

## **Evolução multitemporal do uso e cobertura da terra no município de São Gabriel, RS**

Maria Aparecida Possati dos Santos<sup>1</sup>

Roberta Aparecida Fantinel<sup>1</sup>

Aline Nogueira Palmeira<sup>1</sup>

Josielle Marta<sup>2</sup>

Ana Caroline Paim Benedetti<sup>1</sup>

Ana Paula Fleig Saidelles<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Pampa - UNIPAMPA

Av. Antônio Trilha, 1847 – São Gabriel - RS, Brasil

cida-possati@hotmail.com; roberta.fantinel@bol.com.br; palmeira.aline@yahoo.com.br;

{anabenedetti, anasaidelles}@unipampa.edu.br

<sup>2</sup> Universidade Federal de Santa Maria - UFSM

Av. Roraima, s/n – Camobi, Santa Maria - RS, Brasil

josiellemarta@hotmail.com

**Abstract.** This work investigates the dynamics of the classes of land use and cover in the *São Gabriel - RS*, through the representation of space-time processes. Spatial analysis of a distinct time series among the dates of June of 1985, and Abril of 2010 through a set of sensor TM images was performed. The methodology consisted of the following steps: download and import of satellite images, digital image processing, observation of patterns land use and land cover and digital classification. Among the main results, it is highlighted the predominance of the fields in the regional landscape, occupying 79% of the area and the great forest advance on these areas. The results were thematic maps that quantify and illustrate the spatial distribution of classes cover in the two dates. Were confirmed the following changes: an increase of 308.79 km<sup>2</sup> of forest, reduction of 878.2 km<sup>2</sup> grassland, an increase of 569.58 km<sup>2</sup> of bare soil and reduction of 0.17 km<sup>2</sup> of water. On maps it was possible to verify the forest expansion, may be associated with abandonment of agricultural areas and livestock in recent decades, is also influenced by reforestation of exotic species. This digital database can be useful to the municipal administration, to research institutions and associations of farmers, to support the planning and land management.

**Palavras-chave:** imagens TM, classificação digital, uso e cobertura da terra, TM images, digital classification, land use and land cover.

### **1. Introdução**

Mudanças na paisagem podem ser monitoradas através de imagens oriundas de sistemas sensores orbitais, os quais permitem uma análise atualizada e confiável dos padrões de uso e cobertura da terra. Tais padrões podem ser localizados e quantificados por meio de técnicas de processamento digital de imagens estruturadas em um Sistema de Informações Geográficas (SIG), que constituem uma ferramenta importante para a integração de informações sobre recursos naturais e a geração de mapas temáticos. De acordo com Câmara & Medeiros (1998), o objetivo principal de um SIG é fornecer ferramentas computacionais para que diferentes analistas determinem a evolução espacial e temporal de um fenômeno geográfico. Um exemplo desses fenômenos constitui-se na evolução do uso e da cobertura de uma determinada porção da superfície terrestre.

O Sensoriamento Remoto segundo Avery e Berlin (1992) e Meneses (2001), consiste em uma técnica para obter informações sobre objetos através de dados coletados por instrumentos que não estejam em contato físico como os objetos investigados. Esta técnica tem sido utilizada para a caracterização de mudanças na superfície, para a comparação do estado de alvos em diferentes épocas e em diferentes localizações e para a determinação de parâmetros da superfície com base em

modelos que usam as medidas de radiação refletida pela superfície Antunes & Tavares Júnior, 2005; Teillet et al., 2001).

Segundo Oliveira & Kawakubo (2004), a comparação de dados de diferentes épocas, para uma mesma região, é conhecida como análise multitemporal. Este tipo de trabalho permite evidenciar e caracterizar as modificações ocorridas no tipo de cobertura do solo de um determinado local.

No presente trabalho, a análise do uso e cobertura da terra do município de São Gabriel-RS, é motivada pela recente implantação de povoamentos florestais, bem como mudanças nos setores da economia, a implantação do novo Código Florestal e a retomada do crescimento econômico da região da Metade Sul do Rio Grande do Sul nos últimos anos. No ano de 2003, o Programa Estadual de Florestamento previa fomentar a atividade comercial de florestas em municípios da Metade Sul através da implantação de 40 mil hectares de maciços florestais (SANTOS et al., 2007).

São Gabriel tem sua economia baseada na pecuária extensiva e na agricultura. No entanto, devido aos recentes investimentos de empresas do setor florestal, os reflorestamentos expandiram-se no município e na região, acompanhando a demanda por produtos madeireiros do mercado internacional e já denotam mudanças na paisagem regional.

## 2. Características da Área de Estudo

O município de São Gabriel está inserido na mesorregião Metade Sul, estado do Rio Grande do Sul (Figura 1). Está situado entre as coordenadas geográficas de  $30^{\circ}46'42''$  e  $29^{\circ}53'28''$  de Latitude Sul e  $54^{\circ}52'50''$  e  $53^{\circ}52'01''$  de Longitude Oeste. É parte do Bioma Pampa e da microrregião Campanha Central. Sua população total compreende 59.337 habitantes, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010).



Figura1. Localização da área de estudo dentro no estado do Rio Grande do Sul.

Dentre as principais características fisiográficas destacam-se: temperaturas máximas de  $31^{\circ}$  nos meses de dezembro e janeiro e mínimas em torno de  $8^{\circ}$  no mês de junho. Os meses mais chuvosos são junho e outubro, com precipitação pluviométrica em torno de 200 milímetros ao mês. A geologia apresenta derrames basálticos, afloramentos areníticos e grandes aluviões nas planícies fluviais. O relevo é suave, de altitudes entre 60 e 120 metros, ultrapassando 300 metros em coxilhas. Na região da Campanha, são encontrados solos hidromórficos de terras baixas, situados em áreas adjacentes às várzeas, de relevo suave ondulado a plano, e que, eventualmente, são usados com a cultura do arroz irrigado (Pinto et al.; 1999).

De acordo com o trabalho de classificação da vegetação do Estado do Rio Grande do Sul (IBGE, 1992) e o mapa de vegetação do estado (IBGE, 2004), o município de São Gabriel abrange quatro regiões fitoecológicas: Estepe, Área das Formações Pioneiras, Floresta Estacional Decidual e a Área de Tensão Ecológica. A região da Estepe é a mais representativa, cobrindo cerca de 77,76% da área total do município. As áreas das Formações Pioneiras e da Floresta Estacional Decídua ocupam, respectivamente, 11,64% e 8,82% do território.

Em São Gabriel está localizada a nascente do Rio Vacacaí; seus principais afluentes pela

margem esquerda são: o Rio dos Corvos e o Arroio Arenal. O Rio dos Corvos é hoje ocupado pela atividade agrícola, já o Arroio Arenal apresenta próximo ao seu histórico uma intensa atividade extrativa de areia para a construção civil (SHS, 1996).

O município tem sua base econômica ligada principalmente à agropecuária, predominando a produção de arroz, soja e gado de corte. Dados da prefeitura municipal estimam, na última safra, uma produção de 32.000 ha de soja, 30.000 ha de arroz e 3.000 ha de milho. A criação de gado de corte em sistema de pastoreio extensivo e a bovinocultura de leite totalizam 450.000 cabeças, a ovinocultura 130.000 cabeças aproximadamente.

### 3. Metodologia de Trabalho

Para execução da pesquisa foram interpretadas imagens da série Landsat 5, sensor *Thematic Mapper*, resolução espacial 30 metros, datadas de 14/06/1985 ano que constitui o primeiro registro de dados disponíveis. Após, procedeu-se a análise da imagem TM de 30/04/2010. A órbita-ponto no sistema de referência (WRS) é 223-081, e as bandas espectrais processadas foram: 1, 2, 3, 4 e 5. Os satélites Landsat têm o mesmo período de revisita (16 dias), a mesma grade de referência (WRS) e a mesma área imageada (185 x 185 km por cena). A conservação destes parâmetros técnicos na série facilita a pesquisa de imagens e a perfeita integração para uso simultâneo em um projeto de mesma área, como por exemplo, em um estudo multitemporal.

Os arquivos foram obtidos através do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e posteriormente importados em um banco de dados espaciais do SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas).

As imagens, originalmente disponíveis em formato *GeoTiff*, foram convertidas e registradas no SPRING, sendo geometricamente corrigidas com base nas cartas topográficas da Diretoria de Serviço Geográfico do Exército, abrangentes da área de estudo, as quais são: Umbu, Coxilha do Pau Fincado, Dilermando de Aguiar, Sanga da Laranjeira, Azevedo Sodré, Tiarajú, Posto Queimado, Rio Vacacaí, Rosário do Sul, Estância do Meio, São Gabriel, Rufino Farias, Estância da Barra, Suspiro, Lagoa da Meia Lua, Arroio América e Coxilha do Tabuleiro, todas na escala 1:50.000.

O processamento digital constitui-se na manipulação e análise de uma imagem por computador, de modo que a entrada e a saída do processo sejam também imagens (Rechiuti, 1996). Nessa etapa, foram então elaboradas as seguintes composições sintéticas a partir das bandas espectrais, conforme recomenda INPE 2010:

**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.

O processamento digital compreendeu a técnica de contraste linear, usada para realce e melhor observação das feições de interesse (Novo, 1998; Jensen, 2009), dos padrões de uso e cobertura da terra presentes no município.

Posteriormente, foi efetuada a classificação digital de imagens, que consiste no estabelecimento de um processo de decisão, no qual um grupo de *pixels* é definido como pertencente a uma determinada classe (VENTURIERI & SANTOS, 1998). Essa técnica foi utilizada para, de acordo com o algoritmo *MaxVer* (*Máxima Verossimilhança*), agrupar *pixels* que apresentam maior probabilidade de pertencer a uma determinada classe e posterior quantificação dos padrões analisados, os quais foram: floresta, campo, solo agrícola e água. Segundo Mazza (2000), para que esta classificação seja precisa, é necessário um número razoavelmente elevado de *pixels* para cada conjunto de amostras de treinamento.

#### 4. Resultados e Discussão

Os resultados obtidos compreendem dois mapas temáticos que apresentam a distribuição espacial das classes durante o período de estudo.

As amostras de treinamento, tomadas sobre as imagens TM, bem como os resultados da classificação digital supervisionada para as duas datas, foram avaliadas estatisticamente através do coeficiente *Kappa*. Segundo Congalton & Green (1999), este coeficiente é baseado na diferença entre a concordância observada (diagonal principal da matriz de confusão com a concordância entre a classificação e os dados de referência) e a chance de concordância entre os dados de referência e uma classificação aleatória (produto entre as totais marginais da matriz de classificação), sendo seu valor calculado pela (Equação 1):

$$K = \frac{r \sum_{i=1}^r x_{ij} - \sum_{i=1}^r x_i + x_i}{N^2 - \sum_{i=1}^r x_i + x_i}, \text{ em que:} \tag{1}$$

*r* = Número de classes;

*x<sub>ii</sub>* = Número de elementos classificados corretamente;

*x<sub>i+</sub>* = Total de elementos classificados para uma categoria *i*;

*x<sub>+i</sub>* = Total de elementos de referência amostrados para uma categoria *i*;

*N* = Número total de amostras.

Com base na equação acima, e de acordo com os valores calculados na matriz de erros da classificação digital para as datas de 1985 e 2010 foram calculados os seguintes coeficientes *Kappa*:

$$K_{1985} = \frac{(11072 \cdot 11057) - 31624940}{(11072 \cdot 11072) - 31624940} = \frac{90798164}{90964244} = 0,998$$

$$K_{2010} = \frac{(14868 \cdot 14861) - 59418632}{(14868 \cdot 14868) - 59418632} = \frac{161534716}{161638792} = 0,999$$

Landis e Koch (1977) propõem uma escala de avaliação da qualidade da classificação digital pela análise do coeficiente *Kappa*, descrita na Tabela 1:

Tabela 1. Qualidade da classificação segundo intervalos do coeficiente *Kappa*.

Valor <i>Kappa</i>	Qualidade da Classificação
< 0,00	Péssima
0,00 – 0,20	Ruim
0,20 – 0,40	Razoável
0,40 – 0,60	Boa
0,60 – 0,80	Muito Boa
0,80 – 1,0	Excelente

Fonte: Landis e Koch (1977).

Os coeficientes calculados indicam, portanto, excelentes resultados para as classificações digitais supervisionadas de 1985 e 2010. Os valores de desempenho geral, indicados na matriz de erros da classificação, foram respectivamente de 99.86 % e 99.9%. Tais valores denotam,

igualmente, boa qualidade aos resultados.

Na Tabela 2 são apresentados os valores quantificados através do mapeamento temático efetuado para as duas datas analisadas.

Tabela 2. Quantificação das classes temáticas no município de São Gabriel – RS nos anos de 1985 e 2010.

Classe Temática	Área em 1985 (Km <sup>2</sup> )	Área em 2010 (Km <sup>2</sup> )	Alteração (Km <sup>2</sup> )
Floresta	418,35	727,14	308,79
Campo	4590,04	3711,84	-878,2
Solo Agrícola	772,39	1341,97	569,58
Água	74,44	74,27	-0,17
<b>Área Total</b>	<b>5855,22</b>	<b>5855,22</b>	<b>-</b>

Nos gráficos ilustrados na Figura 2 é apresentada a evolução das classes nas duas datas analisadas.



Figura 2. Evolução percentual das classes temáticas no município de São Gabriel – RS entre os anos de 1985 e 2010.

As Figuras 3 e 4 ilustra o mapeamento do uso e cobertura da terra no município de São Gabriel – RS, nos anos de 1985 e 2010. É possível observar mudanças significativas tanto na distribuição espacial como na quantificação dessa classe, decorridas no intervalo de 25 anos.

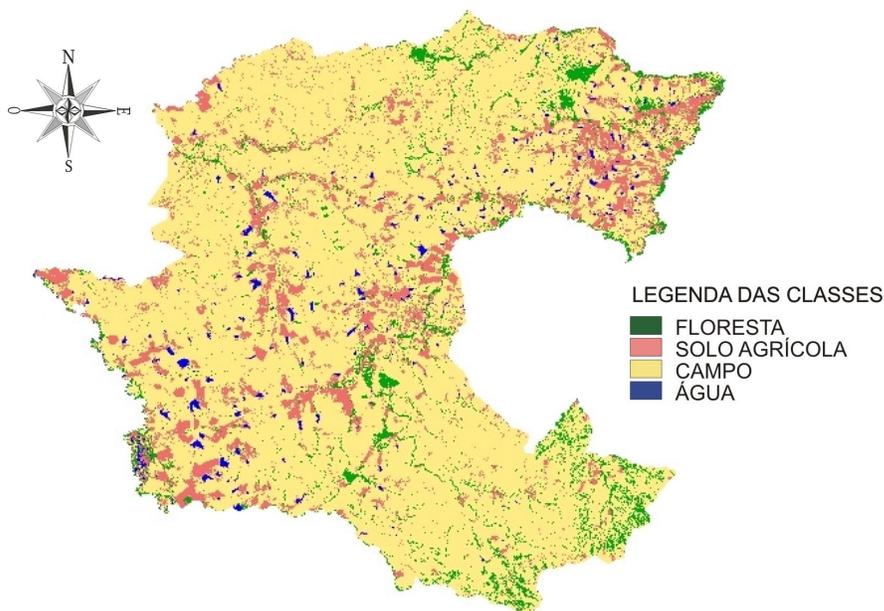


Figura 3. Mapa temático de uso e cobertura da terra no município de São Gabriel – RS em 14/06/1985.

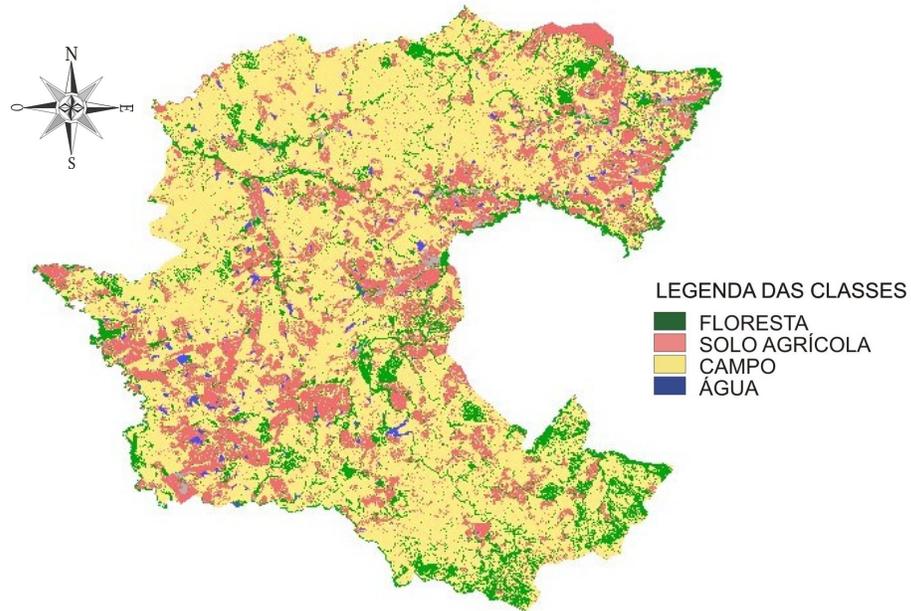


Figura 3. Mapa temático de uso e cobertura da terra no município de São Gabriel – RS em 30/04/2010.

Através do mapeamento é possível verificar o acréscimo em área durante o período analisado. A expansão da cobertura florestal pode ser associada ao abandono de áreas agrícolas e de pecuária nas últimas décadas; bem como influenciada pela imposição da legislação florestal vigente. Os campos são predominantes no município, sendo utilizados, em sua maioria, para o pastoreio extensivo do gado. A classe solo agrícola compreende áreas em pousio nesse período do ano, usadas para o cultivo do arroz e da soja. A cobertura florestal vem aumentando no município, e vem a somar-se às atividades agropecuárias, contribuindo para o crescimento econômico da região.

## 5. Conclusões

Os resultados obtidos indicam que as técnicas de processamento e classificação digital de imagens orbitais de média resolução espacial, como as do satélite Landsat, são adequadas para análise e mapeamento de classes de uso e cobertura da terra de um município. Quanto à cobertura florestal, classe de alterações mais significativas, a expansão pode estar associada à desocupação de áreas agrícolas e de pecuária, bem como influenciada pelo reflorestamento de espécies exóticas no fim do período. No ano de 2010, o acréscimo em área florestal, deve-se, principalmente ao fim da crise econômica e ao retorno dos investimentos em silvicultura na região.

Esta base de dados digitais pode ser útil à administração municipal, à órgãos de pesquisa e associações de produtores rurais, atuando como uma ferramenta de auxílio à formulação de políticas públicas, para o planejamento e a correta gestão territorial. Portanto, a utilização do Sensoriamento Remoto aliado aos SIG, tornam-se de fundamental importância, pois contribui na análise dinâmica temporal da transformação da paisagem.

## Referências Bibliográficas

- ANTUNES, M. A. H. TAVARES JÚNIOR J. B. Calibração do sensor CCD-CBERS II com dados do ASTER In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12., 2005, Goiânia. **Anais** São José dos Campos: INPE 2005. P. 775-781.
- AVERY, T. E.; BERLIN, G. L. **Fundamentals of Remote Sensing and Airphoto Interpretation**. 5 ed. New Jersey: Prentice Hall. 1992.
- 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.
- CONGALTON, R. G.; GREEN, K. **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices**. New York: Lewis Publishers, 1999. 136 p.
- IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 16 de nov. 2010.
- INPE** - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 2010. Disponível em: <http://www.inpe.br>. Acesso em: 16 de nov. 2010.
- JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres**. São José dos Campos, SP: Parênteses, 2009. 598p.
- LANDIS, J.R.; KOCH, G. G. The measurement of observer for categorical data. **Biometrics**. New York, v. 33, n. 1, p. 159 – 174, 1977.
- MAZZA, C. A. S. **Distribuição espacial da bracinga na região metropolitana de Curitiba com imagens de satélite Landsat**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 23p.
- NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1998. 308p.
- OLIVEIRA, J.M; KAWAKUBO, F. S. **Análise multitemporal do uso do solo e da cobertura vegetal nos municípios de Areado e Monte Belo (MG) utilizando imagens Landsat MSS e TM**. Revista *Árvore*. v.32 n.3. Viçosa. 2004.
- PINTO, L. F. S.; PAULETTO, E. A.; GOMES, A. da S.; SOUZA, R. O. Caracterização de solos de várzea. In: GOMES, A. da S.; PAULETTO, E. A. **Manejo do solo e da água em áreas de várzea**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. p. 11-36.
- RECHIUTI, L. V. **Processamento de Imagens Digitais**. São José dos Campos: INPE – CTA, 1996. 59p.
- VENTURIERI, A.; SANTOS, J. R. dos. Técnicas de classificação de imagem 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.