

## Métodos de geoprocessamento como auxílio na geração de um Atlas Sócio-Ambiental de quatro municípios litorâneos do Rio Grande do Sul

Alois Eduard Schäfer  
Renata Pereira  
Andrigo Ulian Agostini  
Cassiano Alves Marchett  
Francieli Sbersi

Universidade de Caxias do Sul – UCS  
Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130 – CEP 95070-560  
Caxias do Sul – RS – Brasil

aschafe1@ucs.br; renataecologia@gmail.com; au\_agostini@yahoo.com.br;  
cassianomarchett@gmail.com; fran.sbersi@gmail.com

**Abstract.** The coastal plain of Rio Grande do Sul is characterized by a chain of shallow freshwater lakes, consisting in an unique ecological complex. The lake system is the main source for multiple uses in this region, mainly for irrigation. The lack of knowledge and planning may conduct to inappropriate practices that compromise the sustainability of water resources in this region. This study is part of the project "Lagoas Costeiras" and aims the application of geoprocessing methods in the study of the coastal area, focusing the sustainable management of water resources, through a Social Environmental Atlas of four cities: Mostardas, Tavares, São José do Norte and Santa Vitória do Palmar. Landsat 5 TM images from 2007 were geoprocessed using ENVI, ARCGIS and SURFER software, to identify the lake morphology, to provide the land use classification as well as the localization of irrigation pumps and groundwater wells. Geoprocessing allows the elaboration of digital thematic maps by combining spatial data with ecological and social information collected in this project, to better characterizes the lakes and land use patterns, as a baseline for characterization and management of the region. All this information will be part of the Social Environmental Atlas that can provide guidelines to the population and managers change in their attitude about water sources, aiming the sustainability.

**Palavras-chave:** geoprocessing, social environmental atlas, Rio Grande do Sul, geoprocessamento, Atlas Sócio-Ambiental, Rio Grande do Sul.

### 1. Introdução

Um atlas pode ser entendido como uma coletânea de mapas. A proposta de um Atlas Sócio-Ambiental surgiu da necessidade de se caracterizar a realidade de quatro municípios litorâneos do Rio Grande do Sul: Mostardas, Tavares, São José do Norte e Santa Vitória do Palmar. Estes compõem a área de estudo do Projeto Lagoas Costeiras, que teve como objetivo realizar um diagnóstico sócio-ambiental, tendo como foco principal as lagoas costeiras e seu entorno, a fim de promover uma mudança de atitude com vistas à sustentabilidade. Esse projeto conta com o patrocínio do Programa Petrobras Ambiental.

Dados sobre vários aspectos da realidade destes municípios foram levantados pelas equipes multidisciplinares que integram o Projeto Lagoas Costeiras e após o processamento e análise comporão o Atlas Sócio-Ambiental. Este apresentará a sistematização das informações levantadas pelo diagnóstico ambiental e sobre as potencialidades turísticas de cada município, apoiadas por mapas, gráficos, fotografias e textos. Assim, pretende-se que o Atlas venha a constituir uma ferramenta para a educação, para a gestão e para a divulgação da informação, de forma acessível a toda a comunidade dos quatro municípios atingidos pelo Projeto Lagoas Costeiras.

Os levantamentos realizados sobre as características ecológicas das águas superficiais e subterrâneas, fisionomias vegetais, potencialidades turísticas e perfil sócio-econômico gerarão informações inéditas e necessárias para subsidiar o planejamento da ocupação

territorial, a gestão dos recursos naturais e a mudança de atitude da população em relação aos recursos naturais, especialmente os hídricos.

A área do projeto é formada por dunas, praias extensas e muitas lagoas, contando ainda com o Parque Nacional da Lagoa do Peixe e com a Estação Ecológica do Banhado do Taim; a região também integra atrativos culturais como faróis e sambaquis. Mesmo assim o potencial turístico não está sendo aproveitado em sua totalidade.

Por isso, este Atlas Sócio-Ambiental vem sendo desenvolvido com o apoio de métodos de geoprocessamento e visa, principalmente, disponibilizar informações que valorizem e apontem alternativas para o desenvolvimento sustentável da região, com ênfase na gestão dos recursos hídricos.

Neste trabalho será discutida a aplicação de métodos de geoprocessamento como contribuição para a elaboração de um Atlas Sócio-Ambiental de quatro municípios litorâneos do Rio Grande do Sul. Será focado o uso do geoprocessamento no apoio às análises espaciais, quantificação do volume de água das lagoas e área de classes de uso do solo, além da qualificação da informação visual contida no Atlas.

## **2. Metodologia**

### **2.1 Área de estudo**

Os municípios de Mostardas, Tavares, São José do Norte e Santa Vitória do Palmar localizam-se no litoral médio e sul do Rio Grande do Sul (Figura 1). A população total dos quatro municípios é de 73151 habitantes, segundo o censo do IBGE de 2007. Suas principais atividades econômicas são a rizicultura, a silvicultura e a pecuária, além de pequenas propriedades agropecuárias.

A água utilizada para consumo e irrigação provém das lagoas, da Laguna dos Patos e dos lençóis freáticos. Sabe-se que a irrigação nem sempre é feita de forma regularizada, apesar de haverem diversas bombas cadastradas e autorizadas, e não há o conhecimento do volume real de água das lagoas. Para fins de abastecimento doméstico, é mais freqüente o uso de água subterrânea, o que leva às questões de contaminação devido às perfurações irregulares.

Nesta região encontram-se grandes corpos d'água: a Laguna dos Patos, com 9280 km<sup>2</sup>, a Lagoa Mirim, com 3520 km<sup>2</sup> e a Lagoa Mangueira, com 802 km<sup>2</sup>. Além destes, a região apresenta um grande número de lagoas menores, em seqüência, na estreita faixa entre o Oceano Atlântico e a Laguna dos Patos.

Segundo Köppen (1948), o clima é do tipo Cfa, temperado úmido, sem estação seca, com verão quente, inverno acentuado e chuvas bem distribuídas ao longo do ano. A ação do vento é fator importante na região e a direção predominante é nordeste.

A constituição de planície costeira provém de uma série de regressões e transgressões pleistocênicas e holocênicas, configurando um ecossistema único no mundo, com inúmeros corpos d'água entre o oceano e uma grande laguna, de água doce em sua grande maioria (Schwarzbold e Schäfer, 1984).

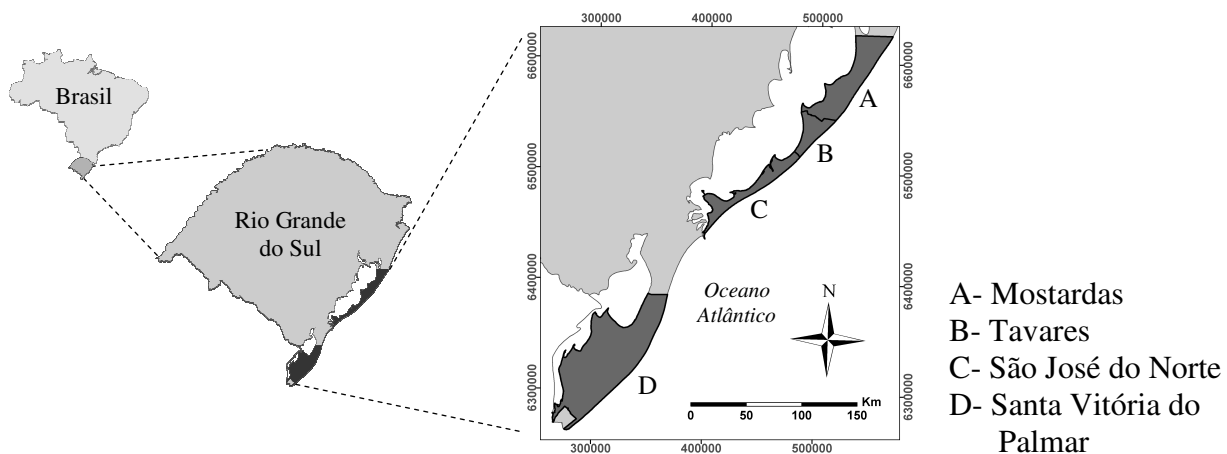


Figura 1. Localização da área de estudo do Projeto Lagoas Costeiras.

## 2.2 Materiais

Neste trabalho foram utilizadas imagens do sensor Landsat TM 5, dos seguintes pontos órbitas e datas: 220/82 de 19/05/07; 221/81, 221/82 e 221/83 de 26/05/07; 222/83 de 02/06/07 e 220/81 de 20/06/07. Estas foram processadas através do software ENVI® 4.5 e ARCGIS® 9.2.

Nos trabalhos de campo para aferição de alvos do uso do solo foi utilizado receptor GPS Garmin® eTrex Vista e câmera fotográfica digital Canon® para a fotodocumentação.

Para delimitação dos corpos d'água com vistas ao cálculo de modelos batimétricos, foram utilizadas também as imagens Landsat TM 5 dos seguintes pontos órbita e data: 220/81 de maio de 2006; 220/81, 221/82 e 221/83 de janeiro, maio e junho de 2007 e 220/81 de janeiro de 2008.

Para o levantamento batimétrico foi utilizado ecobatímetro de frequência simples Eagle® Fishelite 500c, o qual identifica os dados de profundidade em determinado ponto com as coordenadas de posicionamento geográfico relativas, através de receptor GPS associado (precisão média de 5 metros).

Foi utilizado o software SURFER® para a geração dos modelos batimétricos.

## 2.3 Procedimentos metodológicos

O georreferenciamento foi realizado através de uma transformação polinomial de primeiro grau Nearest Neighbor, utilizando como apoio imagens ortorretificadas Geocover e as 25 cartas topográficas na escala de 1:50.000 que abrangem a região. Foram utilizados, em média, 30 pontos por cena e obtido um erro menor de um pixel. A projeção utilizada foi UTM 22 J e Datum WGS 84. Através deste método também foi elaborado o mosaico das cenas.

Nas cenas utilizadas está presente uma grande área de Oceano Atlântico e de continente não pertencente à área de interesse do projeto. A fim de facilitar o processamento digital e reduzir a influência da resposta espectral destes alvos tão diversos, procedeu-se à delimitação da área estudada através da vetorização da divisão política municipal para a geração de uma máscara para cada município. Os limites utilizados foram obtidos junto ao IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e corrigidos para a escala trabalhada, com suporte de informações das cartas topográficas e da própria imagem.

## Uso do solo

Para estudo do uso do solo, foram elaboradas classificações não supervisionadas e composições R5 G4 B3 para seleção de áreas homogêneas com respostas espectrais, cor, textura e forma diferentes entre si, a fim de planejar a coleta de amostras *in loco*.

Pelo conhecimento de campo prévio, as áreas de silvicultura e rizicultura se mostraram facilmente identificáveis nas imagens e foram utilizadas como apoio para a seleção do método de classificação não supervisionada. Dos métodos testados, ISODATA gerou melhor separação entre as classes esperadas. Esta etapa também serviu para planejamento da logística de trabalho em campo, permitindo que se buscasse aliar a diversidade de alvos visitados com um roteiro viável, pois alguns locais apresentam acesso bastante precário.

Os trabalhos para identificação dos alvos em campo foram desenvolvidos nos quatro municípios, no período de novembro de 2007 a abril de 2008. Foram percorridos mais de 10.000 km em 4 expedições. As áreas visitadas foram fotografadas e georreferenciadas com aparelho receptor GPS. Nesta fase do trabalho contou-se com a importante participação da comunidade, com indicações sobre rotas e acessos, pois muitos locais eram inóspitos.

Também foi realizado vôo para reconhecimento de feições em abril de 2008, durante o qual foi realizada fotodocumentação de alvos importantes, em especial as lagoas costeiras e seu entorno. Com estas considerações e com as informações levantadas no trabalho de campo, foram estabelecidas as seguintes classes de uso do solo: agropastoril, água, área urbana, banhado, dunas, mata de restinga, silvicultura, solo exposto e vegetação de dunas (Figura 2).

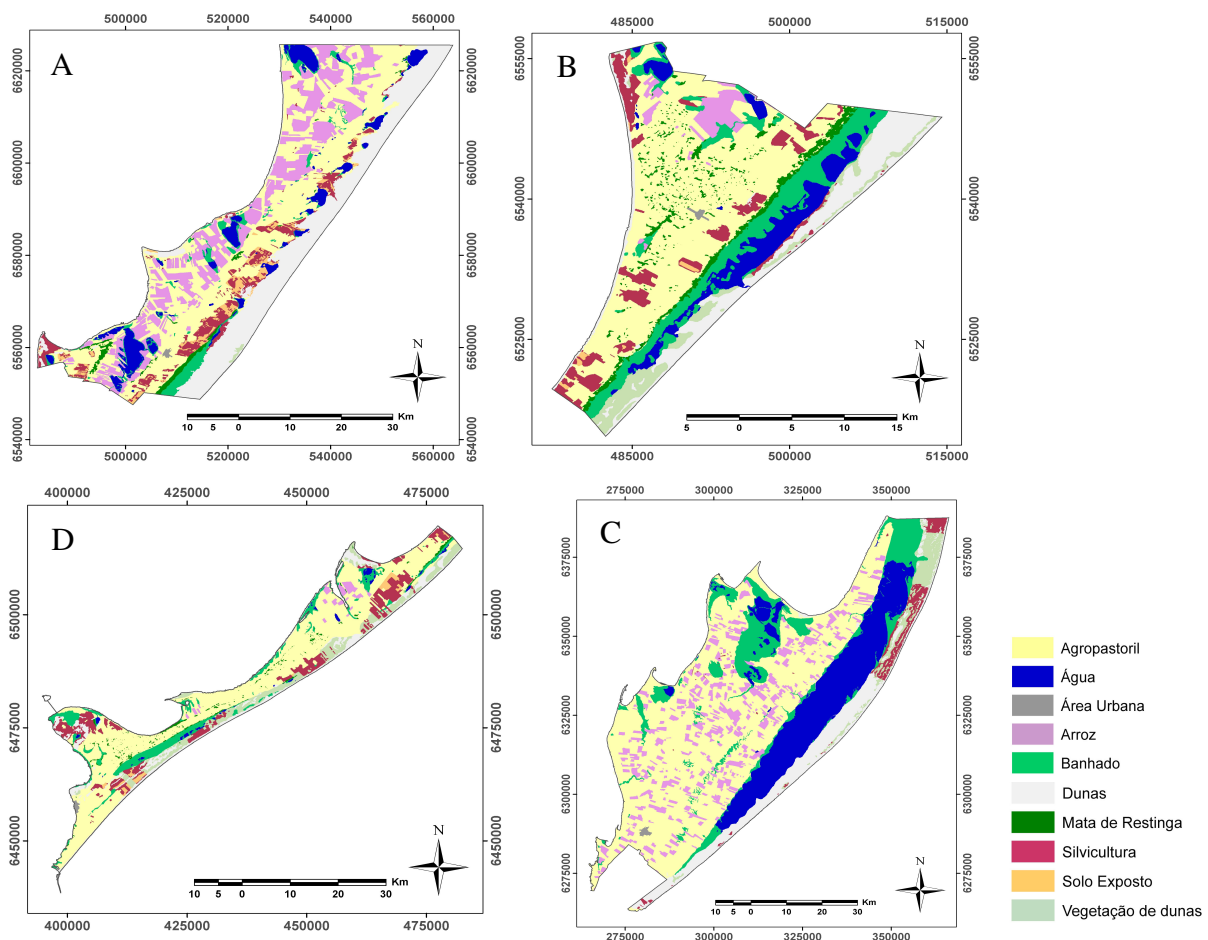


Figura 2. Mapas temáticos de uso do solo dos municípios de: Mostardas (A); Tavares (B); São José do Norte (C) e Santa Vitória do Palmar (D).

Para a classificação supervisionada foram testados diferentes algoritmos, mas o que se mostrou mais adequado por melhor distinguir as classes estabelecidas foi o método MAXVER (Máxima Verossimilhança). Este assume uma distribuição normal para cada banda em cada classe e calcula a probabilidade de que cada pixel pertença a uma determinada classe.

A fim de melhor separar as classes, foi realizada pós-classificação com edição manual de pixels classificados erroneamente, através do aplicativo ClassEdit, disponível no ENVI 4.5. Este passo foi importante para garantir que a informação final fosse a que mais fielmente representa a realidade local. As classes estabelecidas podem ser descritas desta forma:

- agropastoril: inclui áreas de campo nativo, pastoreio ou pousio de cultura de arroz. Esta classe representa uma peculiaridade regional, onde há predomínio da rizicultura e por isso grandes áreas são utilizadas na rotação desta cultura.

- água: inclui todos os corpos d'água, onde não há cobertura por vegetação;

- área urbana: inclui a área urbanizada das sedes dos municípios;

- banhado: inclui áreas úmidas, permanente ou sazonalmente alagadas, com cobertura de macrófitas, como *Eichhornia azurea* e *Salvinia auriculata*. Estão em geral associadas às margens das lagoas e/ou fazendo sua transição com outras formações;

- cultivo de arroz: inclui áreas ocupadas pelo cultivo de arroz em vários estágios de desenvolvimento, na data da tomada das imagens;

- dunas: inclui dunas móveis e sésseis, com predomínio de areia e vegetação rala;

- mata de restinga: inclui áreas com cobertura de vegetação arbórea, principalmente nativa. Todas as áreas com este tipo de cobertura, mesmo que pequenas, foram mantidas, pela sua importância ecológica. São áreas em geral esparsas e de pequena área, compostas por espécies como *Butia capitata*, *Ficus organensis* e *Erythrina crista-galli*;

- silvicultura: inclui áreas de cultivo, principalmente, de *Pinus* sp, espécie muito utilizada na região para extração de madeira e resina;

- solo exposto: inclui áreas com solo exposto em decorrência do corte de *Pinus* sp;

- vegetação de dunas: áreas de dunas que apresentam cobertura vegetal com densidade suficiente para apresentar valor de radiância diferente do valor incluído na classe dunas. Composta principalmente por espécies adaptadas a altas salinidades e responsáveis pela fixação das dunas.

## Mapeamento temático

Um grupo de mais de 14 pesquisadores, apoiado por 25 bolsistas, levantou uma série de informações sobre a situação sócio-ambiental dos quatro municípios. Dados sobre as fisionomias vegetais e inventário florístico, o estado ecológico das lagoas costeiras, a qualidade da água subterrânea, as potencialidades turísticas naturais e culturais, a situação social dos pescadores, entre outros temas.

Esses dados foram georreferenciados e relacionados ao ARCGIS 9.2 através de suas coordenadas geográficas. A confecção de mapas temáticos permite ao pesquisador a análise dos dados em seu contexto espacial, muito diferente de uma tabela ou gráfico. E permite ao leitor do mapa a análise espacial visual de sua distribuição e possíveis padrões, instigando-o a investigar sobre outros parâmetros que possam estar influenciando nas informações em questão.

Entre outros, estão sendo elaborados mapas sobre a distribuição dos pontos de captação da água subterrânea e sobre a ocorrência de espécies invasoras nas lagoas costeiras (Figura 3 A e B).

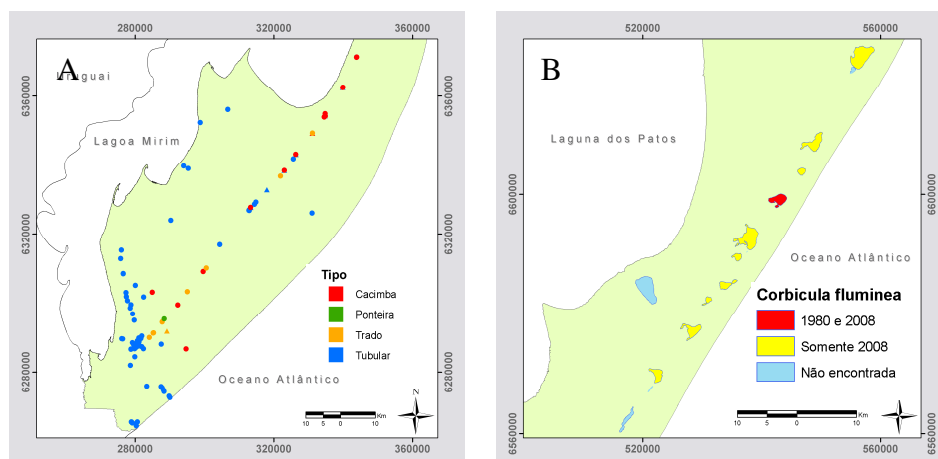


Figura 3. Mapas temáticos: (A) Tipos de poços de captação de água subterrânea em Santa Vitória do Palmar. (B) Ocorrência do molusco invasor *Corbicula fluminea* nas lagoas (1980-2008).

### Batimetria

Perfis batimétricos são essenciais para a geração dos modelos dos corpos d'água, e permitem o cálculo do seu volume. Considerando a intensa presença de pequenos corpos d'água que são utilizados para consumo e irrigação, o conhecimento da quantidade deste recurso é informação necessária para seu melhor gerenciamento.

Para o perfil batimétrico das lagoas, as linhas de sondagem foram pré-estabelecidas seguindo uma orientação zigzague não regulares ( $25^\circ$  a  $90^\circ$  graus de inclinação), devido às irregularidades nos seus contornos, e armazenadas como rotas de navegação no ecobatímetro; os pontos de sondagem e seu posicionamento foram automaticamente salvos de forma tabular.

As tabelas geradas foram editadas no software MS EXCEL. A listagem de pontos levantados foi filtrada de forma a se eliminarem os pontos identificados como erros de leitura pelo aparelho e pontos com valores isolados não concordantes com a amostragem. Devido à incompatibilidade da unidade de profundidade e do sistema de posicionamento obtidos com aqueles adotados pelo projeto, foi necessária a conversão através de funções específicas (Ordnance Survey, 2008). Gerou-se assim uma lista de pontos batimétricos com suas respectivas coordenadas, com afastamento médio de 1,5 metros entre pontos.

Para o levantamento dos pontos de entorno das lagoas, foram utilizadas imagens TM Landsat 5, somente na banda 4 e em composição infravermelha (R4 G3 B2), em 3 diferentes pontos órbita, georreferenciadas através de imagens ortorretificadas Geocover TM (R7 G4 B2) no software ENVI 4.5, com pontos de controle e erro máximo de 0,8 pixels, obtidas através do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

A variação no nível de água das lagoas, devido às condições climáticas, modifica também seus limites e perímetro; assim torna-se necessário a utilização de imagens referentes à época de amostragem batimétrica. Devido à presença de nuvens em algumas imagens relativas aos períodos de levantamento (janeiro a junho de 2008), utilizaram-se imagens de satélite de épocas com regimes pluviométricos semelhantes de anos anteriores.

As imagens georreferenciadas foram processadas no software ARCGIS e foram adicionados os pontos batimétricos como rotas de levantamento. Os entornos dos corpos foram obtidos como séries de pontos sequenciais com valor de profundidade 0, através da observação associada pelas imagens e rotas. A partir das delimitações, foi possível a obtenção dos seguintes dados morfométricos para cada lagoa: área total (A); perímetro de margens (P); comprimento máximo (C), representado pela maior distância entre margens sem cruzar áreas

terrestres; largura máxima (L), representada pela maior distância entre margens perpendicular a C; e fetch (F), semelhante a C, mas com relação à direção NE  $50^{\circ} \pm 5$  predominante na região.

No software SURFER, os pontos de contorno foram utilizados na geração de arquivos de corte (blanking), e também participaram na interpolação de pontos para a produção dos modelos (grid). O método interpolador utilizado foi o Curvatura Mínima, mais indicado e amplamente aplicado para a geração de modelos digitais de terreno (Yang et al., 2004), com resolução de 3 metros. Gao (2001) já indicava a maior acurácia de modelos com resolução mínima possível para o interpolador utilizado, mesmo para regiões sem informação. Os modelos em quadrante de coordenada máximas produzidos foram seccionados com os arquivos de corte, gerando então os modelos específicos, dos quais se obteve os dados de profundidade máxima e volume.

Para a geração dos mapas e modelos tridimensionais batimétricos, fez-se necessária a filtragem dos modelos iniciais devido à presença de ruídos e artefatos gerados pelas rotas de levantamento. Utilizou-se o filtro tipo passa-baixa Média Móvel, que se mostrou o mais eficaz, mantendo a melhor confiabilidade dos dados com um campo de leitura de 5x5 e variação entre 10 a 60 passagens. Os mapas batimétricos foram gerados com isóbatas de 1 metro (profundidade máxima maior que 5 metros) ou de 0,5 metros (profundidade máxima menor ou igual que 5 metros) (Figura 4).

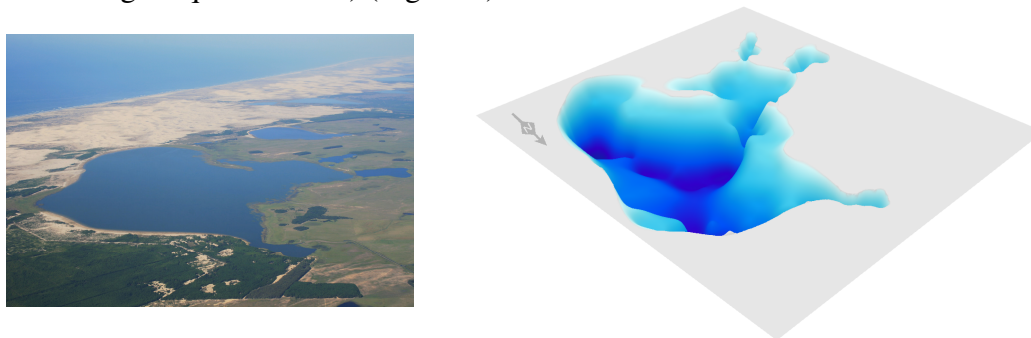


Figura 4. Foto aérea da Lagoa da Figueira (município de Mostardas) e modelo tridimensional batimétrico correspondente.

#### Ilustração

O uso de sensoriamento remoto e geoprocessamento também foi importante para ilustrar o Atlas, apoiando outras formas de representação, como textos, gráficos e fotos. As novas possibilidades oferecidas por estas ferramentas facilitam a interpretação de dados e também sua representação, contribuindo para que cada vez mais pessoas tenham acesso ao conhecimento científico e possam utilizá-lo na melhoria de sua qualidade de vida.

Um dos exemplos de sua aplicação é a ilustração da área de estudo, tanto da região, como de cada município e até mesmo de cada lagoa, destacando a riqueza inerente ao mosaico de paisagens, proporcionando ao observador a possibilidade de se afastar de seu ponto de vista usual e ver o local de outra escala. Estas imagens proporcionam às pessoas uma nova perspectiva do local

### 3. Resultados e discussão

O uso do solo foi classificado e mapeado, utilizando imagens Landsat. As classes foram definidas buscando melhor representar a região, que conta com um mosaico de fisionomias bastante diversificado. Neste trabalho optou-se por privilegiar a clareza da

informação, aliada a melhor precisão possível, mantendo apenas as classes que fossem facilmente identificáveis pela população em geral e que no contexto regional efetivamente representassem os diferentes tipos de uso do solo, não apenas de resposta espectral. Com isso espera-se facilitar a compreensão das informações veiculadas na forma de mapas.

Para a definição dos limites das lagoas, é preciso considerar que cartas topográficas apresentam erros inerentes à sua elaboração. Aliado a isso, a escala de 1:50.000 nem sempre é adequada à definição dos corpos d'água, muitos deles pequenos e por isso não representados nas cartas.

Neste aspecto, o uso combinado das cartas topográficas com imagens de sensoriamento remoto para localização de algumas lagoas e sua correta denominação foi muito útil, uma vez que todos os corpos d'água foram vetorizados, consistindo a base para definição dos modelos batimétricos. A informação da forma e do volume das lagoas fará parte do Atlas. Espera-se que esta informação chame a atenção da população para os riscos de escassez de água agravada pelo uso indiscriminado, subsidiando uma mudança de atitude.

Segundo Le Sann (2005) mapas temáticos são aqueles que trazem informações além de longitude, latitude e altitude. Neste trabalho, os mapas trouxeram ainda informações sobre a realidade local, facilitando a identificação dos moradores com a situação sócio-ambiental em que vivem, indo ao encontro da definição dada por Francisco (2003) de que mapas temáticos são projetados para apresentar características ou conceitos particulares da área em estudo. Os mapas integrantes do Atlas Sócio-Ambiental foram elaborados tendo em vista a escassez de material cartográfico regional e a necessidade de se divulgar a situação atual e potencial destes municípios localizados em área privilegiada por sua condição única no mundo e com alto potencial não explorado, ameaçada pelos riscos de um desenvolvimento não sustentável.

## **Agradecimentos**

Os autores expressam agradecimentos ao Programa Petrobras Ambiental, a toda equipe do Projeto Lagoas Costeiras, à Universidade de Caxias do Sul e aos gestores e moradores dos municípios de Mostardas, Tavares, São José do Norte e Santa Vitória do Palmar pela confiança e pelo apoio.

## **Referências Bibliográficas**

- Francisco, D. P. A importância da cartografia temática na análise do espaço geográfico: qualidade de água *versus* ocupações irregulares no aglomerado Metropolitano de Curitiba. **Sanare – Revista Técnica da Sanepar**, Curitiba. v. 20, n. 20. Jul/dez 2003.
- Gao, J. Construction of regular grid DEMs from digitized contour lines: a comparative study of three interpolators. **Geographic information sciences**, v. 7, n. 1, p. 8-15, 2001.
- Köppen, W. **Climatologia; con un Estudio de los Climas de La Tierra**. México: Fondo de Cultura Económica, 1948. 478 p.
- Le Sann, J. G. O papel da cartografia temática nas pesquisas ambientais. **Revista do Departamento de Geografia (USP)**. 16, 2005.
- Ordnance S. **A guide to coordinate systems in Great Britain**. Version 1.9, 2008.
- Schwarzbold, A.; Schäfer, A. Gênese e Morfologia das Lagoas Costeiras do Rio Grande do Sul – Brasil. **Amazoniana**, v. 9, n. 1, p. 87-104, 1984.
- Yang, C.; Kao, S.; Lee, F.; Hung, P. Twelve different interpolation methods: a case study of surfer 8.0. In: **XX ISPRS Congress**, Istanbul, Turkey, 2004.