

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA  
CAMPUS SÃO GABRIEL  
ENGENHARIA FLORESTAL**

**DINÂMICA TEMPORAL DA COBERTURA  
FLORESTAL NA MICRORREGIÃO CAMPANHA  
CENTRAL - RS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**Bruna Nascimento de Vasconcellos**

**São Gabriel, RS, Brasil  
2011**

# **DINÂMICA TEMPORAL DA COBERTURA FLORESTAL NA MICRORREGIÃO CAMPANHA CENTRAL - RS**

**por**

**Bruna Nascimento de Vasconcellos**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), como requisito parcial para obtenção do grau de **Graduado em Engenharia Florestal.**

**Orientadora: Profª. Drª. Ana Caroline Paim Benedetti**

**São Gabriel, RS, Brasil  
2011**

**Universidade Federal do Pampa  
Campus São Gabriel  
Engenharia Florestal**

A comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova o Trabalho de Conclusão de Curso

**DINÂMICA TEMPORAL DA COBERTURA FLORESTAL NA  
MICRORREGIÃO CAMPANHA CENTRAL - RS**

Elaborado por  
**Bruna Nascimento de Vasconcellos**

Como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Graduado em Engenharia Florestal**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Caroline Paim Benedetti**  
(Presidente/Orientadora)

---

**Prof. Msc. André Carlos Cruz Copetti (UNIPAMPA)**

---

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cibele Rosa Gracioli (UNIPAMPA)**

São Gabriel, 28 de junho de 2011.

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal do Pampa, por me proporcionar o primeiro passo de uma longa caminhada.

À minha orientadora Ana Caroline Paim Benedetti, pela amizade, paciência, por todo aprendizado, e acima de tudo, pela extrema dedicação em realizar este trabalho.

Aos professores que contribuíram para o meu conhecimento, tanto acadêmico quanto pessoal, em especial ao Professor Victor Paulo Kloeckner Pires, meu grande amigo, pelas oportunidades e incentivo durante toda a graduação.

À Primeira turma de Engenharia Florestal, pela amizade, aprendizado e acima de tudo pela união nos momentos difíceis. Em especial as minhas grandes amigas, Lilian Stringari e Priscilla Maia Baggio.

A todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

Mas sem dúvida, dedico este trabalho aos meus pais, Mariza e Amilton, meu irmão Arthur, e meu namorado Tiago, a vocês que se dedicaram sem medir esforços, fontes inesgotáveis de apoio, amor e compreensão; a vocês AMORES DE MINHA VIDA, muito obrigada por tudo.

*“De tudo ficaram três coisas: a certeza de que estamos sempre a começar, a certeza de que é preciso continuar, e a certeza de que seremos interrompidos antes de terminar. Portanto, devemos fazer da interrupção um caminho novo, da queda um passo de dança, do medo uma escada, do sonho uma ponte, da procura um encontro”.*  
*(Fernando Sabino)*

## **RESUMO**

Trabalho de Conclusão de Curso  
Curso de Graduação em Engenharia Florestal  
Universidade Federal do Pampa

### **DINÂMICA TEMPORAL DA COBERTURA FLORESTAL NA MICRORREGIÃO CAMPANHA CENTRAL - RS**

AUTORA: BRUNA NASCIMENTO DE VASCONCELLOS  
ORIENTADORA: ANA CAROLINE PAIM BENEDETTI  
Local e Data da Defesa: São Gabriel, 28 de junho de 2011.

Nos últimos anos o Rio Grande do Sul tem passado por um processo de transição econômica, pois, a silvicultura surge como uma nova alternativa para o Estado. O presente trabalho tem como objetivo analisar a dinâmica da cobertura florestal na Microrregião Campanha Central. Mapas temáticos dos anos 2000 e 2010 foram elaborados, a partir de imagens do satélite Landsat 5. A metodologia consistiu nas seguintes etapas: download e importação de imagens, processamento digital de imagens, reconhecimento de padrões de uso e cobertura e classificação digital supervisionada. A partir da elaboração dos mapas, pode-se observar que a cobertura florestal teve um aumento total de 92.590,99 hectares na microrregião. Os municípios que apresentaram uma expansão mais significativa foram Rosário do Sul e São Gabriel, fator associado ao abandono de áreas agrícolas e o incentivo a silvicultura. Além disso, pode-se perceber que houve um aumento na área de florestas em toda a microrregião, Rosário do Sul teve um aumento de 37.685,87 hectares, São Gabriel de 34.997,93 hectares, Santa Margarida do Sul de 11.945,62 hectares e Santana do Livramento de 7.961,57 hectares.

**Palavras-chave:** cobertura florestal; Geoprocessamento; imagens de satélite; classificação digital.

## **ABSTRACT**

Conclusion of coursework  
Under graduate course in Forest Engineer  
Universidade Federal do Pampa

### **TEMPORAL DYNAMICS OF FOREST COVER IN MICROREGION CAMPANHA CENTRAL - RS**

AUTHOR: BRUNA NASCIMENTO DE VASCONCELLOS  
ADVISOR: PROF.<sup>a</sup> DR.<sup>a</sup> ANA CAROLINE PAIM BENEDETTI  
Place and date of the defense: São Gabriel, 28<sup>th</sup> June, 2011

In recent years the Rio Grande do Sul has gone through a economic transition process, because, forestry emerges as a new alternative to this state. This paper aims to analyze the dynamics of forest cover in Microregion Campanha Central. Thematic maps of 2000 and 2010 were developed from Landsat 5 satellite images. The methodology consisted of the following steps: download and import images, digital image processing, pattern recognition and usage coverage and supervised digital classification. From the preparation of maps, one can observe that the forest cover had a total increase of 92,590.99 hectares in the micro. The counties that had been a most significant expansion Rosário do Sul and São Gabriel, a factor in the abandonment of farmland and forestry incentives. Moreover, one can see that there was an increase in forest area across the micro, Rosário do Sul had an increase of 37,685.87 hectares, 34,997.93 hectares of São Gabriel, Santa Margarida do Sul 11,945.62 hectares, and Santana do Livramento of 7961.57 hectares.

Keywords: forest cover, GIS, satellite images, digital classification.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>FIGURA 1</b> - Percentual de área de floresta plantada em relação à área total do Estado.....	15
<b>FIGURA 2</b> - Mapa de Localização dos cultivos comerciais de Eucalipto no Rio Grande do Sul.....	17
<b>FIGURA 3</b> - Representação matricial e vetorial dos elementos a paisagem.....	20
<b>FIGURA 4</b> - Localização da microrregião Campanha Central no Estado do Rio Grande do Sul.....	28
<b>FIGURA 5</b> - Cenas Landsat utilizadas sobre a microrregião Campanha Central no Rio Grande do Sul.....	32
<b>FIGURA 6</b> - Composições sintéticas RGB do Satélite Landsat após a aplicação da técnica de contraste linear.....	35
<b>FIGURA 7</b> - Percentual da cobertura florestal por município da microrregião Campanha Central no ano de 2000.....	39
<b>FIGURA 8</b> - Percentual da cobertura florestal por município da microrregião Campanha Central no ano de 2010.....	40
<b>FIGURA 9</b> - Mapa temático da cobertura florestal na microrregião Campanha Central em 2000.....	41
<b>FIGURA 10</b> - Mapa da cobertura florestal na microrregião Campanha Central em 2010.....	42
<b>FIGURA 11</b> - Mapa base cartográfica da microrregião Campanha Central em 2010.....	43
<b>FIGURA 12</b> - Evolução da cobertura florestal na microrregião Campanha Central, nos anos 2000 e 2010.....	45



## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1</b> - Área de florestas no Rio Grande do Sul nos anos de 1983 e 2001.....	16
<b>TABELA 2</b> - Características das bandas espectrais do sensor <i>Thematic Mapper</i> do Landsat 4 e 5.....	25
<b>TABELA 3</b> - Relação das cenas Landsat abrangentes da área de estudo e as respectivas datas analisadas. ....	33
<b>TABELA 4</b> - Quantificação da cobertura florestal por município da microrregião Campanha Central, nos anos de 2000 e 2010.....	44

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

**AM/FM** - *Automated Mapping/Facility Management*

**APA** - Área de Proteção Ambiental

**APP** - Área de Preservação Permanente

**BRACELPA** - Associação Brasileira de Celulose e Papel

**CADD** - *Computer Aided Drafting Design*

**DGI** - Divisão de Geração de Imagens

**GPS** - *Global Positioning System*

**INPE** - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

**LIS** - *Land Information System*

**MaxVer** - Máxima Verossimilhança

**NASA** - *National Aerospace and Space Administration*

**PIB** - Produto Interno Bruto

**SAD69** - *South American Datum 1969*

**SIG** - Sistema de Informação Geográfica

**SPRING** - Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas

**TM** - *Thematic Mapper*

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>1.1 Objetivo geral</b> .....	14
<b>1.2 Objetivos específicos</b> .....	14
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	15
<b>2.1 Considerações gerais sobre a Silvicultura no Rio Grande do Sul</b> .....	15
<b>2.2 Geotecnologias</b> .....	18
2.2.1 Geoprocessamento.....	18
2.2.2 Sistema de Informação Geográfica.....	20
2.2.3 Sensoriamento Remoto.....	22
2.2.4 Satélite Landsat.....	24
2.3 Uso de geotecnologias na área florestal.....	26
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	28
<b>3.1 Localização e caracterização da área de estudo</b> .....	28
<b>3.2 Caracterização dos municípios que compõem a microrregião Campanha Central</b> .....	29
<b>3.3 Caracterização física da área de estudo</b> .....	30
3.3.1 Clima.....	30
3.3.2 Vegetação.....	30
3.3.3 Relevo.....	30
<b>3.4 Material</b> .....	31
<b>3.5 Metodologia</b> .....	32
3.5.1 Download de imagens.....	32
3.5.2 Importação no banco de dados.....	33
3.5.3 Processamento digital das imagens.....	33
3.5.4 Classificação digital supervisionada.....	36
3.5.6 Edição das classes e quantificação das áreas.....	36
3.5.7 Elaboração da base cartográfica da microrregião.....	37

<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>38</b>
<b>4.1 Mapeamento temático da cobertura florestal.....</b>	<b>38</b>
<b>4.2 Mapeamento da base cartográfica.....</b>	<b>40</b>
<b>4.3 Dinâmica temporal da cobertura florestal no período de dez anos.....</b>	<b>44</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>46</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>47</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o setor florestal desempenha um papel importante na economia brasileira, tanto no setor de faturamento como de empregos gerados, pois, apresenta grande competitividade no mercado de produtos florestais, em razão de suas características edafoclimáticas (solo e clima) e do vasto desenvolvimento tecnológico obtido na área da silvicultura.

O Rio Grande do Sul pode ser considerado um dos novos pólos de desenvolvimento florestal, constituindo-se numa área privilegiada de expansão de novos empreendimentos no setor, processo liderado por importantes grupos empresariais estrangeiros e nacionais (BENETTI, 2007).

Muitos países estão tentando usar seus recursos de forma sustentável, integrando da melhor maneira possível aspectos sociais, econômicos e ambientais. Dessa forma, tem-se utilizado técnicas de Geoprocessamento, que permitem um planejamento, monitoramento, e interpretação da dinâmica sucessional das florestas, de maneira confiável, além da rápida manipulação das informações.

Segundo Crosta (1992), as imagens provenientes de Sensoriamento Remoto servem como fontes de dados para estudos e levantamentos geológicos, ambientais, agrícolas, cartográficos, florestais, urbanos, oceanográficos, entre outros, representando uma das únicas formas viáveis de monitoramento ambiental em escalas locais e globais, devido à rapidez, eficiência, periodicidade e visão sinóptica que as caracterizam.

De acordo com Franzoni (1993), Sensoriamento Remoto é um conjunto de atividades onde o objetivo é caracterizar as propriedades de alvos naturais, através da detecção, registro e análise do fluxo de energia radiante, por eles refletidos ou emitidos. Assim, o Sensoriamento Remoto representa uma tecnologia que permite a aquisição de informações sobre objetos da superfície terrestre sem que exista um contato físico entre eles. Atualmente, suas técnicas estão ficando cada vez mais sofisticadas, ampliando sua aplicabilidade e tornando-se uma das mais importantes técnicas de aquisição de informações para o Geoprocessamento.

Nesse contexto aplicação dos SIG (Sistemas de Informação Geográfica) tornou-se uma ferramenta poderosa que, atrelada ou não ao uso de outros *softwares* de mapeamento, permite não somente maior rigor e precisão nas análises, mas também a atualização periódica desses dados, num intervalo de tempo cada vez menor, gerando uma dinâmica contínua de monitoramento das áreas de interesse.

A análise da estrutura da paisagem através dos índices descritores dos fragmentos e das classes de uso e cobertura da terra tem sido utilizada como uma importante ferramenta no estudo temporal envolvendo imagens de satélite e fotografias aéreas, pois possibilitam avaliar as alterações ocorridas na paisagem, em decorrência das diferentes formas de uso e cobertura da terra e o entendimento das mudanças nas condições ambientais de uma região, servindo de subsídio para as políticas de planejamento territorial (SOARES FILHO, 1998).

### **1.1 Objetivo geral**

O presente estudo tem como objetivo geral utilizar técnicas de Geoprocessamento e imagens orbitais para mapear florestas nativas e plantadas na microrregião Campanha Central do Estado do Rio Grande do Sul.

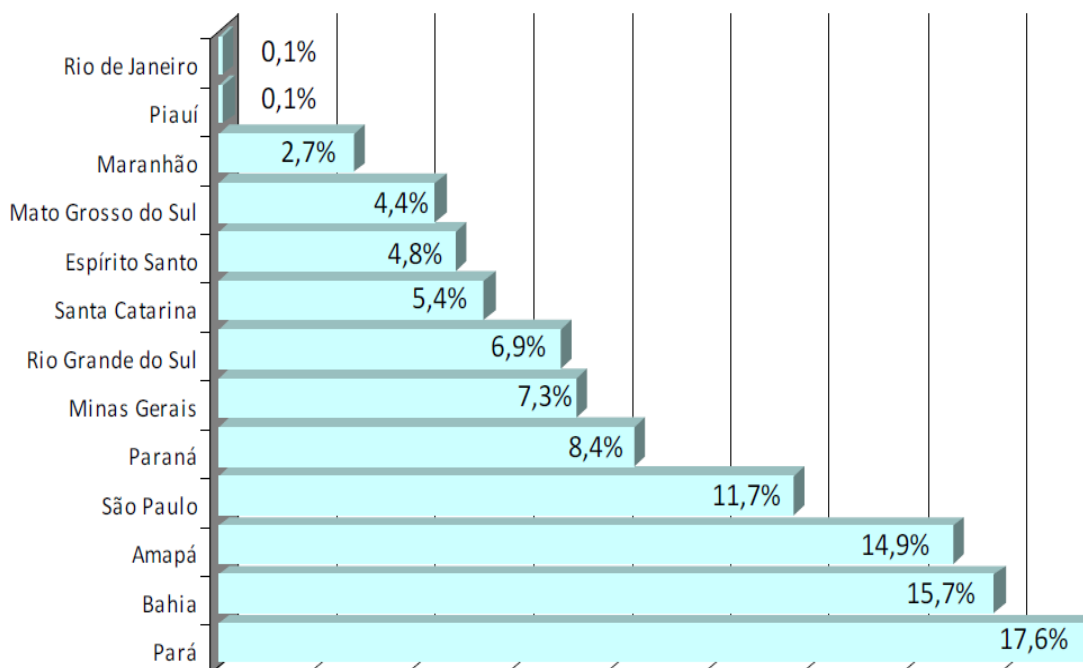
### **1.2 Objetivos específicos**

- Mapear e quantificar a área total de florestas nativas e plantadas na microrregião Campanha Central.
- Analisar a dinâmica temporal da cobertura florestal no período de dez anos.
- Determinar taxas de expansão e/ou redução da cobertura florestal nos municípios que integram a microrregião.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Considerações gerais sobre a silvicultura no Rio Grande do Sul

Segundo a Associação Brasileira de Celulose e Papel – Bracelpa (2009), o Brasil tem se tornado referência mundial em relação à silvicultura, tendo em vista que o País possui alta produtividade devido ao clima e ao solo, o grande avanço da pesquisa, organização do setor privado e mão de obra qualificada. Além disso, pode-se enfatizar os avanços tecnológicos da área, bem como, a genética e biotecnologia, matéria-prima de alta qualidade, planejamento sócio-ambiental, manejo florestal e rotação de áreas plantadas. Dentre os Estados que merecem destaque nesse desenvolvimento, está o Rio Grande do Sul, que, conforme a Figura 1, apresentou um total de 6,9% da sua área com florestas plantadas em 2009.



**Figura 1** – Percentual de área de floresta plantada em relação à área total do Estado.

Fonte: Bracelpa (2009).

Desde o ano de 2003 o Estado do Rio Grande do Sul vem passando por uma reestruturação de sua paisagem, pois, foi implantado um programa florestal com o objetivo aumentar a produção silvícola da região, no intuito de promover o desenvolvimento econômico e social.

Nesse ano, foi lançado pelo governo o Programa Estadual de Florestamento que, dentre outros objetivos, previa fomentar o florestamento comercial em municípios da Metade Sul através da implantação de 40 mil hectares de maciços florestais, podendo gerar, até 2014, uma receita bruta de R\$ 200 milhões aos produtores rurais (SANTOS et al., 2007).

Além disso, de acordo com a Associação Gaúcha de Empresas Florestais – AGEFLOR (2011), a meta até 2013 é cultivar em torno de 800 mil hectares de Eucalipto na Metade Sul do Rio Grande do Sul.

Segundo dados do Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul realizado em 2001, o território gaúcho contava com 17,53% de florestas nativas - de florestas naturais - 13,50% em estágio avançado e médio de regeneração, 4,03% em estágio inicial, e ainda 0,97% de florestas plantadas, como mostra a tabela 1.

Tabela 1 – Área de florestas no Rio Grande do Sul nos anos de 1983 e 2001

<b>Floresta</b>	<b>1983 (km<sup>2</sup>)</b>	<b>%</b>	<b>2001(km<sup>2</sup>)</b>	<b>%</b>	<b>Acréscimo (Km<sup>2</sup>)</b>
Natural	15.857,31	5,62	49.556,29	17,53	33.698,98
Plantada	1.743,96	0,62	2.747,48	0,97	1.003,50
<b>Total</b>	<b>17.601,27</b>	<b>6,24</b>	<b>52.303,77</b>	<b>18,50</b>	<b>34.702,50</b>

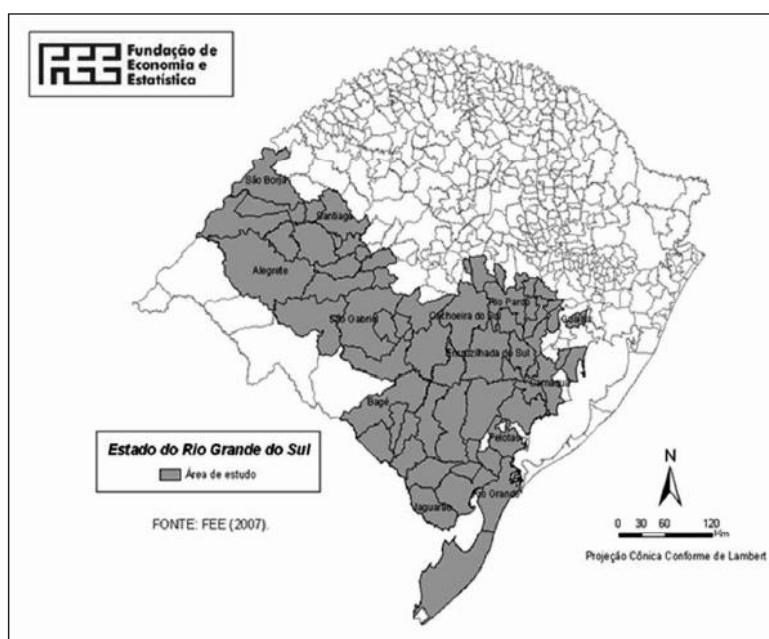
Fonte: Secretaria Estadual do Meio Ambiente do Rio Grande do Sul, (2010).

Conforme Corrêa (2009), poucas regiões são tão propícias para a exploração extrativista florestal como o Bioma Pampa, uma vez que aqui existe, além de terra, insolação necessária, tecnologia, mão-de-obra e manejo desenvolvidos.

Segundo Binkowski (2009), as empresas florestadoras atraídas pelo mote dos incentivos fiscais, menor custo com mão-de-obra e características climáticas adequadas para o desenvolvimento vegetativo do *Eucalyptus spp.* se instalaram no



Estado. Apartir disso, três grandes empresas florestadoras foram atraídas e passaram a investir diretamente na “Metade Sul” do Rio Grande do Sul: a Votorantin Celulose e Papel (VCP), a Stora Enso e a Aracruz Celulose S. A. No Estado, as principais concentrações desse cultivo ocorriam nas regiões fisiográficas Centro Oeste e Centro Sul, mas com a vinda dessas empresas, novas áreas foram compradas e arrendadas para a exploração da atividade florestal nas regiões da Fronteira Oeste, Fronteira Sudoeste e Sul, conforme a Figura 2.



**Figura 2** – Mapa de Localização dos cultivos comerciais de eucalipto no Rio Grande do Sul  
Fonte: Fundação de Economia e Estatística (2007).

De acordo com Kageyama (2006), a Região Fronteira Oeste merece destaque entre os locais do Estado que está ocorrendo o fomento à implantação de florestas, pois a região é vista do ponto de vista agrário, por propriedades de grandes áreas, formadas por estâncias ou fazendas.

## 2.2 Geotecnologias

### 2.2.1 Geoprocessamento

De acordo com Rocha (2000), com o advento da informática na automação de processos, surgiram várias ferramentas para captura, armazenamento, processamento e apresentação de informações georreferenciadas. A ligação técnica e conceitual dessas ferramentas levou ao desenvolvimento da tecnologia de processamento de dados geográficos denominado Geoprocessamento.

Seu objetivo principal, segundo Câmara e Medeiros (1998) é fornecer ferramentas computacionais para que os diferentes analistas determinem as evoluções espacial e temporal de um fenômeno geográfico, bem como as inter-relações entre diferentes fenômenos.

SILVA et al., (1998) definem Geoprocessamento como um conjunto de procedimentos computacionais, que operando sobre bases de dados geocodificados, executam análises, reformulações e síntese sobre os dados ambientais tornando-os utilizáveis em um sistema de processamento automático integrado ao banco de dados.

De acordo com Câmara e Davis (2001) o Geoprocessamento é uma disciplina que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e que vem influenciado de maneira crescente as áreas da Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional. As ferramentas computacionais para Geoprocessamento, chamadas de Sistemas de Informações Geográfica (SIG), permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar banco de dados georreferenciados.

O Geoprocessamento é constituído pelo conjunto de quatro categorias técnicas relacionadas ao tratamento da informação espacial (LAZAROTTO, 2002), citado por Benedetti (2006):

- 1) Técnicas para coleta de informação espacial (Cartografia, Sensoriamento Remoto, Sistema de Posicionamento Global (GPS), Topografia, Fotogrametria, Levantamento de dados alfanuméricos).

- 2) Técnicas de armazenamento de informação espacial (Bancos de Dados – orientados a objetos, relacional, hierárquico).
- 3) Técnicas para tratamento e análise da informação espacial, como modelagem de dados, geoestatística, aritmética lógica, funções topológicas, redes.
- 4) Técnicas para o uso integrado de informação espacial, como os SIG, *Land Information System (LIS)*, *Automated Mapping/Facility Management (AM/FM)* e *Computer Aided Drafting Design (CADD)*.

Teixeira (1997) define Geoprocessamento como uma tecnologia que abrange o conjunto de procedimentos de entrada, manipulação, armazenamento e análise de dados espacialmente referenciados. Sendo o principal objetivo dessa técnica, fornecer ferramentas computacionais, para que os diferentes analistas determinem as evoluções espaciais e temporais de um fenômeno geográfico e as inter-relações entre os diferentes fenômenos.

De acordo com Silva e Zaidan (2010), a tecnologia de Geoprocessamento demonstrou ser uma ferramenta eficaz no que diz respeito à precisão, confiabilidade e velocidade na geração de dados relativos à avaliação ambiental, permitindo a modelagem da realidade ambiental, tornando viável a manipulação de grande volume dados, o seu tratamento e a disponibilização rápida de um universo de informações. Após a criação de base de dados geocodificados, podem ser feitas deduções quanto à extensão territorial e associações causais entre variáveis ambientais.

De acordo com Vettorazzi et al., (2000), o termo Geoprocessamento pode ser definido como um conjunto de geotecnologias voltadas à coleta e ao tratamento de informações espaciais para um objetivo específico.

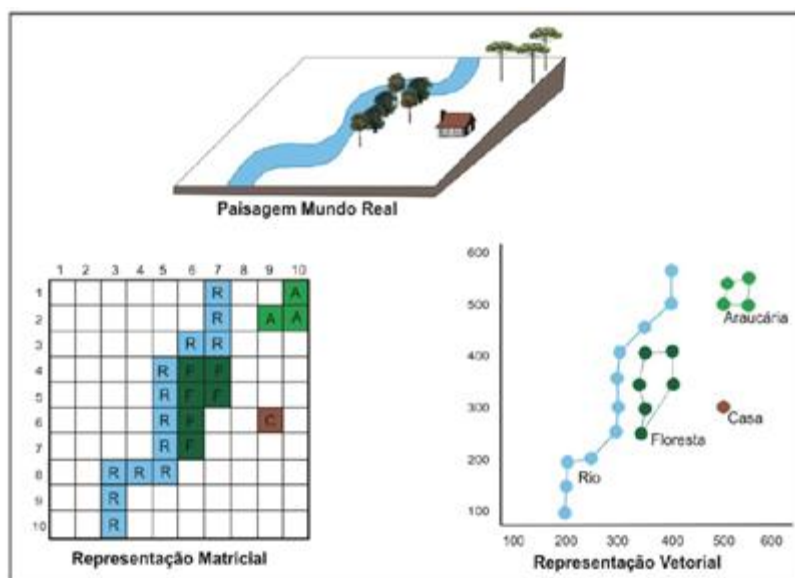
Segundo Mendes (1991), a utilização de técnicas de Geoprocessamento constitui-se em instrumento de grande potencial para estabelecimento de planos integrados de conservação do solo e água. Nesse contexto, os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), se inserem como ferramentas capazes de manipular e representar os processos ambientais em diversas regiões, de uma forma simples e eficiente, permitindo uma economia de recursos e tempo. Estas manipulações permitem agregar dados de diferentes fontes, bem como, imagens de satélite, mapas topográficos, hidrografia, entre outros. O resultado dessas manipulações normalmente é apresentado sob a forma de mapas temáticos com as informações desejadas.

### 2.2.2 Sistema de Informação Geográfica

Aronoff (1989) conceitua Sistemas de Informação Geográfica (SIG) como sendo um conjunto manual ou computacional de procedimentos utilizados para armazenar e manipular dados georreferenciados, e ainda, como um sistema de captação, armazenamento, análise, e apresentação de dados georreferenciados.

Para Burrough e McDonnell (1998), os Sistemas de Informações Geográficas são um conjunto de ferramentas para coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados sobre um mundo real para um objetivo específico.

De acordo com Hendges (2007), as imagens de um SIG podem ser representadas tanto no formato matricial como vetorial, de acordo com o mundo real, permitindo diversas associações entre as componentes de localização espacial e atributos geográficos, como mostra a Figura 3.



**Figura 3** – Representação matricial e vetorial dos elementos a paisagem.

Fonte: Aronoff (1989), adaptado por Hendges (2007).

De acordo com NEVES (1996), o conceito de informação geográfica compreende ferramentas computacionais que permitem a integração de informações diversas e a sua manipulação. Para o autor, os SIG tendem a transformar-se em

laboratórios do conhecimento sobre os elementos gráficos e a se constituir no ponto de partida para novas aproximações teóricas.

Segundo o INPE (1997), citado por Moreira (2003), de modo geral, qualquer SIG é capaz de:

- representar graficamente informações de natureza espacial
- representar informações gráficas sob a forma de vetores (pontos, linhas e polígonos) e/ou imagens digitais (matrizes de pixels);
- representar informações com base em critérios alfanuméricos, semelhante a um sistema de gerenciamento de banco de dados tradicional, e com base em relações topológicas, como convergência, adjacência e interceptação;
- realizar operações de aritmética de polígonos, como união, interseção e diferença, bem como gerar polígonos paralelos (*buffers*) ao redor de elementos ponto, linha e polígono;
- limitar o acesso e controlar a entrada de dados através de um modelo de dados previamente construído;
- oferecer recursos para a visualização dos dados geográficos na tela do computador, utilizando uma variedade de cores;
- interagir com o usuário através de uma interface amigável, geralmente gráfica;
- recuperar as informações geográficas de forma ágil, usando algoritmos de indexação espacial;
- possibilitar a importação e exportação de dados de/para outros sistemas semelhantes, ou para outros softwares gráficos;
- oferecer recursos para a entrada e manutenção de dados
- oferecer recursos para a composição de saídas e geração de resultados, sob a forma de mapas, gráficos e tabelas;
- oferecer recursos para o desenvolvimento de aplicativos específicos, de acordo com a necessidade do usuário, utilizando para isso a linguagem de programação, inclusive possibilitando a customização da interface do SIG com o usuário.

Estes recursos podem ser agrupados em categorias básicas para facilitar a comparação entre diferentes sistemas. Estas categorias são: entrada de dados, gerenciamento de informações, manipulação e análise, e exibição e produção de saídas.

Burrough (1989) caracteriza SIG como sendo aplicativos constituídos de cinco módulos e, segundo ele, cada módulo é um subsistema que permite as operações de entrada e verificação de dados, armazenamento e gerenciamento de banco de dados, apresentação e saída de dados, transformação de dados e interação com o usuário.

### 2.2.3 Sensoriamento Remoto

O Sensoriamento Remoto é definido de diferentes maneiras por diversos autores, dentre as mais usuais está àquela adotada por Avery e Berlin (1992) e Meneses e Madeira Netto (2001), como uma técnica para obter informações sobre objetos através de dados coletados por instrumentos que não estejam em contato físico como os objetos investigados.

Asrar (1989) conceitua o Sensoriamento Remoto como a aquisição de informações e/ou estado de um alvo por um sensor, sem estar em contato físico com ele.

O Sensoriamento Remoto é uma técnica que utiliza sensores, a bordo de plataformas orbitais ou aerotransportadas, na captação e no registro do fluxo de radiação eletromagnética (*REM*) refletido ou emitido por elementos na superfície terrestre, e o converte em sinais passíveis de análise (PONZONI e DISPERATI, 1995).

Novo (2008) caracteriza Sensoriamento Remoto como sendo a utilização conjunta de modernos sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados, aeronaves, espaçonaves, entre outros, com o objetivo de estudar o ambiente terrestre através do registro e da análise das informações entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta Terra, em suas mais diversas manifestações. Os sistemas de Sensoriamento Remoto disponíveis atualmente fornecem dados repetitivos e consistentes da superfície terrestre, os quais são de utilidade para diversas aplicações, dentre as quais destacam-se:

-Urbanas (inferência demográfica, cadastro, planejamento urbano, suporte ao setor imobiliário).

- Agrícolas: condição das culturas, previsão de safras, erosão de solos.
- Geológicas: minerais, petróleo, gás natural.
- Ecológicas (regiões alagadas, solos, florestas, oceanos, águas continentais).
- Florestais (produção de madeira, controle de desflorestamento, estimativa de biomassa).
- Cartográficas (mapeamento topográfico, mapeamento temático, atualização de terra).
- Oceanográficas (produtividade primária, monitoramento de óleo, estudos costeiros, circulação oceânica, etc.).
- Hidrológicas (mapeamento de terras afetadas por inundações, avaliação de consumo de água por irrigação, modelagem hidrológica).
- Limnológicas (caracterização da vegetação aquática, identificação de tipos de água; avaliação de impacto de uso da terra em sistemas aquáticos).
- Militares e muitas outras.

Ainda, segundo Menezes e Madeira Netto (2001):

“Esses olhos conseguiram superar a visão do homem, estendendo a sua capacidade de identificar os objetos terrestres muito além dos comprimentos de onda da luz normalmente percebidos. Com as imagens, tomadas em bandas espectrais, contidas no visível, no infravermelho refletido, no infravermelho termal e no domínio das microondas, a superfície terrestre, coberta pela vegetação, pelos afloramentos de rochas, pelos solos e pelos corpos d’água, passou a ser identificada com formas que desconhecíamos (MENEZES e MADEIRA NETO, 2001, p.11).”

Os produtos oriundos do Sensoriamento Remoto podem ser submetidos a diferentes técnicas de processamento. Para Rechiuti (1996), o processamento digital de imagens é entendido como a manipulação e análise de uma imagem por computador, de modo que a entrada e a saída do processo sejam imagens, sendo que a finalidade deste processamento é extrair informações de imagens e transformar essas informações de tal modo que sejam mais facilmente discerníveis.

Segundo Accioly et al., (2002), o Sensoriamento Remoto auxilia no monitoramento do uso da terra em diferentes escalas e para diferentes ambientes, o que mostra a relevância da sua aplicação.

Está baseado na aquisição e interpretação de dados espectrais, medidos remotamente, com o fim de obter informações sobre os alvos da superfície terrestre (JENSEN, 2009; LILLESAND e KIEFER, 2000).

## 2.2.4 Satélite Landsat

De acordo com Novo (2008), o Programa Landsat representou no século XX um modelo de missão de Sensoriamento Remoto de recursos naturais, principalmente porque permitiu incorporar, em seus sucessivos satélites, características requeridas pelos usuários dos dados. Para o Brasil, esse programa foi de fundamental importância, porque possibilitou consolidar e capacitar uma ampla comunidade de usuários.

Segundo a mesma autora, o Programa constituiu-se em uma série de sete satélites desenvolvidos e lançados pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) a intervalos médios de três a quatro anos. Embora os satélites da série Landsat tenham sido concebidos para terem vida útil de dois anos, eles se mantiveram em operação durante muito mais tempo, como é o caso do Landsat 5, que lançado em 1984 ainda se mantém ativo.

De acordo com Silva (1995), citado por Benedetti (2006), os modelos 1, 2 e 3 do Landsat eram equipados com um sensor *Return Beam Vidicom* (RBV), constituído de três câmaras espectrais, com uma resolução geométrica de aproximadamente 80 metros, e com um sensor MSS (*Multispectral 35 Scanner*), com quatro câmaras espectrais (duas no visível e duas no infravermelho próximo) e uma resolução também de 80 metros. Em 1984, logo após o lançamento do Landsat 4, o mesmo foi desativado devido ao mau funcionamento, e a NASA lançou o Landsat 5, com um novo sistema sensor a bordo, o *Thematic Mapper* (TM), que incorporou uma tecnologia mais avançada que o MSS e passou a registrar dados em sete canais ou sete bandas espectrais (três no visível, um no infravermelho próximo, dois no infravermelho médio e um no infravermelho termal), com resolução espacial de 30 metros (exceto para o canal termal, que é 120 metros).

Conforme Jensen (2009), o posicionamento e a largura das bandas do MSS foram selecionados com base em sua utilidade para inventários de vegetação e estudos geológicos. De forma oposta, as bandas do TM foram escolhidas após anos de análise quanto à sua importância na penetração na água, discriminação de tipos e vigor de vegetação, medidas de umidade de plantas e solos, diferenciação de nuvens, neve e gelo, e identificação de alteração hidrotermal em certos tipos de rochas, conforme a Tabela 2.



**Tabela 2 - Características das bandas espectrais do sensor *Thematic Mapper* dos satélites Landsat 4 e 5.**

<b>BANDA</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>
<b>Banda 1: 0,45 – 0,52 <math>\mu\text{m}</math> (azul)</b>	Essa banda tem maior penetração em corpos d'água, assim como fornece suporte para análises de uso da terra, solo e características da vegetação.
<b>Banda 2: 0,52 – 0,60 <math>\mu\text{m}</math> (verde)</b>	Essa banda cobre a região entre as bandas de absorção pela clorofila no azul e no vermelho e responde a reflectância da vegetação sadia no verde.
<b>Banda 3: 0,63 – 0,69 <math>\mu\text{m}</math> (vermelho)</b>	Essa é a banda vermelha por clorofila da vegetação verde sadia e é útil para discriminação da vegetação. É também útil para delinear os limites de classes de solos e tipos de rochas. Essa banda pode exibir mais contraste do que as bandas 1 e 2 devido ao efeito reduzido da atenuação atmosférica.
<b>Banda 4: 0,76 – 0,90 <math>\mu\text{m}</math> (infravermelho próximo)</b>	Esta banda é muito sensível à quantidade de biomassa da vegetação e/ou área foliar presente. É útil para identificação de culturas e para realçar contrastes entre solo/cultura e terra/água.
<b>Banda 5: 1,55 – 1,75 <math>\mu\text{m}</math> (infravermelho médio)</b>	Esta banda é sensível a turgidez ou quantidade de água nas plantas. Esta informação é útil em estudos de estresse de culturas e em investigações de vigor da planta. Essa é uma das poucas bandas que podem ser usadas para discriminar entre nuvens, neve e gelo.
<b>Banda 6: 10,4 – 12,5 <math>\mu\text{m}</math> (infravermelho termal)</b>	Essa banda mede a quantidade de energia radiante infravermelha emitida das superfícies. É útil para localizar atividade geotermal, mapeamento da inércia termal para investigações geológicas, classificação e análise de estresse de vegetação, e para estudos de umidade de solos.
<b>Banda 7: 2,08 – 2,35 <math>\mu\text{m}</math> (infravermelho de ondas curtas)</b>	Essa é uma importante banda para discriminação de formações geológicas de rochas. Ela tem sido efetiva para identificar zonas de alteração hidrotermal em rochas.

**Fonte:** Jensen (2009), adaptado pela autora.

### 2.3 Uso do Geoprocessamento na área florestal

Sendo o Geoprocessamento considerado um conjunto de tecnologias transdisciplinares, serão citados a seguir, alguns exemplos dessas aplicações para análise da paisagem, com enfoque à cobertura florestal e sua dinâmica temporal.

Autores como Jensen (2009) e Lillesand e Kiefer (2000) relatam que a utilização de dados de Sensoriamento Remoto para o mapeamento de ambientes terrestres é uma das aplicações mais antigas, já que geralmente é utilizada como subsídio para outros estudos, como os de monitoramento e de estimativas.

De acordo com Novo (2008), os dados de sensores têm sido utilizados como fonte primária de informações para subsidiar planos de controle e fiscalização de florestas.

De acordo com Miranda (2005):

“A crescente preocupação com a preservação do meio ambiente deve incluir uma tomada de decisão que envolva interações complexas entre diferentes recursos naturais e as sociedades. As inquietações se referem a processos de desertificação, erosão (principalmente em solos agrícolas), monitoramento de espécies em extinção, locais de ocorrência de chuva ácida, poluição de corpos de água, contaminação de aquíferos e solos, mudanças climáticas globais, entre outros. Para mapear e monitorar tais mudanças, bem como planejar respostas apropriadas são necessários programas que possam capturar e armazenar informações sobre os recursos naturais existentes, usando a tecnologia espacial disponível (satélites de sensoriamento remoto) e SIG (MIRANDA, 2005, p.29).”

Segundo Bolfe (2004), o uso dos SIG permite aplicar metodologias diferenciadas visando ao levantamento e planejamento da produção florestal. Dentre alguns exemplos citam-se:

Felippe (2009) realizou um estudo espaço-temporal acerca da retirada da cobertura vegetal, na porção mineira da bacia do Rio Mucuri, a partir dos remanescentes florestais no período de 1989 a 2008 utilizando imagens dos satélites Cbers e Landsat.

Mantovani e Pereira (1998), realizaram trabalhos com fins de analisar a alteração do ambiente e da paisagem na Amazônia Legal. No primeiro trabalho os autores identificaram o estado da cobertura vegetal nativa do Bioma Cerrado na região da Amazônia Legal e constataram que praticamente a metade da área

monitorada já tinha sido desmatada, fato assustador para uma década atrás. No segundo estudo, os autores relataram quantitativamente que são desmatadas áreas equivalentes a 2,6 ha/minuto de vegetação de cerrado no Brasil, com uma taxa de desmatamento dez vezes maior do que o ocorrido com a Mata Atlântica.

Fernandes et al., (2009), realizaram um estudo sobre a evolução da cobertura vegetal ao longo do tempo no município de Carnaúba dos Dantas – RN, detectando, de forma indireta, a susceptibilidade de áreas à degradação e conseqüente desertificação, nos períodos de 1987 a 2007. De acordo com o autor, a atividade antrópica é a principal responsável pela redução da cobertura vegetal da região, devido ao grande número de olarias (fabricação de tijolos e telhas) que praticam o extrativismo vegetal da Caatinga para alimentação das fornalhas, além da retirada da argila (fonte de matéria-prima), intensificando o desmatamento e a erosão do solo.

Alves (2009) realizou um estudo sobre o desmatamento para o município de Canarana - MT, a análise foi feita para os anos de 2000, 2003 e 2005 para que pudesse ser analisada a dinâmica do desmatamento ao longo desse período. Esse mapeamento foi feito com base em imagens dos satélites Landsat 5 e CBERS 2, no qual foram analisadas as áreas de preservação permanente (APP) do município.

Cunha (2009) realizou um estudo que teve como foco, mapear as mudanças de uso e cobertura da terra, ocorridas entre 1990 e 2005, por meio de imagens TM/5 Landsat na área sob a influência da BR-319, trecho Manaus-Careiro até Castanholgapó Açú, em função da repavimentação realizada em 2001. Tendo em vista que o autor considera que há uma forte relação entre as estradas e o desmatamento na Amazônia, que em larga escala teve seu início a partir de 1970, com a política de ocupação do território promovida pelo governo brasileiro, principalmente associado aos projetos de construção das rodovias.

Maldonado et al., (2002) determinaram a dinâmica do uso do solo em uma área de estudo localizada no Bioma da Caatinga baseado em uma análise multitemporal.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Localização e caracterização geral da área de estudo

O presente estudo é desenvolvido na microrregião Campanha Central, que é uma das trinta e cinco microrregiões do Rio Grande do Sul, estabelecidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Está localizada na mesorregião Sudoeste Rio-Grandense (Figura 4). Sua população total é estimada em 203.335 habitantes, segundo dados do IBGE (2005), e subdivide-se em quatro municípios: Rosário do Sul, Santa Margarida do Sul, Santana do Livramento e São Gabriel, possuindo uma área total de 20.173,73 km<sup>2</sup>.



**Figura 4** - Localização da microrregião Campanha Central no Estado do Rio Grande do Sul.

**Fonte:** Wikipédia, 2011.

### 3.2 Caracterização geral dos municípios que compõem a Campanha Central

Os municípios que integram a microrregião Campanha Central são Rosário do Sul, Santa Margarida do Sul, São Gabriel e Santana do Livramento, ambos situam-se na fronteira oeste do Estado do Rio Grande do Sul, e fazem parte da mesorregião Sudoeste Rio-Grandense.

Rosário do Sul está situado entre as coordenadas 55°42' a 54°39' de longitude oeste e 30°05' a 30°48' de latitude sul; conta uma população de 39.707 habitantes, segundo dados do censo do IBGE (2010), possui uma área territorial de 4.369,669 km<sup>2</sup>. Possui Produto Interno Bruto (PIB) per capita de R\$ 11.404,08, (IBGE, 2008).

Santa Margarida do Sul situa-se entre as coordenadas 54°16' a 53°52' de longitude oeste e 30°07' a 30°31' de latitude sul. Segundo o IBGE (2010), possui uma população de 2.352 habitantes e área territorial de 955,303 km<sup>2</sup>. Possui clima temperado. Emancipou-se de São Gabriel no ano de 1996. Possui Produto Interno Bruto (PIB) per capita de R\$ 30.861,72.

O município de Santana do Livramento localiza-se geograficamente em uma área de fronteira entre o Brasil e o Uruguai, enquadrado nas coordenadas geográficas de 30°15' a 31°19' de latitude sul e 54°57' a 56°19' de longitude oeste. Destaca-se na pecuária (bovinos e ovinos), além da produção de arroz e soja. Em 2009, foi declarada oficialmente pelo governo brasileiro como a cidade símbolo da integração brasileira com os países membros do Mercosul. No último censo realizado, Livramento apresentou um dos maiores índices de evasão populacional em todo o estado (-9,18%). Em números absolutos, se destaca na estimativa do IBGE (2010), tendo perdido mais de 8 mil habitantes desde o censo de 2000, caindo das 90.849 pessoas de dez anos atrás para 82.513 habitantes. Possui uma área de 6.950,37km<sup>2</sup>. Conta com PIB per capita de R\$ 10.484,31.

São Gabriel situa-se entre as coordenadas geográficas de 54°52'50" a 53°52'01" de longitude oeste e 30°46'42" a 29°53'28" de latitude sul, segundo dados do IBGE (2010), possui um total de 60.425 habitantes, área territorial de 5023,843 km<sup>2</sup>, conta com PIB per capita de R\$ 11 909,57.

### 3.3 Caracterização física da área de estudo

#### 3.3.1 Clima

O clima da região é classificado como subtropical úmido, tipo fundamental Cfa, segundo classificação de Köppen (MORENO, 1961), com temperatura média anual de 18,2°C, e precipitação em torno de 1.400 mm anuais.

#### 3.2.3 Vegetação

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2011) considera que no Rio Grande do Sul acontecem as seguintes Regiões Fitoecológicas: Floresta Ombrófila Densa; Floresta Ombrófila Mista; Floresta Estacional Semidecidual; Floresta Estacional Decidual; Estepe (Campos gerais planálticos e da campanha gaúcha); Savana Estépica; Áreas de Formações Pioneiras; e Sistema de transição (Áreas de Tensão Ecológica).

A estepe, também conhecida como campos gerais planálticos e da campanha gaúcha, apresenta fisionomia bastante variável, proporcionando uma grande diversidade de formações locais, em face, principalmente das várias diferenciações de solo. Os chamados Campos da Campanha, localizados em altitudes de até 300 m, apresentam uma grande variabilidade de formações vegetais, constituídas pelas famílias das gramíneas, compostas e leguminosas (IBGE, 2011).

#### 3.2.4 Relevo

De acordo com Streck et al., (2008), o Rio Grande do Sul apresenta uma grande diversidade de paisagem e de litologias, que são responsáveis pela variedade de solos encontrada. A região da Campanha delimita-se ao norte com o rio Ibicuí, a oeste com o rio Uruguai, ao sul pelo rio Quaraí e a leste com a bacia do

rio Ibicui correspondente ao segmento sul-norte da Depressão Periférica (IBGE, 1986).

A maioria dos solos tem o basalto (Formação Serra Geral) como material de origem, mas também há áreas cobertas por arenitos (Formação Botucatu). Toda região tem ampla dominância de Neossolos Litólicos ou Regolíticos Eutróficos, geralmente situados em relevo suave ondulado, mas ocorrendo também em áreas com relevo forte ondulado em associação com afloramentos de rocha.

A distribuição de solos na província geomorfológica da Depressão Periférica é descrita em três segmentos: sudeste, sul-norte e oeste-leste. A grande diversidade de solos está relacionada ao afloramento dos diferentes tipos de sedimentos que compõem a paisagem, o que por sua vez é resultado dos processos erosivos processados pela rede de rios que drenam esta província.

Os municípios de São Gabriel e Rosário do Sul situam-se no segmento sul-norte da Depressão Periférica, correspondente a Depressão Rio Ibicuí, ocorrem Planossolos Háplicos Eutróficos arênicos nas planícies de inundações dos rios; nas coxilhas de cotas intermediárias situam-se os Argissolos Bruno-Acizentados Alíticos úmbricos, originados de siltitos e argilitos, ocupando áreas de grande extensão.

Santana do Livramento situa-se no segmento sudeste da Depressão Periférica, apresenta uma litologia bastante variável composta por diversos sedimentos (arenitos, siltitos, argilitos, folhelhos), ocupa um relevo suave ondulado, ocorrem Argissolos Bruno-Acizentados Alíticos de grande extensão.

Santa Margarida situa-se no Escudo Sul-Riograndense, que apresenta ampla diversidade geológica, com predomínio de litologias pré-cambrianas, ocorrem áreas expressivas de solos com alta fertilidade química, originados de xistos, como os Neossolos Regolíticos Húmicos lépticos ou típicos, ocupando um relevo ondulado a forte ondulado, associados a afloramentos de rocha (STRECK et al., 2008).

### **3.4 Material**

Para análise e mapeamento da cobertura florestal da microrregião Campanha Central foram utilizadas imagens do satélite LANDSAT 5, sensor TM, resolução espacial 30 metros, dos anos 2000 e 2010. A escolha justifica-se pela

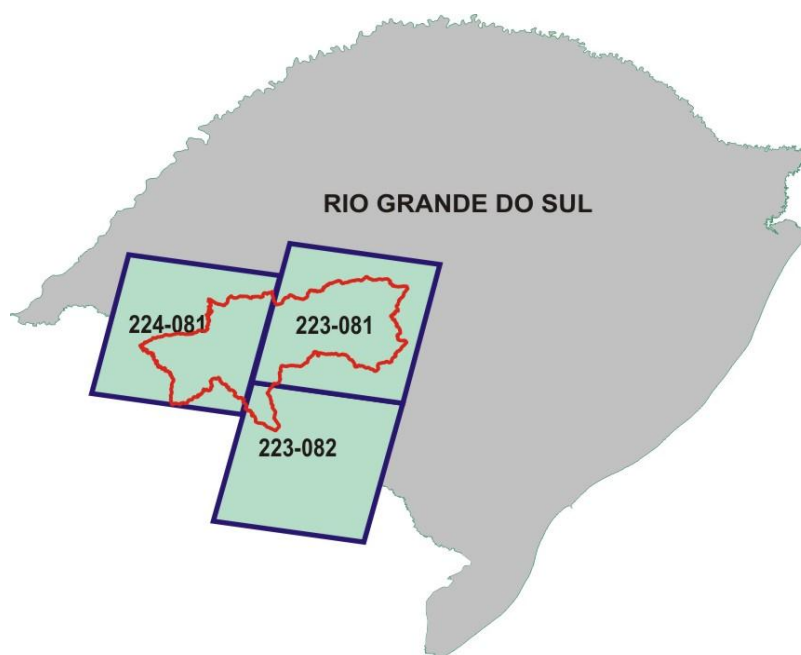
disponibilidade gratuita através do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e pela resolução adequada à área de estudo e a identificação dos temas de interesse. Para elaboração do banco de dados espaciais foi utilizado o Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING) versão 5.1.6.

### 3.5 Metodologia

#### 3.5.1. Download de imagens

As imagens do satélite Landsat foram obtidas através do site do INPE, o qual as disponibiliza gratuitamente, após o cadastro do usuário. Utilizando o catálogo de imagens TM/Landsat-5, disponível no site da Divisão de Geração de Imagens (DGI) do INPE, foram escolhidas imagens do ano 2000 e 2010, como mostra a Tabela 3, sendo preferencialmente da mesma estação do ano e livre da cobertura de nuvens.

Foi necessária a escolha de três cenas (que abrangem 185 Km x 185 Km) para recobrimento completo da área de estudo, como mostra a Figura 5.



**Figura 5** - Cenas Landsat utilizadas sobre a microrregião Campanha Central no Rio Grande do Sul



**Tabela 3** – Relação das cenas Landsat abrangentes da área de estudo e as respectivas datas analisadas.

Órbita	Ponto	Data
223	081	02/04/2000
		26/12/2010
223	082	29/01/2000
		26/12/2010
224	081	03/11/2000
		03/01/2010

Fonte: INPE (2011), elaborado pela autora

### 3.5.2 Importação no banco de dados

O banco de dados espaciais foi criado para armazenar as informações processadas, utilizando-se para isso o aplicativo SPRING, o qual é um SIG com funções de processamento de imagens, análise espacial, modelagem numérica de terreno e consulta a bancos de dados espaciais (INPE, 2011). O SPRING é um projeto do INPE / DPI (Divisão de Processamento de Imagens).

As imagens do satélite Landsat são disponibilizadas originalmente no formato GeoTiff, passível de ser importado diretamente no banco de dados geográficos do SPRING.

Inicialmente criou-se um projeto com objetivo de determinar a projeção geográfica a ser utilizada (Latitude e Longitude) e sistema de referência *South American Datum 1969* (SAD 69) para delimitar a área de estudo através de um retângulo envolvente contendo as coordenadas geográficas da região de interesse.

Os primeiros dados adicionados foram vetores, na escala 1:250.000 correspondentes ao limite territorial do Rio Grande do Sul e da microrregião Campanha Central.

### 3.5.3 Processamento digital de imagens

De acordo com Novo (2008), os métodos de processamento digital visam melhorar a qualidade dos dados para futura interpretação de imagens.

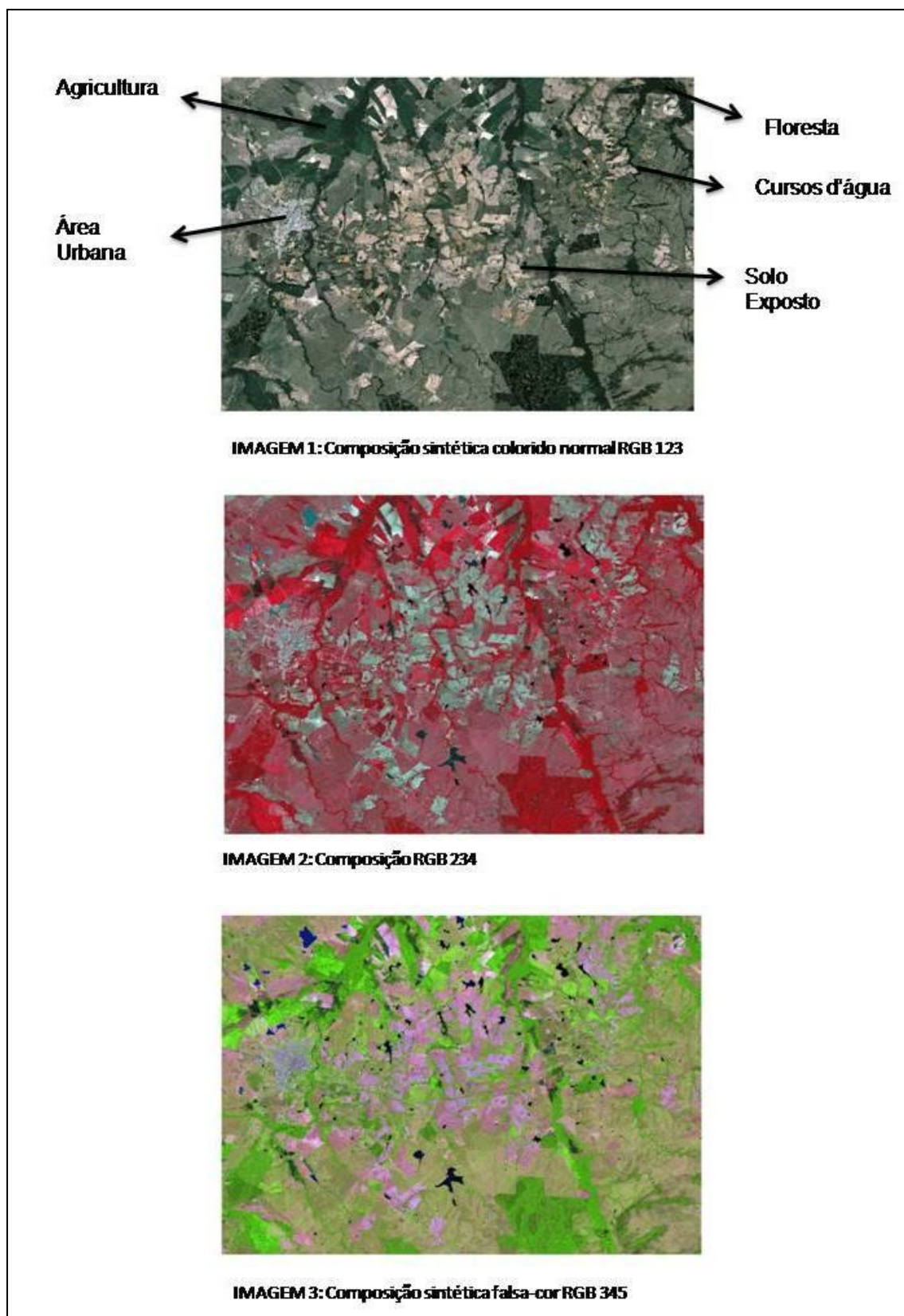
Nessa etapa, foram elaboradas as seguintes composições falsa-cor RGB (Red, Green e Blue), a partir das bandas espectrais, conforme recomenda o INPE (2011):

Bandas 3, 2 e 1: imagens em cor natural, com boa penetração de água, realçando as correntes, a turbidez e os sedimentos; a vegetação aparece em tonalidades esverdeadas.

Bandas 4, 3 e 2: definem melhor os limites entre solo e água, ainda mantendo algum detalhe em águas profundas e mostrando as diferenças na vegetação, que aparece em tonalidades de vermelho.

Bandas 5, 4 e 3: mostram mais claramente os limites entre solo e água, com vegetação mais discriminada, aparecendo em tonalidades verde-rosa.

Após a realização das composições, foi aplicada a técnica de contraste linear para realce das feições de interesse, a qual permite que sejam testadas várias combinações de bandas, cores e contrastes, de modo que possa se extrair o máximo de informações das imagens. Na Figura 6 são demonstradas partes das composições sintéticas RGB 321, 432 e 543 após a aplicação da técnica de contraste linear no SPRING.



**Figura 6** – Composições sintéticas RGB do Satélite Landsat após a aplicação da técnica de contraste linear.

### 3.5.4 Classificação digital supervisionada

A classificação digital de imagens, de acordo com Venturieri e Santos (1998) consiste no estabelecimento de um processo de decisão no qual um grupo de *pixels* é definido como pertencente a uma determinada classe. Neste sentido, os sistemas computacionais auxiliam o usuário na interpretação das imagens orbitais.

Para Crósta (1992), classificar imagens de Sensoriamento Remoto é associar a cada *pixel* uma informação qualitativa (atributo), na qual os valores de nível de cinza que cada *pixel* possui podem ser associados à reflectância dos materiais que compõem o terreno, estando cada *pixel* ou conjunto de *pixels* associados a uma classe ou tema.

Segundo Novo (2008), o processo de atribuir significado a um *pixel* em função de suas propriedades numéricas é chamado genericamente de “classificação”. As técnicas de classificação visam atribuir a cada *pixel* um rótulo em função de suas propriedades espectrais e/ou espaciais.

A técnica utilizada neste estudo baseia-se no algoritmo MaxVer (Máxima Verossimilhança), que agrupa os *pixels* que provavelmente pertençam a uma mesma classe de interesse. Para o mapeamento da cobertura florestal da microrregião foram adotadas duas classes temáticas: “Floresta”, caracterizada pela cobertura florestal arbórea e “Outros usos”, classe na qual foram incluídos os demais tipos de uso e ocupação da terra presentes na área de estudo, como: campos, agricultura, solo exposto, água e área urbana.

Essa etapa foi realizada independentemente para as diferentes cenas Landsat e para as duas datas avaliadas.

### 3.5.6 Edição das classes e quantificação das áreas

Após a etapa de classificação digital das imagens, para que fosse possível a correta quantificação das áreas, foram selecionadas apenas as áreas de interesse presentes nas cenas Landsat. Para isso, utilizou-se o limite vetorial da microrregião Campanha Central, e através das funções de edição vetorial do aplicativo SPRING,

foram recortadas apenas as áreas contidas no interior da microrregião. Para quantificação das áreas de cada um dos municípios, procedeu-se o recorte com os respectivos limites vetoriais.

### 3.5.7 Elaboração da base cartográfica da microrregião

No intuito de agregar informações relativas à área de estudo e possivelmente relacionar a dinâmica da cobertura florestal com algumas características da microrregião, foi confeccionado um mapa de base cartográfica, contendo a malha viária (principal e secundária) e a rede de drenagem. Os arquivos vetoriais correspondentes a esses planos de informação foram obtidos através do IBGE, na escala 1:250.000 e agregados ao banco de dados.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Mapeamento temático da cobertura florestal

Através da classificação digital foi possível analisar a distribuição espacial bem como, quantificar a cobertura florestal e as demais formas de uso e cobertura da terra na microrregião.

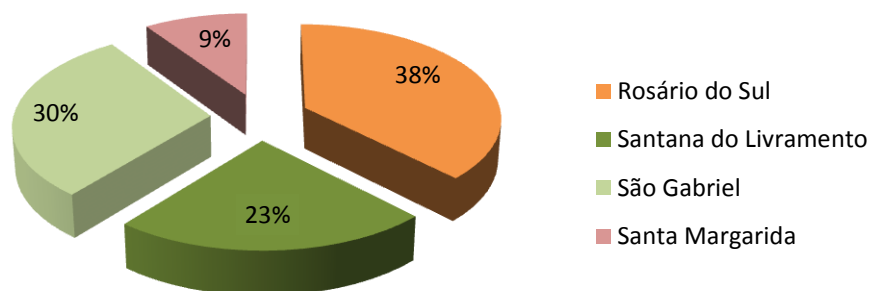
Os resultados obtidos constituem dois mapas temáticos da área florestal, nativa e implantada, na Campanha Central do Rio Grande do Sul, nos anos de 2000 e posteriormente 2010.

De acordo com o mapeamento realizado, a microrregião apresentou um total de 117.917,83 hectares de área florestal no ano de 2000, sendo este valor o equivalente a 6% de sua área total. A classe “outros usos” foi quantificada em 1.899.455,12 hectares, representando 94% da área total, tal valor é significativo para a microrregião, considerando que a economia da região é agrícola, além do que, a vegetação da Campanha é característica da região do Pampa, formada principalmente por campos, estepes e savanas.

A análise da cobertura florestal em cada um dos quatro municípios permitiu identificar que as formações florestais mais significativas encontram-se nos municípios de Rosário do Sul e de São Gabriel, representando, respectivamente, 38% e 30% da área total de florestas analisadas nessa data, Santana do Livramento possui 23% e Santa Margarida do Sul 9% da cobertura florestal, como mostra a Figura 7. Uma particularidade dessa microrregião é que, os municípios de Rosário do Sul e Santana do Livramento, fazem parte da Área de Proteção Ambiental (APA) do Ibirapuitã, criada no ano de 1992, sendo uma das suas finalidades conservar e recuperar a mata ciliar da região, fator determinante para que esses municípios venham a preservar suas florestas nativas e passem a ter cobertura florestal nativa mais significativa que os demais, como já é o caso de Rosário do Sul.

No mapa temático da cobertura florestal na Campanha Central no ano 2000 (Figura 9), é possível perceber nitidamente em quais locais apresenta-se uma

cobertura arbórea mais expressiva. Na maioria das vezes, essas florestas estão localizadas junto aos cursos de água, sob a forma de mata ciliar.



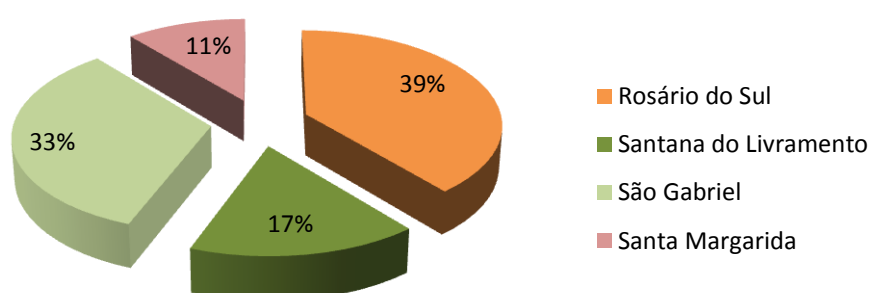
**Figura 7** – Percentual da cobertura florestal por município em relação a área total da microrregião Campanha Central no ano de 2000.

O mapeamento temático, realizado através da classificação digital das imagens de 2010, permitiu quantificar a cobertura florestal na área de estudo nesse último ano. A microrregião Campanha Central apresentou uma área de 210.508,82 hectares de cobertura florestal, passando a representar o equivalente a 10% de sua área total. A classe temática “outros usos” apresentou uma área de 1.806.864,13 hectares, representando 90% de sua área total. Pode-se perceber um aumento expressivo de florestas plantadas, além do que, pode-se considerar que a região está passando por uma transição na sua cobertura vegetal.

Hendges (2007) descreve um aumento na cobertura florestal para quase todas as regiões do Estado do Rio Grande do Sul no ano de 2020, sendo o mais significativo para reflorestamento com espécies exóticas, contando com um acréscimo de 72% em relação ao ano de 2007.

Nessa data de análise, os municípios que apresentaram cobertura florestal mais significativa foram Rosário do Sul e São Gabriel, representado 39% e 33%, respectivamente, da área total da microrregião, como representado na Figura 8.

Observa-se que o município de Santa Margarida do Sul passou a ter uma cobertura florestal bastante expressiva, com 23.167,73 hectares; se comparado, por exemplo, com Santana do Livramento, que possui 35.323,96 hectares de florestas e uma extensão territorial seis vezes maior do que Santa Margarida do Sul. A partir da Figura 10, é possível observar as mudanças na distribuição espacial e a expansão da cobertura florestal na microrregião.



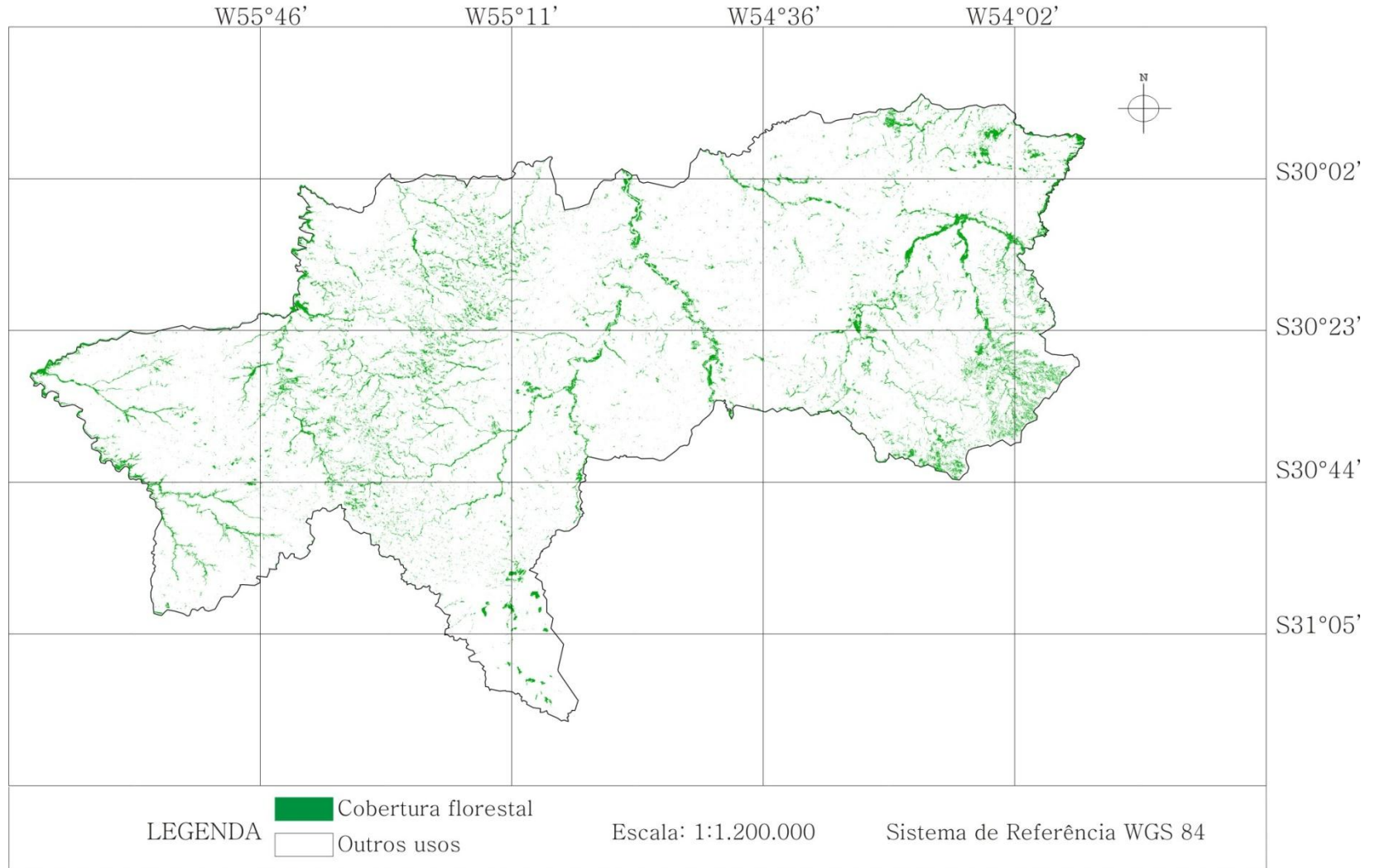
**Figura 8** – Percentual da cobertura florestal por município em relação a área total da microrregião Campanha Central no ano de 2010.

#### 4.2 Mapeamento da base cartográfica

De acordo com os resultados obtidos a Rede viária totalizou 3.541 Km, e é considerada relevante para a expansão da silvicultura na microrregião Campanha Central, pois facilita o transporte e deslocamento de matéria-prima e subprodutos aos povoados florestais. O mapeamento da Rede hidrográfica totalizou 7.716 Km, e abrangeu todos os cursos d'água presentes na Microrregião Campanha Central, de modo que tais cursos correlacionam-se com a cobertura florestal, pois conforme a Legislação Florestal todo curso d'água deve possuir uma Área de Preservação Permanente (APP), o que pode ser notado no mapeamento temático da região tanto no ano 2000 como 2010.

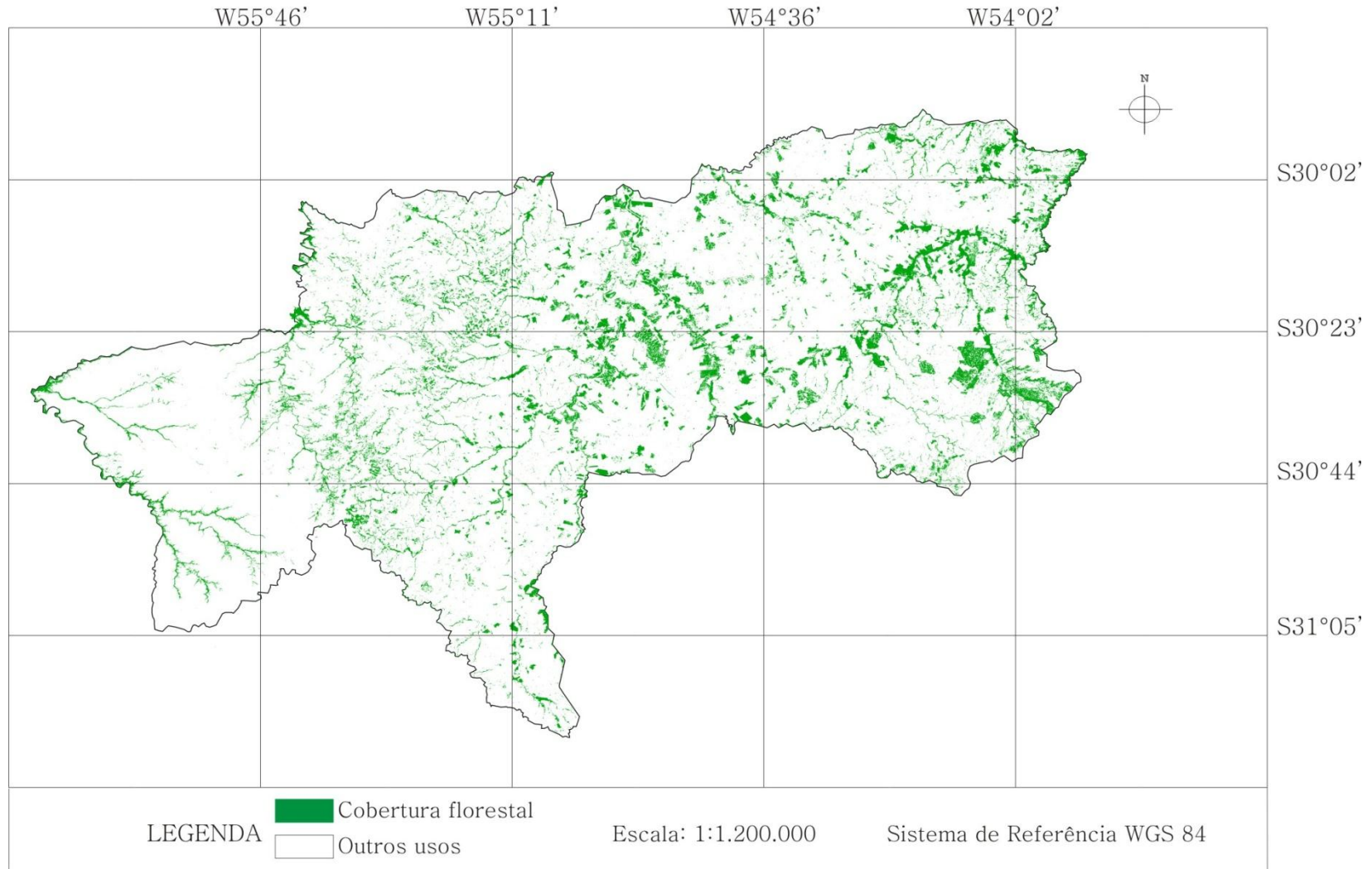


### Mapa da cobertura florestal da Microrregião Campanha Central em 2000



**Figura 9** – Mapa temático da cobertura florestal na microrregião Campanha Central em 2000.

## Mapa da cobertura florestal da Microrregião Campanha Central em 2010



**Figura 10** – Mapa temático da cobertura florestal na microrregião Campanha Central em 2010.

## Mapa base cartográfica da Microrregião Campanha Central

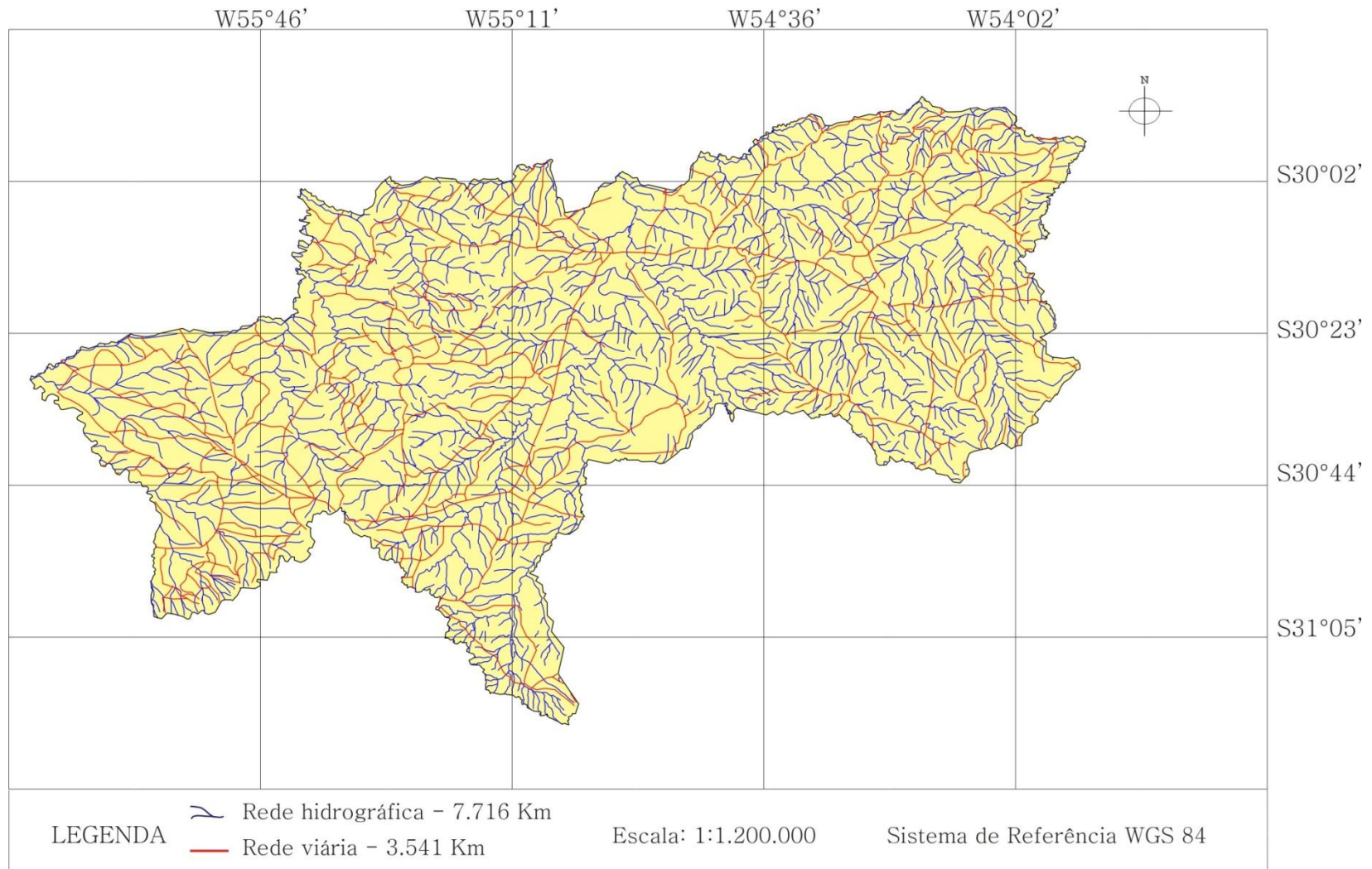


Figura 11 – Mapa base cartográfica da microrregião Campanha Central em 2010.

### 4.3 Dinâmica temporal da cobertura florestal no período de dez anos

O mapeamento da série temporal de imagens indicou que a cobertura florestal apresentou um aumento significativo no período de 10 anos em toda a microrregião. No ano de 2000 a região possuía uma área de 117.917,83 hectares de cobertura florestal, sendo que a área de florestas plantadas era pouco perceptível nas imagens. Já no ano de 2010, a microrregião totalizou uma área 210.508,82 hectares, e uma expansão de 92.590,99 hectares.

Como pode ser observado na tabela 4, todos os municípios apresentaram um acréscimo na cobertura florestal. As alterações mais significativas foram respectivamente em, Santa Margarida do Sul (106,44%), São Gabriel (100,03%), Rosário do Sul (84,98%) e Santana do Livramento (29,09%) em relação à área total de florestas quantificada no próprio município em 2000. A Figura 12 apresenta essas relações.

**Tabela 4** - Quantificação da cobertura florestal por município da microrregião Campanha Central, nos anos de 2000 e 2010.

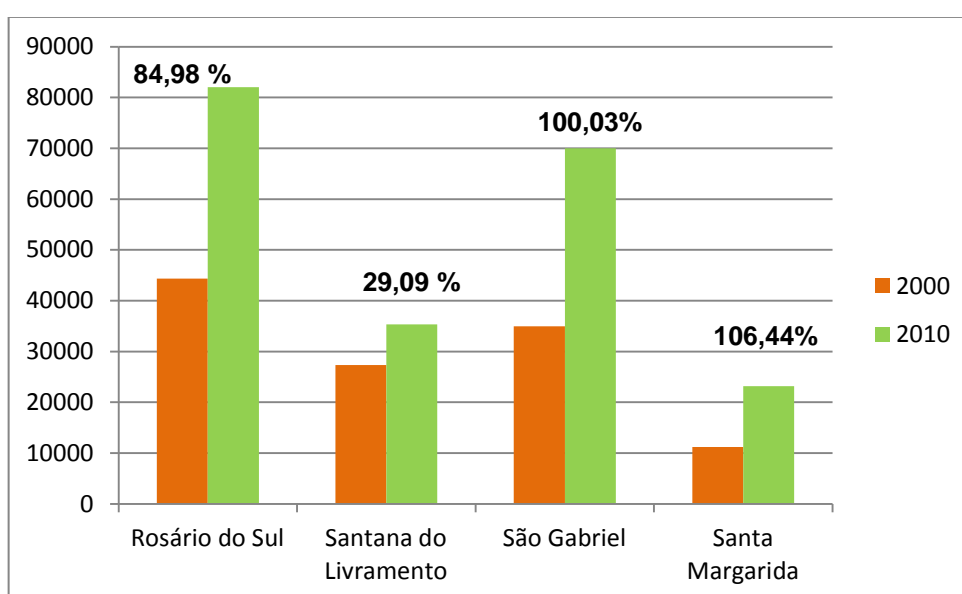
Município	Área em 2000 (ha)	Área em 2010 (ha)	Expansão (ha)
Rosário do Sul	44.346,24	82.032,11	37.685,9
Santana do Livramento	27.362,39	35.323,96	7.961,57
São Gabriel	34.987,09	69.985,02	34.997,9
Santa Margarida do Sul	11.222,11	23.167,73	11.945,6
<b>Total</b>	<b>117.917,83</b>	<b>210.508,82</b>	<b>92.590,99</b>

Esse acréscimo pode estar associado ao programa de apoio à silvicultura, que incentivou as práticas de reflorestamento por parte dos produtores rurais, bem como, a aquisição de terras por empresas do setor na microrregião.

Rosário do Sul instalou no município povoamentos de *Citrus spp.* e de *Eucalyptus spp.*, fator contribuinte para o aumento da cobertura florestal nesse município.

O aumento da cobertura florestal da cobertura florestal em Santa Margarida do Sul se dá devido ao investimento de uma empresa privada, que realizou o plantio de 3.927 hectares de espécies exóticas, principalmente dos gêneros *Eucalyptus*, *Pinus* e *Acacia* por meio de florestamentos e reflorestamentos, com intuito de suprir a demanda de matéria prima por parte de empresas do setor de celulose e papel, fortalecendo o setor industrial e movimentando a economia local. Já em Santana do Livramento não houve aumento tão expressivo na cobertura florestal se comparado aos demais municípios, fato que pode estar relacionado às principais fontes de renda da economia do município, baseada na pecuária e no comércio.

Além disso, verifica-se um aumento de florestas nativas em todos os municípios, que pode ser explicado pelos programas de recuperação e preservação da mata ciliar e pela imposição da legislação vigente.



**Figura 12** - Evolução da cobertura florestal na microrregião Campanha Central, nos anos 2000 e 2010.

A classe temática “outros usos”, representava no ano 2000 um total de 1.899.455,12 hectares e posteriormente no ano de 2010, passou a totalizar 1.806.864,13 hectares, devido à expansão das florestas. Os resultados obtidos indicam que a silvicultura está em plena expansão Campanha Central, e representa uma nova fonte de renda para os municípios integrantes dessa microrregião.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O avanço na área florestal constitui a realidade de boa parte dos municípios do Estado do Rio Grande do Sul. Tal fato pode ser atribuído às restrições impostas pela legislação brasileira. De acordo com a Lei 4771/65, que considera as florestas existentes no território nacional bens de interesse comum à todos os habitantes, portanto consideram-se de Preservação Permanente, as florestas e demais vegetações situadas ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água, proibindo o corte da vegetação em Áreas de Preservação Permanente (APP) e de Reserva Legal (RL), promovendo a evolução das áreas de regeneração para estágios avançados. Soma-se a isto, a incorporação de novas áreas, devido à silvicultura do *Eucalyptus spp.* e *Pinus spp.* em regiões tradicionalmente agrárias, como a Campanha Central.

O mapeamento temático permitiu avaliar a expansão da cobertura florestal, identificar os municípios que mais se destacaram, e quantificar a área. Além disso, a metodologia utilizada indica que as técnicas de processamento digital e classificação digital de imagens digitais de média resolução espacial, como as do satélite Landsat são adequadas para esse tipo de mapeamento.

Essa expansão florestal na microrregião Campanha Central pode aumentar nos próximos anos, tendo em vista que os produtores rurais têm buscado novas alternativas econômicas, além disso, existe o abandono de terras e a dificuldade de manejo das mesmas também são fatores contribuintes. Na região também há um grande incentivo de empresas privadas, produtoras de papel e celulose, bem como a aquisição de terras e/ou matéria-prima. Em muitas propriedades rurais, a prática da silvicultura vem sendo empregada na forma de consórcio com culturas agrícolas e com a pecuária (sistemas agrossilvipastoris), acenando como uma fonte alternativa de renda para os produtores.



## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACCIOLY, L. J. O.; COSTA, T. C. C.; OLIVEIRA, M. A. J.; SILVA, F. H. B. B.; BURGOS, N. O papel do sensoriamento remoto na avaliação e no monitoramento dos processos de desertificação do semi-árido brasileiro. In: Simpósio Regional de Geoprocessamento e sensoriamento Remoto, 1., 2002, Aracaju. **Anais...** Campinas

AGEFLOR, Associação Gaúcha de Empresas Florestais. Disponível em: <<http://www.ageflor.com.br>> Acesso em: 30 mar. de 2011.

ALVES, H. Q., REZENDE, A. C. P., SPOSITO, R. C., Geoprocessamento como Ferramenta de Conservação de Recursos Hídricos e de Biodiversidade: Um Estudo de Caso para o Município de Canarana – MT. **Anais...** XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 3439-3446.

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

ASRAR, G. **Theory and applications of optical remote sensing**. New York : Wiley, 1989. 734p.

AVERY, T. E.; BERLIN, G. L. **Fundamentals of Remote Sensing and Airphoto Interpretation**. 5th ed. New Jersey: Prentice Hall. 1992.

BENEDETTI, A. C. P. **Análise espacial da evolução e cobertura da terra na sub-bacia hidrográfica do Arroio Arenal, Santa Maria/RS**. 126 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

BENETTI, Maria D. Perspectivas de transformações estruturais na economia da Metade Sul do Estado. *Indicadores Econômicos FEE*. v. 34, n. 4, p. 129-142, mar. 2007.

BINKOWSKI, P., Conflitos ambientais e significados sociais em torno da expansão da silvicultura de Eucalipto na “Metade Sul” do Rio Grande do Sul. 2009. 212f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

BOLFE, E. L.; PEREIRA, R. S.; MADRUGA, P. R. A. Geoprocessamento e sensoriamento remoto aplicados à análise de recursos florestais. **Ciência Rural**, v.34, n.1, jan-fev, 2004.

BRACELPA, Associação Brasileira de Celulose e Papel. Disponível em: <<http://www.bracelpa.org.br>>. Acesso em: 30 mar. 2011.

BRASIL. Congresso Nacional. Lei n. 4.771 de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Poder Executivo: Brasília, DF, 16 de setembro de 1965. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L4771.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L4771.htm)> Acesso em: 08 jul. 2011

BURROUGH, P. A. **Principles of geographical information systems for land resources assessment**. Oxford: Clarendon, 1989. 194p.

BURROUGH, P. A.; McDONNEL, R. A. **Principles of Geographical Information Systems**. Oxford: Clarendon Press, 1998. 333p.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. de. Princípios básicos em Geoprocessamento. In: ASSAD. E. D.; SANO E. E. (Org.). **Sistemas de Informações Geográficas: Aplicações na Agricultura**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA, 1998. p. 3-11.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. **Introdução ao Geoprocessamento**. 2001. In: Biblioteca de Divisão de Processamento de Imagens. São José dos Campos, INPE, 2001. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/>>. Acesso em: 01 mai.2011.

CORRÊA, Augusto Ormazabal de Faria. **Percepções dos principais atores envolvidos no zoneamento ambiental na silvicultura do Rio Grande do Sul: uma perspectiva jurídico institucional**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Centro de Estudos e Pesquisas em Agronegócios, Programa da Pós-Graduação em Agronegócios. Porto Alegre: UFRGS, 2009.

CROSTRA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. 4 ed. rev. Campinas: Instituto de Geografia – UNICAMP, 2002. 164 p.

CRÓSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. 1992, 173P. Tese (Doutorado Geociências) - Universidade de Campinas, Campinas, 1992.

CUNHA, E. F., GRAÇA, P. M. L. A., MALDONADO, F. M., Estudo da dinâmica da cobertura/uso da Terra sob influência da BR-319 (trecho Manaus-Careiro Castanho)



a partir de dados multitemporais do sensor TM-Landsat 5. **Anais...** XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 3713-3720

FELIPPE, M. F., BUENO, J., COSTA, A., Desmatamento na Bacia do Rio Mucuri (MG, Brasil) no período de 1989 a 2008: uso de imagens Cbers e Landsat na espacialização dos remanescentes florestais. **Anais...** XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 2713-2720.

FERNANDES, L. R.; ALMEIDA, A. M.; DUARTE, C. R., Evolução da “cobertura vegetal” no município de Carnaúba dos Dantas - região do Seridó/ RN, Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 2721-2728.

FRANZONI, A. M. B. **Aplicação do Sensoriamento Remoto no Monitoramento de Áreas Sujeitas à Degradação Ambiental: o caso da Bacia Hidrográfica do Sangão - SC.**1993.143p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis,1993.

HENDGES, E. R. **Modelos estocásticos da dinâmica da paisagem florestal e simulação de cenários para o Estado do Rio Grande do Sul no período de 1988 a 2020.** 2007. 233 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em 01 abr.2011.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. INPE - São José dos Campos, 2011. Disponível em: <<http://www.inpe.br>> Acesso em 15 mar.2011.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente:** uma perspectiva em recursos terrestres. Tradução José Carlos Neves Epiphanyo (coordenador)... [et al.]. – São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009. 598p.

KAGEYAMA, A. Desenvolvimento Rural no RS. In: SCHNEIDER, S. (Org.). **A diversidade da agricultura familiar.** Porto Alegre, Ed. Universidade/UFRGS, 2006.

LAZZAROTTO, D. R. "O que são geotecnologias". 2002. Disponível em: <<http://www.fatorgis.com.br>>. Acesso em: 01 abr.2011.

LILLESAND, T.M. ; KIEFER, R.W. Remote Sensing and Image Interpretation. . 2a Edition. New York. John Wiley& Sons. 2000. 721p. Forestry, Lake Buena Vista, Florida, 10-12 January 2000.

MALDONADO, F. D.; DOS SANTOS, J. R.; CARVALHO, V. C. Land use dynamics in the semi-arid region of Brazil (Queixaba, PE): characterization by principal component analysis (PCA). **International Journal of Remote Sensing**, v. 23, n. 23, p.5005-2013, december 2002.

MANTOVANI, J. E. ; Pereira, A. Estimativa da Integridade da Cobertura Vegetal do Cerrado através de Dados TM/Landsat. In: IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 1998, Santos, SP. **Anais...IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**. São José dos Campos, SP: INPE, 1998. p. 1455-1466.

MIRANDA, J. I., Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas – Brasília, DF:Embrapa Informação Tecnológica, 2005, 425p.

MENDES, C. A. B. Gestão de recursos hídricos: bacias dos rios Mundaú e Paraíba. Revista Sociedade e natureza. Uberlândia, Ano 3, n.º 5/6, p. 53-58, jan./dez, 1991.

MENESES, P. R.; MADEIRA NETTO, J. S. **Sensoriamento remoto**: refletância dos alvos naturais. Brasília: UnB, Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. 262 p.

MOREIRA, M. A., Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação. Universidade Federal de Viçosa, 2003, 307 p., 2ª edição.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 73 p.

NEVES, N. (1996) - Aplicação de Sistemas de Informação Geográfica em Planejamento Municipal: desenvolvimento de Modelos de Simulação e Decisão, Tese de Doutorado, Universidade de Barcelona, Barcelona.

NOVO, Evelyn M. L. de Moraes. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. São Paulo, SP: Editora Blucher, 2008. 333p.

PONZONI, F. J.; DISPERATI, A. A. **Comportamento espectral da vegetação**. São José dos Campos: INPE, 1995. 37 p. (INPE-5619-PUD/065).

RECHIUTI, L. V. **Processamento de Imagens Digitais**. São José dos Campos: INPE – CTA, 1996. 59p.

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

SANTOS, O. I. B. et al. Perspectivas de desenvolvimento sustentável da Metade Sul do Rio Grande do Sul com base nos arranjos silvícolas emergentes e na produção de etanol a partir de celulose. In: Encontro Nacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente, 9, 2007, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ENGEMA, 2007. p. 1-17.

SEMA - SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE- RS. Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul, 2010. Disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br/default.asp>>. Acesso em: 01 mai. 2011.

SILVA, D. A. da. **Sistemas Sensores Orbitais**. São José dos Campos: INPE – CTA, 1995. 69 p.

SILVA, R. M. **Introdução ao Geoprocessamento**: conceitos, técnicas e aplicações. Novo Hamburgo: Feevale, 2007. 176 p.

SILVA, E. M. et al. **Pesquisa operacional: programação linear, simulação**. 3 ed. São Paulo : Atlas, 1998. 184p.

SILVA, J. X.; ZAIDAN, R. T. **Geoprocessamento & análise ambiental: aplicações**. -4ªed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

SOARES FILHO, B. S. **Modelagem da dinâmica de paisagem de uma região de fronteira de colonização amazônica**. 1998. Tese (Doutorado Departamento de Engenharia de Transportes)-Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 1998. 299 p.

STRECK, Edeimar Valdir et al. Solos do Rio Grande do Sul. 2ed. Porto Alegre: EMATER/RS, 2008. 222 p.

TEIXEIRA, M. **Introdução ao Geoprocessamento**. In: SIMPÓSIO SOBRE GEOPROCESSAMENTO, 1997, São Paulo. **Anais..** São Paulo: Espus, 1997. p 1-26.

VENTURIERI, A.; SANTOS, J. R. dos. Técnicas de classificação de imagens para análise da cobertura vegetal. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. (Org.). **Sistemas de Informações Geográficas: Aplicações na Agricultura**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA, 1998. p. 351-371.

VETTORAZZI, C. A., FERRAZ F. B., FERRAZ S. B. I Curso Introdutório sobre Geotecnologias aplicadas à Gestão Ambiental. IPEF/ESALQ/USP – Piracicaba, 2000, 97 p.

WIKIPÉDIA, **A Enciclopédia Livre**. Disponível em <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Hsv>>. Acesso em: 08 jul. 2011