

## Ocupação das terras e banco de dados geográficos para o desenvolvimento do Sul do Rio Grande do Sul

Otávio João Wachholz de Siqueira <sup>1</sup>

Edson Luis Bolfe <sup>1,2</sup>

Rudiney Soares Pereira <sup>3</sup>

José Maria Filippini Alba <sup>4</sup>

Adalberto Koiti Miura <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA/CPATC  
Caixa Postal 44 - 49001-970 - Aracaju - SE, Brasil  
otaviojs@cpatc.embrapa.br

<sup>2</sup> Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP/IG  
Caixa Postal 6152 - 13083-870 - Campinas - SP, Brasil  
bolfe@ige.unicamp.br

<sup>3</sup> Universidade Federal de Santa Maria – UFSM/CCR  
RS 509 Km 09 - 97105-900 - Santa Maria - RS, Brasil  
rudiney.s.pereira@gmail.com

<sup>4</sup> Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA/CPACT  
BR 392 Km 78 - 96001-970 - Pelotas - RS, Brasil  
{ filippini, amiura }@cpact.embrapa.br

**Abstract.** Geoprocessing and remote sensing techniques were used in order to quantify and qualify land occupation for 35 municipalities of the Southern region of the Rio Grande do Sul State. Supervised classification of Landsat TM5 satellite images from 1995 were used for the establishment of nine land occupation classes: pasture, natural forest, reforested areas, swampy lands, dunes, water, agriculture/undcovered soils, urban areas and cloud cover. Pasture and agriculture corresponded average values near 83% at internal municipal level; less than 5% were assigned for each of the others. Some uncertainty were associated to undercovered soils due to the significant presence of rocks in the surface for higher soils and to the cloud cover at the littoral regions. Illustration of the spatial distribution of the land cover classes are presented for the municipality of Bagé, complemented with quantified values, showing location and quantities associated at sub-districtal bases, as an important support for territorial planning.

**Palavras-chave:** geoprocessing, land occupation, South-RS, geoprocessamento, ocupação das terras, Sul-RS.

### 1. Introdução

A elevação da população e o incremento das exportações de produtos agropecuários têm gerado um crescimento da fronteira agrícola no País, porém esta elevada demanda de novas terras agricultáveis e a busca de alternativas tecnológicas de menor impacto aos recursos naturais caminha aliada à otimização das áreas já cultivadas, culminando na agricultura de precisão. Assim a ocupação agropecuária, o uso da terra e as políticas agrícolas e agrárias, têm sido objeto constante de estudos de instituições governamentais e não governamentais do País.

Dessa forma, faz-se necessário o mapeamento e o monitoramento das áreas agropecuárias, objetivando o levantamento de dados para fins de planejamento agrícola e controle ambiental, entre outros. Para tanto, avaliações qualitativas e quantitativas, em escalas locais, municipais e regionais tornam-se relevantes, especialmente quando objetiva-se analisar a distribuição espacial de componentes.

Tradicionalmente, o levantamento e a qualificação dos fatores de uso da terra são dificultados por demandarem fluxos expressivos de informações, que requerem alocação, detalhamentos, organização, interpretação, e principalmente, armazenamento adequado que assegure a confiabilidade de banco de dados espaço-temporal. Segundo Assad e Sano (1998), banco de dados é um conjunto de arquivos estruturados que facilita o acesso a conjuntos de informações que descrevem determinadas entidades do mundo. Torna-se possível sistematizar tais informações através da utilização de técnicas de geoprocessamento e de sensoriamento remoto. Conforme Teixeira *et al.* (1997) geoprocessamento é a tecnologia que abrange o conjunto de procedimentos de entrada, manipulação, armazenamento e análise de dados espacialmente referenciados.

Neste contexto, o levantamento e a análise do uso da terra no Brasil, em especial na região sul do Rio Grande do Sul torna-se de interesse fundamental para a compreensão dos padrões de organização do espaço e motiva a busca de metodologias e escalas mais apropriadas na elaboração de mapeamentos temáticos. Os dados gerados por esses mapeamentos são relevantes para o conhecimento da dinâmica ocupacional da região e para amparar programas de desenvolvimento regional em suas diferentes escalas.

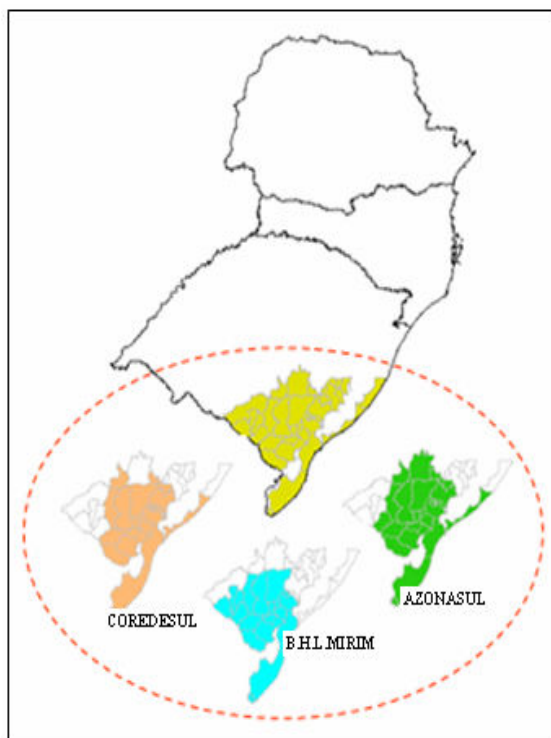
O monitoramento, direcionado a atualização de informações sobre o uso da terra, assume importância na medida em que detecta usos desordenados, causadores de deterioração no ambiente. As informações decorrentes oferecem suporte ao planejamento e execução de ações técnicas, na medida que incorporam dados históricos do uso da terra. Neste sentido inserem-se os sistemas de informações geográficas (SIG), como eficiente ferramenta de suporte. SIGs, segundo Burrough (1989), são conceituados como aplicativos constituídos de cinco módulos, onde 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.

Neste estudo objetivou-se realizar o levantamento do uso das terras da região Sul do Estado do Rio Grande do Sul, por meio da utilização de geotecnologias, gerando dados e informações na escala municipal, tendo em vista a compreensão da dinâmica ocupacional e o oferecimento de subsídios para a ordenação do espaço geográfico e o desenvolvimento sustentável para a região. O trabalho foi centralizado na Embrapa Clima Temperado e executado através do projeto “Tecnologias e informação para o desenvolvimento do Extremo Sul, RS”, tendo contado com suporte da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (Protocolo 00-2345-3).

## **2. Material e Métodos**

A área do presente estudo abrange a região Sul do Rio Grande do Sul, situada entre coordenadas 55° 00' / 50° 10' W e 30° 30' / 33° 45' S, integrando 35 municípios: Aceguá, Amaral Ferrador, Arambaré, Arroio do Padre, Arroio Grande, Bagé, Camaquã, Candiota, Canguçu, Capão do Leão, Cerrito, Cerro Grande do Sul, Chuí, Chuvisca, Cristal, Encruzilhada do Sul, Herval, Hulha Negra, Jaguarão, Morro Redondo, Mostardas, Pedras Altas, Pedro Osório, Pelotas, Pinheiro Machado, Piratini, Rio Grande, Santa Vitória do Palmar, Santana da Boa Vista, São José do Norte, São Lourenço do Sul, Sentinela do Sul, Tapes, Tavares, Turuçu (**figura 1**).

Foram utilizadas imagens do sensor TM (Thematic Mapper) do satélite Landsat 5 (bandas espectrais 1 a 5 e 7, das cenas: 221.081, 221.082, 221.083, 222.081, 222.082, 222.083 e 223.082), as folhas sistemáticas do DSG/Sul, na escala 1:50.000 e sistemas de informações geográficas e de banco de dados (Er Mapper, Idrisi for Windows, Cartalinx e Access) e GPS de navegação e topográfico.



**Figura 1.** Região de estudo – extremo Sul-RS.

Para a consecução das ações deste trabalho dividiu-se as atividades em quatro etapas:

- tratamento digital e registro de imagens,
- classificação digital,
- digitalização da base cartográfica,
- análises espaciais.

Para o tratamento digital e registro das imagens, foi efetuada uma pesquisa junto ao INPE, buscando imagens do satélite Landsat 5 TM, a partir de 1995, com baixa cobertura de nuvens. Processou-se, digitalmente, as diferentes bandas espectrais, elaborando-se inúmeras composições coloridas no intuito de melhor identificar os temas de uso da terra. Após registrou-se as imagens através do sistema de coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator) utilizando-se de pontos de controle obtidos por meio de GPS e as cartas topográficas 1:50.000. A precisão desse processo foi avaliada com base no erro médio quadrático (EMQ).

Para a classificação digital de uso da terra, foram utilizadas as técnicas de classificação digital supervisionada, pelo método de máxima verossimilhança (maxver), conforme Moreira (2003). Através deste método, a distribuição espectral das classes de uso do solo é assumida, estatisticamente, como normal, face que o algoritmo de classificação consiste num princípio estatístico paramétrico, considerando as classes envolvidas uma função da densidade de probabilidade gaussiana. Assim essa classificação foi realizada em função do conhecimento prévio de padrões espectrais das áreas amostrais obtidas por coleta *in loco*. Isso permitiu a seleção de áreas de treinamento confiáveis, definindo-se que o algoritmo classificador opera com base na distribuição de probabilidade de cada classe, realizada em função dos temas de interesse: pastagem natural e cultivada, floresta natural, reflorestamento, banhado e alagadiço, dunas e areia; lâmina d'água; agricultura e solo exposto e área urbana. Posteriormente foi realizada a aferição do mapeamento temático em campo, utilizando-se dos padrões de resposta espectral das imagens e a classificação digital realizada.

No processo de digitalização da base cartográfica, utilizou-se as cartas topográficas do IBGE em escala 1:50.000, obtendo-se informações referentes a rede viária, rede hidrográfica, altimetria, divisão municipal e manchas urbanas, sendo essas últimas atualizadas a partir das composições coloridas realizadas com as imagens de satélite.

Na etapa de análises espaciais efetuou-se a sistematização e a tabulação das informações geocodificadas obtidas na classificação temática e a digitalização da base cartográfica, de forma a estruturar um banco de dados geográficos. Visando analisar a distribuição das classes de cobertura e ocupação das terras da região utilizou-se diferentes análises em ambiente de SIG, consultas espaciais a partir de dados vetoriais, via linguagem SQL, operadores de contexto, operadores matemáticos e avaliações estatísticas.

### 3. Resultados e discussão

As áreas abrangidas pelas classes de cobertura das terras, para os 35 municípios estudados e descritores estatísticos associados, encontram-se apresentados na **Tabela 1**. A área média dos municípios corresponde, aproximadamente, a 1500 km<sup>2</sup>, variando entre 124 km<sup>2</sup> (Arroio do Padre) e 5241 km<sup>2</sup> (Santa Vitória do Palmar). Pastagens naturais/cultivadas e agricultura/solo exposto constituíram-se nas classes de cobertura/ocupação mais expressivas, correspondendo no total dos 35 municípios, respectivamente a 26.012 e 16.901 km<sup>2</sup>, representando, em média, 83% das áreas municipais.

Na **Figura 2** encontra-se representada a expressividade relativa, em âmbito municipal, das diversas classes de cobertura/ocupação das terras. As maiores áreas com cobertura de pastagens foram detectadas nos municípios de Bagé e de Santa Vitória do Palmar (**Tabela 1**). Ao considerar, no entanto, a distribuição relativa, destacam-se os municípios de Pedro Osório, Aceguá, Pedras Altas, Bagé e Jaguarão, situados nas regiões fronteiriças do Uruguai, alcançado percentuais entre 50 a 80% do total a área municipal.

As áreas mais extensas correspondentes à agricultura/solo exposto foram detectadas nos municípios de Encruzilhada do Sul, Canguçu e Piratini, sendo provavelmente associadas, no caso de Piratini, a presença de solos com afloramentos rochosos (**Tabela 1**). Em termos relativos, destacaram-se os municípios de Sentinela do Sul, Mostardas e Encruzilhada do Sul mas os percentuais máximos são inferiores a 60%.

As maiores áreas com florestas naturais foram detectadas nos municípios de Canguçu, São Lourenço do Sul, Piratini, Camaquã e Encruzilhada do Sul, restringindo-se, no entanto, a um percentual máximo, em âmbito municipal, inferior a 16%, sobressaindo-se, neste contexto, os municípios de Sentinela do Sul, Arroio do Padre, Cristal, Chuvisca e Amaral Ferrador.

As áreas mais expressivas com reflorestamentos (pinnus, acácia, eucalipto) foram detectadas em Encruzilhada do Sul e Piratini (**Tabela 1**), representando, no máximo, 15% da área municipal, destacando-se, em termos relativos, os municípios de Encruzilhada do Sul, Santana da Boa Vista e Piratini.

Banhados e alagadiços foram, especialmente, detectados no município de Santa Vitória do Palmar, coincidentemente com a maior concentração, neste município, de áreas de cultivo de arroz irrigado. Os percentuais desta classe de cobertura são inferiores a 12%, destacando-se os municípios de Santa Vitória do Palmar, Chuí, Rio Grande, Mostardas.

Dunas e areia foram evidenciados principalmente em Mostardas, Santa Vitória do Palmar e São José do Norte, com percentual de cobertura municipal inferior a 11%. As maiores extensões de área com lâminas d'água foram detectadas principalmente nos municípios de Santa Vitória do Palmar e Rio Grande, com percentual de cobertura, em âmbito municipal, inferior a 17%.

As áreas urbanas mais expressivas foram detectadas nos municípios de Pelotas, Rio Grande e Bagé, com percentual máximo de cobertura em âmbito municipal de 4%. Cobertura de nuvens foram mais evidenciadas nos municípios litorâneos, correspondendo a valores percentuais

máximos de 10% em Tavares (**Tabela 1**), significando, para estas regiões, incertezas de classificação de cobertura que devem ser avaliadas em trabalhos futuros.

Na **Figura 3** é apresentada a distribuição geral das classes de cobertura/ocupação das terras referentes às regiões de abrangência do Conselho de Desenvolvimento do Sul-RS (COREDESUL), da Associação dos Municípios do Sul (AZONASUL) e da Bacia Hidrográfica da Lagoa Mirim. As duas primeiras entidades constituem-se em importantes unidades geopolíticas regionais e a terceira constitui-se numa importante unidade de gestão ambiental do extremo Sul-RS. A distribuição relativa das diversas classes de cobertura/ocupação foi muito semelhante nas três situações analisadas, destacando-se, conforme referido anteriormente, as classes referentes a pastagens e agricultura. Na região da bacia hidrográfica da Lagoa Mirim detectou-se um aumento relativo de cerca de 5% em pastagens naturais e cultivadas, em relação às demais regiões.

Na **Figura 4** ilustra-se o que corresponderia ao *display* das informações referentes à distribuição espacial das diversas classes de cobertura/ocupação das terras, no âmbito municipal (Bagé, no caso). Embora a representação visual das diversas classes esteja apresentada, para os propósitos deste trabalho, em formato analógico, com baixa resolução, a associação destas informações com as apresentadas na **Tabela 3**, possibilita verificar, por exemplo: (a) evidente predominância no município da classe de pastagens naturais e cultivadas (68%, média distrital), com uma distribuição inter-distrital bastante uniforme (60 a 78%); (b) reflorestamentos concentrados no sub-distrito de Palmas (10%), em contraste com o valor médio em torno de 3%; (c) lâminas d'água concentradas nos sub-distritos de Piraí, José Otávio (10%), sendo associadas a regiões de menor elevação e com restrições associadas à drenagem dos solos; (d) distribuição relativa das áreas sob uso agrícola entre 17% (distrito de Joca Tavares) e 26% em Palmas e com valores médios de cobertura em torno de 21%.

#### 4. Conclusões

Nas condições que o trabalho foi realizado, conclui-se que:

A utilização de imagens do sensor TM (Thematic Mapper) como base de dados para o levantamento da cobertura e ocupação das terras da região Sul do Estado do Rio Grande do Sul, demonstrou-se eficiente e capaz de suprir a necessidade de base de dados regional.

Pastagens naturais e cultivadas constituiu-se na classe de cobertura e ocupação mais expressiva, correspondendo, na média dos 35 municípios, a cerca de 50%, concentrando-se as áreas expressivas na região fronteira com o Uruguai. Agricultura/solo exposto constituiu-se na segunda classe de ocupação das terras da região, com cobertura em âmbito municipal variando entre 15% e 55% e valores médios de cerca de 33%, requerendo estudos complementares tendo em vista a redução de incertezas associadas ao componente "solo exposto". Florestas naturais e reflorestamentos corresponderam, respectivamente, a 16 e 15% da cobertura municipal, em média. As classes de cobertura associadas a banhados/alagadiços, dunas/areia e lâmina d'água atingiram, no máximo 17% da cobertura municipal, tendo correspondido, em média, a uma área de cobertura municipal entre 1 e 2%. A cobertura de nuvens atingiu valores de cobertura municipal de cerca de 10%, requerendo avaliações complementares, especialmente nos municípios litorâneos. Áreas urbanas atingiram no máximo 4%, situando-se, na média dos 35 municípios em valores inferiores a 1%.

#### 5. Referências Bibliográficas

Assad, E. D., Sano, E. E. **Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA, 1998. 434 p.

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

Moreira, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2003. 307 p.

Teixeira, A. L. de A., Moreti, E., Christofolletti, A. **Introdução aos sistemas de informações geográficas**. Rio Claro: Do Autor, 1997. 80 p.

**Tabela 1.** Áreas de ocupação das terras por município em km<sup>2</sup> e descritores estatísticos.

Municípios	PNC	FN	RF	BA	DA	LD	ASE	CN	AU	Total
Aceguá	1110	21	28	36	52	18	286	<1	1	1551
Amaral Ferrador	229	50	9	2	<1	<1	218	<1	1	509
Arambaré	228	12	28	21	2	20	206	<1	2	519
Arroio do Padre	47	19	13	<1	<1	<1	45	<1	<1	124
Arroio Grande	1395	27	110	87	43	48	798	5	6	2519
Bagé	2825	51	153	110	67	23	865	<1	33	4127
Camaquã	714	134	104	48	4	26	623	<1	14	1668
Candiota	577	13	27	11	19	3	285	1	3	939
Canguçu	1647	205	191	12	1	2	1458	<1	3	3518
Capão do Leão	408	30	45	32	3	16	246	<1	4	783
Cerrito	309	22	14	2	<1	1	116	<1	1	465
Cerro Grande do Sul	129	22	14	3	3	1	111	<1	1	285
Chuí	136	<1	<1	17	4	<1	41	7	2	207
Chувиска	77	25	9	<1	<1	<1	91	<1	<1	202
Cristal	318	96	28	8	3	7	218	<1	2	681
Encruzilhada do Sul	1132	121	514	38	2	1	1598	<1	6	3413
Herval	1104	53	108	3	2	2	480	<1	2	1754
Hulha Negra	488	5	16	13	17	2	279	<1	1	821
Jaguarão	1399	11	28	84	36	18	463	2	10	2052
Morro Redondo	129	17	16	<1	<1	<1	84	<1	<1	246
Mostardas	283	17	89	125	212	30	1055	166	4	1982
Pedras Altas	952	22	32	13	16	3	339	<1	1	1376
Pedro Osório	469	14	12	5	<1	8	91	<1	3	603
Pelotas	702	83	115	26	7	19	540	1	63	1555
Pinheiro Machado	1285	21	140	18	8	<1	775	<1	3	2250
Piratini	1527	139	415	21	5	<1	1435	<1	3	3545
Rio Grande	1164	7	163	223	40	196	970	28	47	2838
Santa Vit. do Palmar	2275	5	91	607	151	873	904	326	9	5241
Santana da Boa Vista	701	4	195	22	2	1	516	<1	1	1443
São José do Norte	465	2	89	50	94	49	294	101	2	1147
São Lourenço do Sul	1074	141	91	28	5	20	672	<1	7	2038
Sentinela do Sul	62	49	30	1	1	<1	175	<1	1	318
Tapes	284	26	73	25	11	28	338	14	5	805
Tavares	214	9	36	11	28	26	220	60	1	606
Turuçu	150	10	14	8	3	1	67	1	<1	253
Total	26012	1479	3038	1710	843	1444	16901	715	240	52381
Descr. Estatísticos	PNC	FN	RF	BA	DA	LD	ASE	CN	AU	Total
▪ Máximo (km <sup>2</sup> ):	2825	205	514	607	212	873	1598	326	63	5241
▪ Mínimo (km <sup>2</sup> ):	47	<1	<1	<1	<1	<1	41	<1	<1	124
▪ Média (km <sup>2</sup> ):	743	42	87	49	24	41	483	20	7	1497
▪ Máximo (%):	78	15	15	12	11	17	55	10	4	-
▪ Mínimo (%):	14	<1	<1	<1	<1	<1	15	<1	<1	-
▪ Média (%):	50	4	5	2	1	2	33	1	<1	-

PNC: pastagem natural e cultivada; FN: floresta natural; RF: reflorestamento; BA: Banhado e alagadiço; DA: dunas e Areia; LD: lâmina d'água; ASE: agricultura e solo exposto; CN: cobertura de nuvens; AU: área urbana.

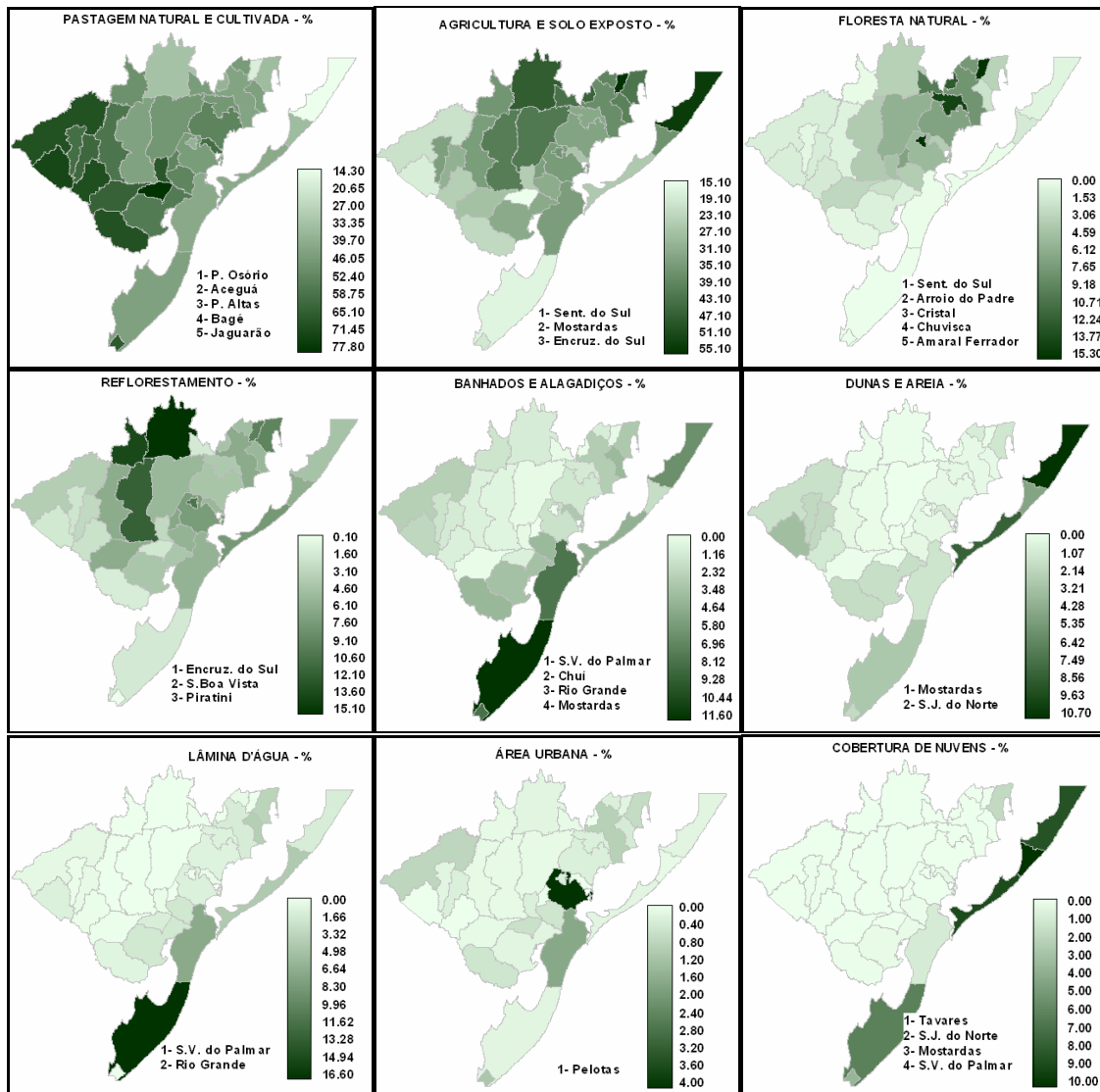


Figura 2. Distribuição das classes de cobertura das terras para os 35 municípios do Sul-RS, a partir de imagens Landsat TM-5 de 1995.

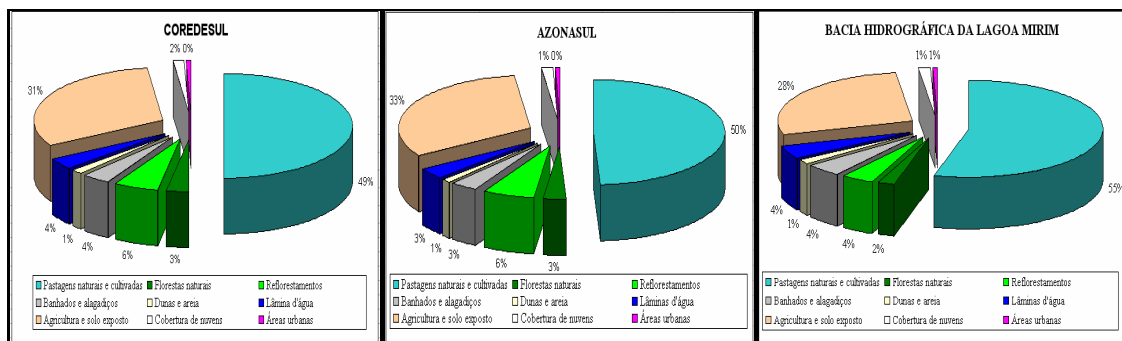
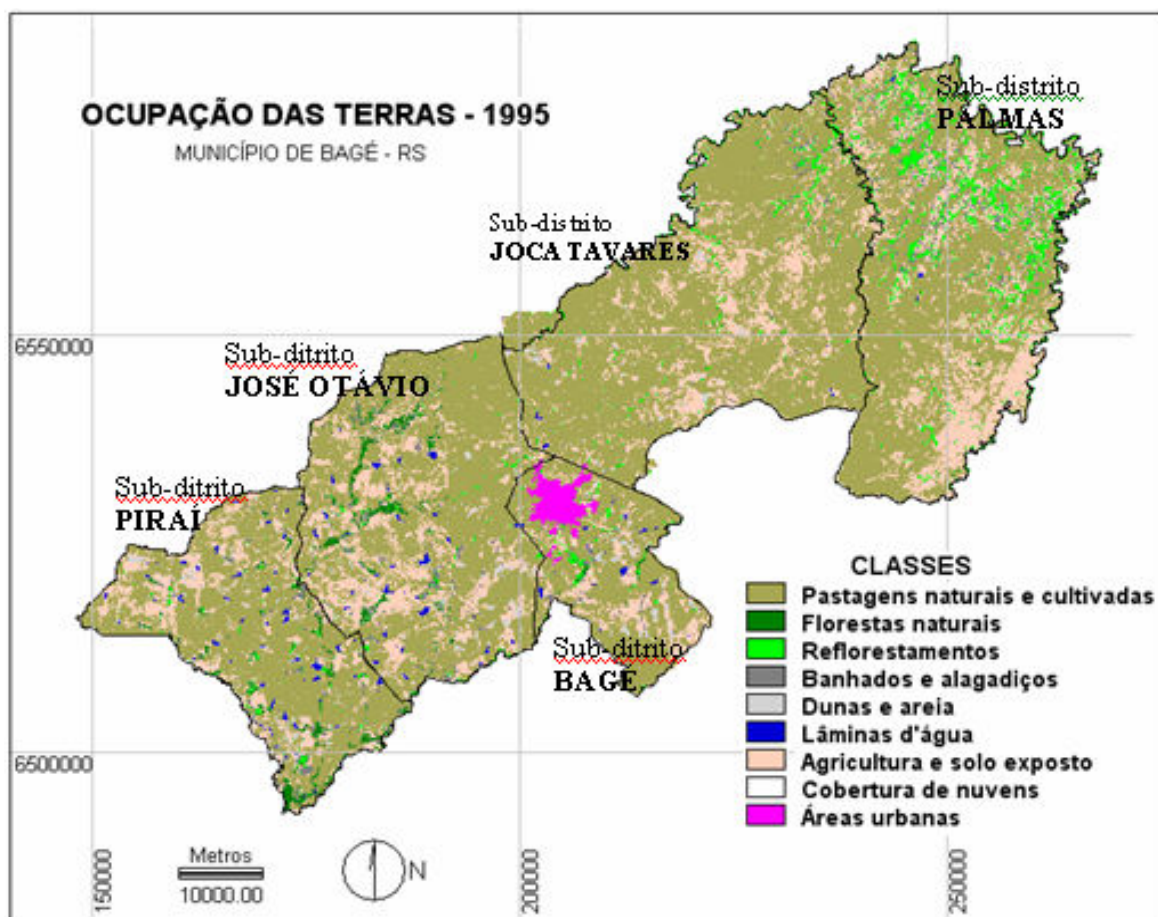


Figura 3. Distribuição relativa das diversas classes de cobertura/ocupação das terras para as regiões de abrangência do CoredeSul, da AzonaSul e da bacia hidrográfica da Lagoa Mirim, a partir de imagens Landsat TM-5 de 1995.



**Figura 4.** Distribuição espacial das classes de cobertura/ocupação das terras no município de Bagé-RS, a partir de imagens Landsat TM-5 de 1995 e visualização das divisões distritais.

**Tabela 2.** Distribuição das classes de ocupação do solo no âmbito distrital do município de Bagé, em 1995 (%).

DISTRITOS	PNC	FN	RF	BA	DA	LD	ASE	CN	AU
Bagé	64	<1	2	3	3	1	18	<1	9
Joca Tavares	78	<1	2	1	2	<1	17	<1	<1
José Otávio	68	3	1	3	3	1	22	<1	<1
Palmas	60	<1	10	4	<1	<1	26	<1	<1
Pirai	69	3	1	3	3	2	19	<1	<1
<b>Descritores Estatísticos:</b>									
Valor máximo:	78	3	10	4	3	2	26	<1	9
Valor mínimo:	60	<1	1	1	<1	<1	17	<1	<1
Valor médio:	68	1	3	3	2	1	21	<1	2

PNC: pastagem natural e cultivada; FN: floresta natural; RF: reflorestamento; BA: Banhado e alagadiço; DA: dunas e Areia; LD: lâmina d'água; ASE: agricultura e solo exposto; CN: cobertura de nuvens; AU: área urbana.