior dinâmica na ocupação da área nesse intervalo nos anos de 2000 e

2006. A razão do aumento é consequência do preço da saca de soja, além do distrito apresentar uma alta produtividade na soja, seguidos do arroz e do milho. Tal fato justifica o aumento da área de plantio por estas monoculturas. (FIGURA 15).

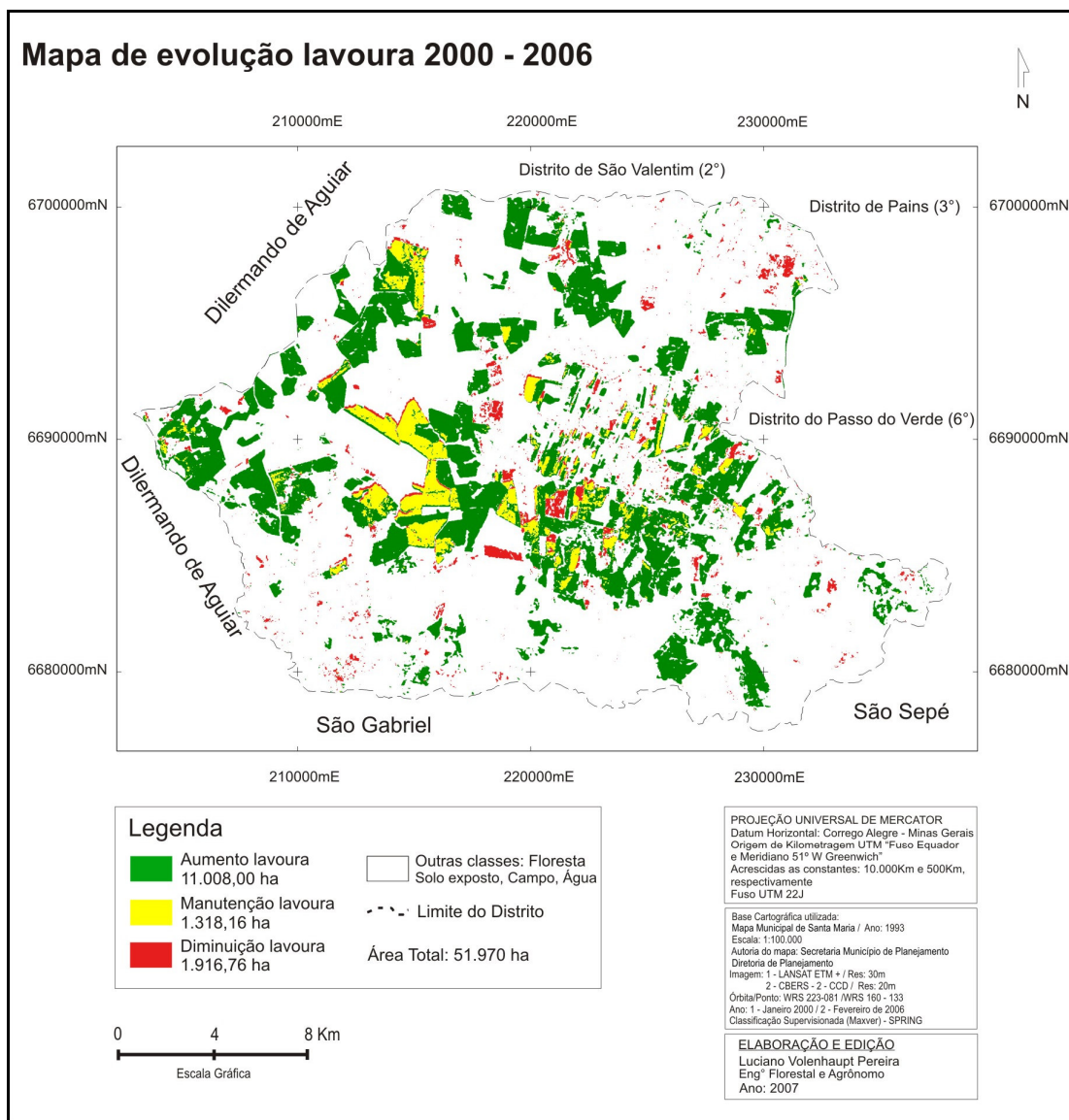


Figura 15 - Mapa de evolução da lavoura 2000 - 2006, distrito de Santa Flora, Santa Maria / RS

CONCLUSÃO

O presente trabalho analisou o distrito de Santa Flora, localizado no município de Santa Maria, RS. Priorizou a análise por meio da evolução da cobertura e uso da terra. Nesse sentido, buscou-se atender aos objetivos propostos tanto quantitativa quanto qualitativamente.

Para a compreensão da organização espacial existente no distrito utilizou-se a tecnologia proporcionada por meio das técnicas de geoprocessamento. Tal técnica contribuiu na elaboração dos mapas que demonstram a realidade do uso da terra no distrito em análise. Paralelamente, este trabalho subsidia a fundamentação da metodologia a qual servirá de base para estudos futuros.

Salienta-se que a utilização das técnicas de geoprocessamento permitiu conhecer e elaborar projeções por meio de mapas temáticos como a base cartográfica, a hipsometria, a clinografia, o uso da terra para os anos de 2000 e 2006. Também foram analisadas as áreas de preservação permanente, a evolução florestal e a evolução agrícola. Essas constituem-se em importantes dados geográficos que permitem explicar a organização espacial e a evolução da cobertura e uso da terra de Santa Flora.

Neste contexto, os sistemas de informações geográfica (SIG's) são aliados a sensoriamento remoto e ao processamento digital de imagem como conjunto de técnicas de geoprocessamento, as quais permitem alcançar índices de desenvolvimento em determinada escala temporal, tendo como principal característica a diversidade de fontes geradoras e formatos apresentados, sejam ambientais ou sócioeconômicos, podendo ser armazenados, manipulados e analisados sob um banco de dados georreferenciado digitalmente. Tais dados foram importantes para pesquisa, para a sua interpretação digital, pois permitiu a utilização de aplicativos computacionais de geoprocessamento, como exemplo SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) sob bom conhecimento técnico na análise das informações digitais.

O aplicativo SPRING demonstrou ser de fácil manipulação possibilitando uma apresentação real das variáveis utilizadas. Ele permitiu, também, conhecer a dinâmica da paisagem por meio da análise da linguagem de programação LEGAL.

Desta forma, para melhor veracidade dos resultados por meio da classificação digital supervisionada se fez necessário saídas à campo para validar os resultados obtidos, como a base cartográfica. Paralelamente proporcionou-se sua atualização por meio do banco de dados

digitais, demonstrando a distribuição espacial da rede de drenagem, da rede viária, limites administrativos e área urbana do distrito em estudo.

Ressalta-se a importância de se conhecer a hipsometria e a clinografia, para compreender a dinâmica da cobertura e uso da terra antes mesmo de se realizar a classificação digital.

Na hipsometria (mapa hipsométrico) obtiveram-se 5 classes altimétricas com intervalo de 20m de altura para cada classe. Estas apresentam altitudes entre 40m, as quais, foram quantificadas. Destaca-se que o distrito apresenta altimetria média de 80m predominando as classes de 60-80m e 80-100m, ambas classes correspondem a 65% do distrito, sendo bem característico às áreas de coxilha. Já as menores altitudes (40-60m), próximas à rede hídrica correspondem às áreas de várzea, nas quais predominam o cultivo de arroz.

A análise do mapa clinográfico permitiu que os valores fossem agrupados em 5 classes de declividade, seguindo a classificação proposta por De Biasi (1992). Desta forma obteve-se como resultado o predomínio do distrito, na classe de 0-5% de declividade abrangendo 39.655,35ha, correspondente à 75,91% da área total do distrito.

Quanto à distribuição espacial, destaca-se, no distrito, as áreas com topografia plana. Tal fato, reflete na sua organização espacial, pois desde a sua gênese, predomina em Santa Flora, a classe campo, com as pastagens favoráveis ao desenvolvimento da pecuária. Na atualidade, essas áreas são também utilizadas pelas lavouras comerciais do arroz e da soja as quais se constituem na matriz produtiva de Santa Flora.

Para a análise da cobertura e uso da terra nos anos de 2000 e 2006 foram consideradas as seguintes classes: água, solo exposto, campo, lavoura e floresta. Conclui-se que no ano 2000 obteve destaque o predomínio da classe campo, correspondendo a 60% da área do distrito, em quanto que a classe lavoura obteve o valor de 6% (3.239,2530ha) e já a classe floresta 22%. (11.313,3429ha).

A análise da cobertura e uso da terra para o ano de 2006, por meio de imagem de satélite permitiu inferir que a classe com lavouras apresenta-se em expansão, pois economicamente a agricultura é a atividade primária mais viável para o distrito. Tal fato, é justificado pelo crescimento, tanto em área como em produtividade da cultura de soja e do arroz. Em razão disso percebe-se o avanço da lavoura sobre as áreas de campo em mais de 100%, pois no ano de 2000 a área de lavouras ocupava apenas 6% da área total e em 2006 ela passa a utilizar 25% (12.926,88ha) da área total do distrito.

As áreas de campo em 2006 ficaram entorno de 41% da área total (21.291,32ha), ocorrendo uma diminuição, em decorrência dos preços baixos da pecuária na época. A

diminuição da cobertura florestal que era de 22% passou para 13% da área do distrito, juntamente com a área de campo durante o período estudado, tendo, como consequência, na maioria dos casos, sua utilização de forma irracional.

Também, procurou-se nesta pesquisa, identificar a localização das áreas de preservação permanente (APP) fornecendo subsídios, para melhor compreensão na quantificação e espacialização considerando a legislação vigente (Código Florestal – lei federal 4.771 de 15 de setembro de 1965). Procurou-se avaliar a presença ou não de áreas de conflitos (uso restrito) através do cruzamento dos mapas de declividade com os de uso da terra. Paralelamente também se delimitaram as áreas de preservação em torno da malha hídrica. Assim, buscou-se contribuir na tomada de medidas mitigatórias e compensatórias servindo de auxílio na fiscalização por parte de órgãos competentes, evitando atividades exploratórias irregulares. Sugere-se nestas áreas, a reconstituição das matas de galeria através da introdução de espécies nativas, uma vez que se verificou nelas poucas ou quase ausência na rede de drenagem. Assim, encontrou-se nas referidas solos descobertos e mais susceptíveis à erosão. Os locais sugeridos para a recuperação podem ser observados nos mapas de evolução florestal, principalmente na classe de diminuição florestal. (MAPA 18).

O mapa de evolução de florestal objetivou gerar informações sobre o comportamento de áreas ocupadas por florestas nos períodos analisados. Do ponto de vista da dinâmica das áreas de cobertura florestal, destacaram-se três classes temáticas (área): florestamento (aumento florestal), desflorestamento (diminuição florestal) e manutenção. Neste sentido, foram identificados 1.956ha de florestamento. As áreas em que ocorreu desflorestamento somam 6.418,84ha e as áreas de manutenção florestal (áreas onde a floresta se manteve) abrangem um total de 4.858,84ha, em sua maior parte são caracterizados por matas de galerias, uma vez que a legislação vigente impõe esta prerrogativa.

Na análise da cobertura da evolução da lavoura no período de 2000 e 2006, destacam-se a estimativa das áreas de lavoura no ano de 2000, as quais correspondem a 6% da área total, enquanto que, no período de 2006, apresenta uma área que corresponde a 25% da mesma área total, apresentando informações sobre espaço-temporal de áreas ocupadas pelos mesmos. Assim, distinguem-se áreas onde esta cobertura pode ser observada no ano 2000 e no ano 2006, além das áreas que se mantiveram neste intervalo de tempo (áreas em comum) totalizando 4% do distrito. Desta forma, percebe-se que houve aumento da área de lavoura em mais de 100%. Tal fato é consequência do descaso da não fiscalização dos órgãos competentes e o desrespeito a proprietários rurais com o meio ambiente. Neste sentido, o fator econômico e os interesses individuais desconsideram as questões ambientais.

No entanto, nos períodos de 2000 e 2006 as áreas de campo e floresta cederam significativamente seu espaço para as áreas de lavoura, principalmente para as culturas de soja (soja transgênica) e arroz. A razão é a situação econômica favorável, baseado na monocultura, modernização de implementos agrícolas, aumento da rentabilidade de grãos, progresso técnico nos tratamentos culturais, valorização baixa da pecuária gaúcha (carne, entre outros), uso irracional dos recursos naturais, sendo, mais rentável para o produtor, nesta escala temporal.

Sugere-se para o distrito de Santa Flora, a reconstituição da floresta por meio da introdução de espécies nativas, principalmente em torno dos recursos hídricos, muitas vezes, se encontram com solos descobertos e susceptíveis a erosão, podendo ser visto nos mapas de evolução florestal e complementado pelo mapa de áreas de preservação permanente. Além da conservação e recuperação das estradas, principalmente em época de safra.

Portanto, recomenda-se que os órgãos responsáveis pela questão ambiental monitorem as áreas de impacto ambiental atreladas às técnicas de geoprocessamento, pois as mesmas são capazes de simular modelos dinâmicos da cobertura e uso da terra, no âmbito espaço-temporal armazenando as informações em um banco de dados espacial. Desta forma, estas podem ser informações, disponibilizadas para o domínio público, gerando novas informações ou mesmo sua atualização de forma representativa na análise do espaço geográfico e também da cobertura e uso da terra.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, A. P. D. **Modelagem de Mudanças de Uso e Cobertura do Solo na Amazônia: Questões Gerais.** In: INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS. São José dos Campos: INPE, 2002. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/tutoriais/modelagem/cap4_modelos_LUCC.pdf>. Acesso em: 3 nov. 2007.

ALMEIDA, C. M. de; MONTEIRO, A.M.V.; CÂMARA, G. **Modelos de Dinâmica Urbana: Conceitos, Derivação de Relações, Calibração, Exemplos.** In: INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, São José dos Campos: INPE, 2003. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/cursos/tutoriais/modelagem/cap3_modelos_urbanos_versao_nova.pdf >. Acesso em: 3 nov. 2007.

ANDERSON, L. O. et al. Utilizaram dados multitemporais do sensor MODIS para o mapeamento de uso e cobertura da terra na Região Amazônica. IN: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais Eletrônicos...** Goiânia: Centro de Convênios, 2005. Disponível em: <<http://www.itid.inpe.br/sbsr2005>>. Acesso em: 27 dez. 2006.

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

ASSAD, E.D.; SANO, E. E. (Orgs.). **Sistema de Informações Geográficas. Aplicações na Agricultura.** 2. ed. Brasília: EMBRAPA – SPI / EMBRAPA – CPAC, 1998.

BARBOSA, C.C.et al. **Operadores Zonais em Álgebra de Mapas e suas Aplicações no Zoneamento Ecológico-Econômico.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 9., 1998. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/geopro/papers.html>>. Acesso em: 27 dez. 2007.

BARROS SARTORI, M. G. **O Clima de Santa Maria, RS: do Regional ao Urbano.** São Paulo: USP, 1979. 167 p. (Dissertação de mestrado) - Universidade Estadual de São Paulo. 1979.

BELTRAME, A. da V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação.** Florianópolis: Ed. da UFSC, 1994.

BENEDETTI, A. C. P. **Análise espacial da evolução do uso e cobertura da terra na sub-bacia hidrográfica do arroio Arenal**. 2006.124f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal Santa Maria, Santa Maria, RS, 2006.

BOLFE, E.L. **Geoprocessamento aplicado à análise de recursos florestais estudo de caso: folha SH. 22-Y-A /DSG**. 2001. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Santa Maria. Santa Maria, RS, 2001.

BRASIL. **Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965**. Código Florestal. Casa Civil. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil/leis/l4771.htm>. Acesso em: 15 ago. 2007.

BRIASSOULIS, H. **Analysis of Land Use Change: Theoretical and Modeling Approaches. Reserch Institute**. West Virginia University, 2000. Disponível em: <http://www.rri.wvu.edu/webBook/Briassoulis/contents>. Acesso em: 15 ago. 2007.

CAMARA, G.; MEDEIROS, J. S. **Princípios básicos em geoprocessamento**. In: ASSAD, E.D.; SANO, E. E. (Orgs.): Sistema de Informações Geográficas (Aplicações na agricultura). 2. ed. Brasília-DF: Serviço de Produção de Informação – SPI; EMBRAPA-CPAC, 1998, p. 1 – 11.

CAMARA, G. et al. **Álgebra de mapas**. In: INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS. São José dos Campos: INPE, 1995, Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/curso/sbsr1995>>. Acesso em: 7 dez. 2007.

CARVALHO, L. M. T. de. **Mapping and Monitoring Forest Remnants: A multiscale analysis of spatio-temporal data**. Wagenigen: Wagenigen Universiteit, 2001.

CATELAN, D. **Análise temporal do uso da terra com imagens do satélite LANDSAT 7 sensor ETM+, no município de Santa Margarida do Sul, RS**. 2002. 117f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Santa Maria, 2002.

CROSTA, A. P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Campinas: IG/UNICAMP, 1992.

DE BIASI, M. **Carta Clinográfica: Métodos de representação e sua confecção**. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 1992. p.45-43.

EDUCASERE. TUTORIAL: **Estudando o Espaço Geográfico**: Com ajuda da informática, do sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas. Disponível: <<http://www.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/educasere>>. Acesso em: 10 jan. 2006.

EMATER. **Relatório de campo**. Escritório Municipal de Santa Maria, Santa Maria, RS. 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Satélites de monitoramento**. Disponível em: <<http://www.sat.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 05 maio 2005.

ENGESAT. **Introdução ao programa LANDSAT**. Disponível em: <<http://www.engesat.com.br>>. Acesso em: 05 ago. 2006.

GARCIA, G. J. **Sensoriamento remoto: Princípios e Interpretação de Imagens**. São Paulo: Nobel, 1982.

GOMES, F. das C. de L. **Mapeamento do uso da terra no município do Conde-PB, utilizando Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento**. 2005, 94 f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, **Manuais Técnicos em Geociências**. Manual de Uso da Terra. 2 ed. Rio de Janeiro, n. 87, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, **Censo Demográfico 2000**. 2000. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 15 maio 2006.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Manual do Usuário SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas)**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/usuario/indice>>. Acesso em: 29 abr. 2006a.

_____. **LANDSAT: Divisão de Geração de Imagens**. São José dos Campos, SP, INPE, 2005b. Disponível em: <<http://www.inpe.br>> Acesso em: 01 jul. 2005b.

_____. **CBERS**, São José dos Campos, SP, INPE. Disponível em: <<http://www.cbbers.inpe.br>>. Acesso em: 01 jul. 2005c.

LABORATÓRIO DE GEOPROCESSAMENTO DO CENTRO DE ECOLOGIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. **Modelos Digitais de Elevação do Estados Brasileiros obtidos a partir do Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)**. Disponível em: <<http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo>>. Acesso em: 10 maio 2005.

KLEINPAUL, J. J. **Análise multitemporal da cobertura florestal da Microbacia do Arroio Grande**, 2005. 79 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2005.

KRONKA, F. J. N. et al. Monitoramento da Vegetação Natural e do Reflorestamento do Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais Eletrônicos...** Goiânia: Centro de Convenções, 2005. Disponível em: <http://www.itid.inpe.br/sbsr2005>>. Acesso em: 16 nov. 2006.

LANDSAT. **Global Land Cover Facility**. Disponível em: <http://glcapp.umiacs.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>>. Acesso em: 15 jul. 2005.

LOCH, C. **Noções básicas para a interpretação de imagens áreas, bem como algumas de suas aplicações nos campos profissionais**. 3. ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1993.

MACIEL FILHO, C. L. **Carta Geotécnica de Santa Maria**, Santa Maria: Imprensa Universitária, Universidade Federal de Santa Maria – CCNE / Departamento de Geociência, 1990.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 2. ed. Viçosa: Ed. da UFV, 2003.

NISHIDA, W. **Uma Rede Neural Artificial para Classificação de Imagens Multiespectrais de Sensoriamento Remoto**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 1998. Disponível: <http://www.eps.ufsc.br/disserta98/waleska.htm>> Acesso em: 25 abr. 2006.

NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. 2. ed. São Paulo: Editora Blücher Ltda, 1998.

PEREIRA, P. R. B. et al. Contribuição para Geografia e Física do Município de Santa Maria: Unidades de Paisagem. **Geografia & Física**, v. 1, n. 3, p. 37 – 68, 1989.

PINTO, S. A. F., **Sensoriamento Remoto e Integração de Dados Aplicados no Estudo da Erosão dos Solos: Contribuição Metodológica**. 1991, 134p. Tese. (Doutorado em Sensoriamento Remoto). INPE. São José dos Campos. 1991.

PROJETO SRTM: **Estágio atual e perspectivas futuras**. Curitiba. Esteio Engenharia e Aerolevantamentos S.A. Disponível: <http://www.esteio.com.br>>. Acesso: 20 de fev. 2006.

RADAM BRASIL. **Levantamento dos Recursos Naturais**. V. 33. Rio de Janeiro: IBGE, 1986.

RECHIA, A. **Santa Maria: Panorama Histórico Cultural**. Santa Maria: Associação Santamariense de Letras. 1999.

RODRIGUES, M. **Introdução ao Geoprocessamento**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 6, São Paulo: Escola Politécnica, USP. Maio, v. 1, p. 1-26, 1990.

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento: Tecnologia Transdisciplinar**. Juiz de Fora: Ed. do Autor, 2000.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. Uberlândia: Ed. da UFU, 1995.

RUHOFF, A.L. **Gerenciamento de Recursos Hídricos em Bacias Hidrográficas: Modelagem Ambiental com Cenários Preservacionistas**. 2004. p. 93. Dissertação (Mestrado em Engenharia Geomática)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2004.

SABINS, F. F. **Remote Sensing: Principles and Interpretation**. 3 rd. New York: W. F. Freeman and Company, 1999.

SALGADO, G. (2002). Análise Temporal de Uso da Terra a Partir da Integração de Sensoriamento Remoto e Sistema de Informações Geográficas: Parque Municipal da Lagoa do Peri – Florianópolis / SC. Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário (COBRAC, 2002). Florianópolis, UFSC 6 a 10 de Outubro 2002. **Anais Eletrônicos...** Disponível em: <http://www.geodesia.ufsc.br/geodesia-online/arquivo/cobrac_2002>. Acesso em: 12 dez. 2005.

SECRETARIA DE COORDENAÇÃO E PLANEJAMENTO. **Atlas**. Disponível em: <<http://www.scp.rs.gov.br>>. Acesso em: 15 mar. 2007.

SANTA MARIA (MUNICÍPIO). **Lei Municipal** n° 940, de 08 de junho de 1961.

_____. **Lei Municipal** n° 1037, de 27 julho de 1962.

_____. **Lei Municipal** n° 4120, de 19 de dezembro de 1997.

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO DO MUNICÍPIO DE SANTA MARIA. **Mapa Municipal de Santa Maria**. 1993. Escala: 1: 100.000.

SEMA; UFSM (Secretaria Estadual do Meio Ambiente do Rio Grande do Sul; Universidade Federal de Santa Maria). **Inventário Contínuo do Rio Grande do Sul**. Santa Maria: 2001. 706p. Disponível em: <<http://coralx.ufsm.br/ifcrs/frame.htm>>. Acesso em: 20 de jan. 2007.

SEMA (Secretaria Estadual do Meio Ambiente do Rio Grande do Sul). **Relatório Anual de Recursos Hídricos no RS**. Disponível em <<http://www.sema.rs.gov.br>>. Acesso em: 27 nov. 2005

SILVA, D. A. da. **Sistemas Sensores Orbitais**. São José dos Campos: INPE – CTA, 1995.

SILVEIRA, J. **Jornal Diário de Santa Maria**, política, março de 2007, Santa Maria, RS.

SOARES FILHO, B. S. Análise das mudanças de cobertura do solo no Norte do Mato Grosso, Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, 2005, Goiânia. **Anais eletrônicos...**Goiânia: Centro de Convenções, 2005. Disponível em: <<http://www.itid.inpe.br/sbsr2005>>. Acesso em: 27 dez. 2006.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2002.

TEIXEIRA, A. L., de A.; CHRISTOFOLETTI, A. **Sistemas de Informação Geográfica: Dicionário Ilustrativo**. São Paulo: HUCITEC, 1997.

VALERIANO, M, M. **Modelo Digital de Elevação com Dados SRTM Disponíveis Para a América do Sul**. 2004. 72 p. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais: Coordenação de Ensino, Documentação e Programas Especiais, 2004.

VIERO, L. M. D. **Atlas Municipal Geográfico Escolar de Santa Maria**, Diário de Santa Maria. 2003.

APÊNDICE A – Programa LEGAL para Áreas de Preservação Permanente

```
// Calcula APP
{
Tematico pi1("Uso_terra_2006"), pi2("Distancia"),pi3("ArPrPe");
pi1= Recupere (Nome = "uso_terra_2006");
pi2= Recupere (Nome ="50");
pi3= Novo (Nome ="ARPOPE",ResX=6.0000, ResY=6.0000, Escala=12000);
pi3 = (pi1.Classe=="Floresta" && pi2.Classe=="50m")? Classe("CV"):Classe(NV);
}

//Calcula APP
{
Tematico pi1("Uso_terra_2006"), pi2("Distancia"),pi3("ArPrPe");
pi1= Recupere (Nome = "uso_terra_2006");
pi2= Recupere (Nome ="100m_2");
pi3= Novo (Nome ="ARPOPE3",ResX=6.0000, ResY=6.0000, Escala=12000);
pi3 = (pi1.Classe=="Floresta" && pi2.Classe=="100m")? Classe("CV"):Classe(NV);
}

// Cruzamento entre Mapa de declividade (classe_45%) e Uso_terra_2000

//Declarações
Tematico uso ("Uso_terra_2006");
Tematico declividade ("Map_declividade_T");
Tematico cruzamento ("Map_areas_de_conflito");

//Recuperando planos de informacao
Uso= recupere (nome = "uso_terra_2006");
Declividade= recupere (nome = "Map_declividade_T");

//Criando novo plano de informacao
Conflitos=Novo (Nome="Map_areas_de_conflito", ResX=92.7662, ResY=92.7662, Escala=185532);

//Definindo as relações entre classes
Conflito = Atribua (CategoriaFim = "Conflito")
{
    "45-Floresta": (Decliv.Classe == "maior 47%" && Uso.Classe == "floresta"),
    "45-Lavoura": (Decliv.Classe == "maior 47%" && Uso.Classe == "lavoura"),
    "45-Campo": (Decliv.Classe == "maior 47%" && Uso.Classe == "campo"),
    "45-Solo_exposto": (Decliv.Classe == "maior 47%" && Uso.Classe == "solo_exposto"),
    "45-Água": (Decliv.Classe == "maior 47%" && Uso.Classe == "agua"),
};
```

APÊNDICE B – Programa LEGAL para Evolução Florestal

```
//Evolução Florestal
```

```
{  
Tematico pi1("Uso_terra_2000"), pi2("Uso_terra_2006"),pi3("Evolucao_florestal");  
pi1= Recupere (Nome = "uso_terra_2000");  
pi2= Recupere (Nome ="uso_terra_2006");  
pi3= Novo (Nome ="evolucao1",ResX=20.0000, ResY=20.0000, Escala=40.000);  
pi3 = (pi1.Classe=="Floresta" && pi2.Classe=="Floresta");  
}
```

APÊNDICE C – Programa LEGAL para Evolução da Lavoura

//Evolução Lavoura

```
{  
Tematico pi1("Uso_terra_2000"), pi2("Uso_terra_2006"),pi3("Evolucao_lavoura");  
pi1= Recupere (Nome = "uso_terra_2000");  
pi2= Recupere (Nome ="uso_terra_2006");  
pi3= Novo (Nome ="evolucao1",ResX=20.0000, ResY=20.0000, Escala=40.000);  
pi3 = (pi1.Classe=="Lavoura" && pi2.Classe=="Lavoura");  
}
```