

Classificação de imagens orbitais para a análise de áreas úmidas de altitude: uma ferramenta para a conservação

Tatiana Lobato de Magalhaes¹
Marcos Benedito Schimalski¹
Arthur Bratti Schimidt¹
Adelar Mantovani¹

¹ Universidade do Estado de Santa Catarina - CAV/UEDESC
Av. Luis de Camões, 2090 - Lages - SC, Brasil
tatilobato@gmail.com, schimalski@uol.com.br,
arthurbratti@hotmail.com, a2ama@cav.udesc.br

Abstract. Wetland environment zones have great ecological interest whether permanently or eventually flooded. It's estimated that about 20% of South America territory is covered by wetlands. Although mapping is a preliminary step to the preservation process, its delimitation is still imprecise. The Santa Catharina South Plateau presents wetlands occurring intermingled with native meadows localized at 1000 meters of altitude. The aim of this study was mapping and analyzing the metric of wetlands by means of a Landsat-5 and a SPOT-4 image. The research area involves 8174 ha, localized at south of Lages City (between 28°07' - 28°10' S and 50°30' - 50°22' W). After the pre-processing, Minimum Noise Fraction (MNF) transformation was applied to 3, 4 and 5 bands of the Landsat image; the images were classified with Maximum Likelihood method. The vectors generated by the semi-automatized classification were used to analyze the size, form, density and distribution of the wetlands. The permanent preservation areas (APP) were calculated according to State Laws. The SPOT image showed similar results comparing with Landsat image. Wetlands presented random distribution; areas varying between 0,02 - 65 ha (Landsat-5) and 0,1 - 35 ha (SPOT-4); concentration of polygons smaller than 0,5 ha; APP occupying about 30% of total area. Therefore, the studied wetlands represented an expressive aspect of the landscape, in terms of the occupied area and also for their frequency and polygons distribution.

Palavras-chave: wetland, permanet preservation area, landscape analisys, banhado, área de preservação permanente, análise da paisagem.

1. Introdução

Áreas úmidas englobam uma variedade de ecossistemas, como brejos, banhados, mangues que são áreas que estão permanentemente ou temporariamente inundadas, com água estática ou corrente, doce ou salgada (Ramsar, 2012). Esses ambientes apresentam grande riqueza de espécies botânicas, incluindo espécies ameaçadas, endêmicas (Barbier *et al.*, 1994) e de interesse econômico (Pott e Pott, 2000), atuando como uma interface entre ecossistemas terrestres e aquáticos (Pollock *et al.*, 1998;). Além disso, são enormes depósitos de carbono (Odum, 1988; Iturraspe *et al.*, 2010), de maneira que são áreas de grande interesse ecológico.

Estima-se que cerca de 20% do território da América do Sul seja coberto por áreas úmidas (Junk, 1993), incluindo florestas palustres e outras tipologias (Junk *et al.*, 2011). Contudo, a delimitação dessas áreas ainda é imprecisa, devido à falta de padronização da classificação de áreas úmidas, aliada ao número reduzido de trabalhos dedicados ao mapeamento dessas áreas. O mapeamento é uma etapa preliminar para o processo de conservação desses ambientes, como prevê a Convenção Ramsar, um tratado internacional que visa à proteção de áreas úmidas (Ramsar, 2012).

O município de Lages, localizado no Planalto Sul de Santa Catarina, apresenta áreas úmidas de água doce, ocorrendo em altitudes em torno de 1000 metros, em pequenas e médias extensões, entremeadas com as áreas de campos nativos (Magalhaes *et al.*, 2012). As áreas úmidas nessa região são localmente denominadas de banhados, termo oriundo da palavra 'bañado', do idioma Espanhol (Burger, 2012), elas são caracterizadas como áreas palustres, com vegetação essencialmente campestre e ocorrendo em sistemas abertos, com água

corrente, e sistemas fechados ou isolados, geralmente em depressões do terreno (Almeida *et al.*, 2007) e/ou afloramentos de lençol de água.

A incipiência de estudos botânicos e ecológicos aliada à inconsistência da Legislação Ambiental Federal, que não prevê explicitamente a preservação dessas áreas úmidas (Brasil, 2012a; Brasil, 2012b), reforçam a susceptibilidade dessas áreas a intervenções antrópicas, como a queima e a drenagem. Por outro lado, embora não sejam protegidas pela Legislação Ambiental Federal, elas são caracterizadas pelo Código Ambiental Estadual (Santa Catarina, 2009), como Áreas de Preservação Permanente (APP). Além de ser prevista a não utilização destas áreas para finalidades agropecuárias e a conservação de uma faixa de dez metros a partir do perímetro das áreas úmidas de altitude.

Entretanto, a delimitação e quantificação destas áreas apresentam alguns entraves, como a ausência de banco de dados atual ou histórico, sobre a ocorrência desses ambientes, que, de uma forma geral, ainda foram pouco estudados quanto a sua espacialização. Usualmente, os critérios utilizados para o reconhecimento dessas áreas é a presença de macrófitas aquáticas (espécies botânicas típicas de ambientes aquáticos) e a presença de solos hidromórficos (Almeida *et al.*, 2007; Santa Catarina, 2009). Nesse contexto, o uso do mapeamento de áreas úmidas se torna uma importante ferramenta para a análise dessa tipologia na paisagem.

O Sensoriamento Remoto (SR) representa um importante papel para a tomada de decisões ambientais (Green, 1994), assim como apresenta vantagens no mapeamento e monitoramento das áreas úmidas (Ozesmi e Bauer, 2002). Entretanto, as imagens multiespectrais podem apresentar limitações na identificação de áreas úmidas, devido as características intrínsecas desse ambiente alvo (Adam *et al.*, 2010), uma vez que a refletância das áreas úmidas comumente se sobrepõe a de campos e florestas (Ozesmi e Bauer, 2002). Por outro lado, diversos trabalhos tem apresentado boa acurácia no mapeamento semi-automatizado de áreas úmidas, utilizando imagens multiespectrais, como os de Frohn *et al.* (2009) e Frohn *et al.* (2012) e as plataformas LANDSAT e SPOT estão entre as principais fornecedoras de imagens para estudos de áreas úmidas (Ozesmi e Bauer, 2002).

Neste contexto, o estudo teve como objetivo mapear e analisar a métrica das áreas úmidas de altitude presentes na paisagem da região ao sul do município de Lages, Santa Catarina, caracterizando-as quanto ao tamanho, forma, densidade e frequência de distribuição, por meio da classificação digital de imagens Landsat-5 e SPOT-4.

2. Metodologia de Trabalho

A área de estudo abrange 8174 hectares no Planalto Sul de Santa Catarina numa região denominada de Coxilha Rica, entre as coordenadas geográficas 28° 07' e 28° 10' latitude sul e 50° 30' e 50° 22' de longitude oeste, localizadas ao Sul do município de Lages, Santa Catarina, Brasil (Figura 1). Essa região foi selecionada pela presença de áreas úmidas, isoladas e não-isoladas, entremeadas a diferentes feições, como tipologias florestais e campestres e pela disponibilidade de imagens de satélite com resoluções compatíveis com o objetivo do trabalho.

A região da área de estudo apresenta predomínio de solos do tipo Cambissolos, Neossolos litólicos, Nitossolos e Latossolos (Pereira 2004), e sabe-se que em áreas úmidas predominam os solos como Gleissolos e Organossolos (Almeida *et al.* 2007), que são solos que suportam saturação de água por longos períodos. Segundo a classificação de Köppen, o clima é classificado como Cfb, mesotérmico úmido, com verão fresco e temperatura média de 14°C e a precipitação anual varia entre 1360 a 1600 mm (Santa Catarina, 2011). A paisagem dessa região é caracterizada pelo desenvolvimento das atividades pecuárias, como a bovinocultura extensiva praticada em pastagens nativas.

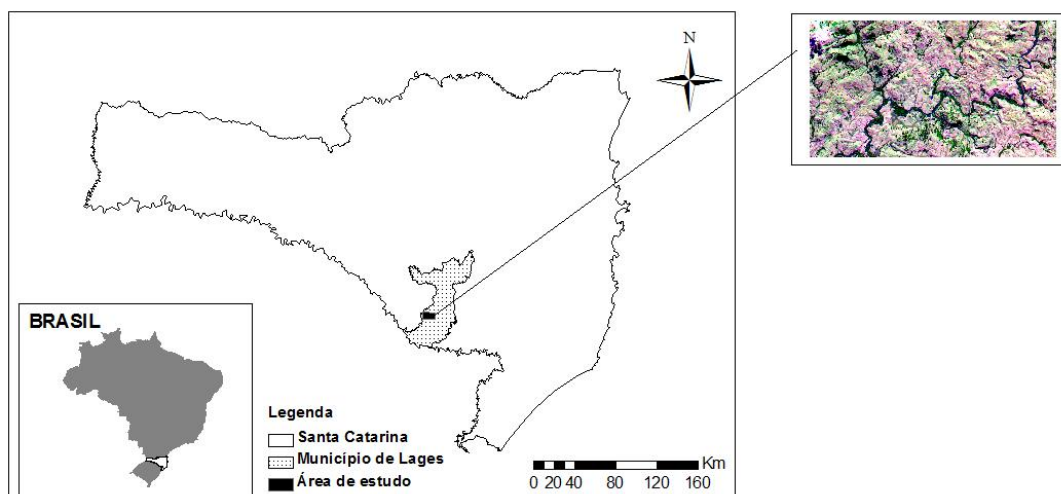


Figura 1. Localização da área de estudo, no município de Lages, Santa Catarina, Brasil, a direita recorte da cena Landsat-5.

As imagens de satélite utilizadas na classificação foram: 1. Imagem Landsat *Thematic Mapper* (TM), Landsat-5, cena 221_079, de 20 de Julho 2009, adquirida no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), disponível pelo sítio <http://www.inpe.br>; 2. Imagem *Systeme Pour l' Observation de La Terre* (SPOT-4), com resolução espacial de 10 m, datada de 2005, fornecida por Spot Image S.A., França (“includes material © CNES 2005, *Distribution Spot Image S.A., France, all rights reserved*”) e cedida pela Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina (FATMA). O mosaico de imagens GeoCover Sirgas 2000, adquirido no *National Aeronautics and Space Administration*, (NASA) e disponibilizado pelo sítio <http://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/mrsid.pl>, foi utilizado no registro, como base de referência.

O pré-processamento das imagens digitais consistiu em etapas de registro, correção radiométrica, correção atmosférica e transformação de dados (somente para Landsat-5). No registro utilizaram-se pontos de controle oriundos do mosaico de imagens Geocover Sirgas 2000. A correção atmosférica foi realizada pelo método FLAASH (*Research System Inc.*, 2009). Para a imagem Landsat-5 foi utilizada a combinação das bandas 3, 4 e 5, que apresenta resultados superiores na identificação de áreas úmidas (Ozesmi e Bauer, 2002; Frohn *et al.*, 2009), principalmente pela sensibilidade das bandas 3 e 4 à cobertura vegetal e da banda 4 ao teor de água no solo (Frohn *et al.*, 2009).

Depois do registro foi aplicada uma transformação dos dados na imagem Landsat-5 pela técnica de rotação *Minimum Noise Fraction* (MNF) (*Research System Inc.*, 2009), com o objetivo de retirar o ruído da imagem e melhorar a identificação das áreas úmidas. Essa técnica foi proposta por Frohn *et al.* (2009), que demonstrou que as áreas úmidas são claramente visíveis na imagem após a transformação MNF. Nesse trabalho a técnica MNF foi aplicada em duas etapas sequenciais, na primeira etapa o objetivo foi gerar as estatísticas para as bandas e então determinar a sobreposição entre classes, ou seja, determinar o ruído, e na segunda etapa o ruído foi utilizado para rotacionar os valores de nível de cinza registrados nos pixels da imagem para gerar um novo conjunto de valores.

As imagens foram classificadas pelo método de classificação digital *Maximum Likelihood*, ou método máxima verossimilhança, também conhecido como ‘Maxver’, que é um método de classificação supervisionada. Nesse método foram coletados polígonos amostrais das duas classes estabelecidas para a classificação, que foram: 1. Área úmida, onde foram amostrados exemplos de áreas úmidas; 2. Outras, onde foram amostradas outras feições, como área urbana, campos, fragmentos florestais, solo exposto, área destinada à agricultura, entre outras (excetuando-se as áreas úmidas). Baker *et al.* (2006) utilizaram

nomenclatura semelhante na classificação de áreas úmidas. Os polígonos da classe 1. Área úmida, gerados na classificação, foram analisados quanto a sua métrica, pelo cálculo do número de polígonos, área total, densidade, área de APP. Como área de APP foi considerada a área úmida somada a uma faixa de dez metros a partir do perímetro da área úmida classificada, como previsto na legislação estadual (Santa Catarina, 2009). A distribuição espacial das áreas úmidas foi analisada pelo método de autocorrelação espacial entre os polígonos, em que foi aplicado o cálculo do Índice Global de Moran's I, por meio da distância euclidiana.

Para a validação dos métodos de classificação foram amostradas em campo três áreas de 500 X 500 m, totalizando 75 ha, onde foram mapeados o perímetros de todas as áreas úmidas inclusas na área amostrada, com auxílio de um receptor gps Garmin modelo Vista HCx. Além disso, foram construídos manualmente polígonos como base de referência cartográfica, por meio de interpretação visual da imagem SPOT-4, em toda a área classificada. Essa metodologia foi adotada devido à ausência de um banco de dados cartográfico, atual ou histórico. As informações geradas em campo e por meio de interpretação visual foram comparadas com os resultados da classificação semi-automatizada.

O pré-processamento de imagens foi realizado no programa ENVI 4.7 e o processamento no ENVI EX (ITT Excelis, 2012). As análises métricas e estatísticas foram realizadas nos programas ArcGIS 9.3 (ESRI) e no programa R (R *Development Core Team*, 2005). O sistema de referência empregado foi o Geocêntrico para as Américas (SIRGAS 2000), no sistema de projeção *Universe Transverse Mercator* (UTM).

3. Resultados e Discussão

Na classificação digital as áreas úmidas ocuparam cerca de 30% (763 polígonos) e 18% (1711 polígonos) da superfície total da área de estudo, para as imagens Landsat-5 e SPOT-4, respectivamente, e na base de referência vetorizada manualmente cerca de 8% (604 polígonos). A variação de tamanho de polígonos encontrada foi entre 0,02 e 65 ha (Landsat-5) e 0,1 e 35 ha (SPOT-4). A classificação Landsat-5 apresentou polígonos cinco vezes menores que a SPOT-4 (Tabela 1). Na classificação da imagem SPOT-4 um maior número de polígonos foi observado, porém estes concentrados em áreas de menos de meio hectare, enquanto que na imagem Landsat-5 os polígonos apresentaram áreas totais maiores.

A diferença entre os resultados encontrada pode ser explicada pela resolução espacial e pelas características intrínsecas das imagens utilizadas, como também pelo fato de que as áreas úmidas são ambientes dinâmicos que podem mudar de forma e tamanho de ano para ano (Pott e Pott, 2000; Frohn *et al.*, 2009), tendo-se em conta que as imagens são de diferentes datas, 2009 (Landsat-5) e 2005 (SPOT-4). Outro fator que pode ter contribuído para a maior área total encontrada na classificação da imagem Landsat-5 é o fato de esta imagem ter sido obtida no período em que foi registrado o maior índice pluviométrico para o ano de 2009, o que torna o solo mais úmido e poderia ocasionar a expansão das áreas úmidas, ou dificuldades na classificação.

Em relação às APP foi estimado que entre 30% (SPOT-4) e 40% (Landsat-5) da paisagem seja composta por áreas úmidas somadas a faixa de 10 m de APP, não tendo sido contabilizada APP referente a cursos de água, topo de morro, entre outros (Tabela1). Este é um número bem expressivo, uma vez que a região desenvolve atividades agropecuárias e é dependente do uso da terra. Além disso, no estado de Santa Catarina, 20% das áreas das propriedades rurais devem ser conservadas como Reserva Legal (Brasil, 2012a; Brasil, 2012b), o que somado as APP pode comprometer mais de 50% da área produtiva da propriedade.

A transformação por MNF possibilitou melhor identificação por interpretação visual das áreas úmidas, além de, ter auxiliado no processo de classificação digital da imagem, na

classificação das áreas úmidas. Resultados semelhantes foram encontrados por Frohn *et al.* (2009) em um estudo com áreas úmidas menores do que dois hectares.

Tabela 1. Valores dos parâmetros métricos utilizados na análise de áreas úmidas de altitude no sul do município de Lages, Santa Catarina, Brasil.

Métrica da Paisagem/Áreas úmidas	Base	Landsat-5	SPOT-4
Área total (ha)	673,0354	2474,5399	1438,0800
Área total (%)	8,23	30,27	17,59
Número de polígonos	604	763	1711
Densidade de polígonos (N°/100 ha)	7,39	9,33	20,93
Tamanho médio de polígono (ha)	1,1143	3,2431	0,8404
Área do maior polígono (ha)	22,9001	65,9731	35,0100
Área do menor polígono (ha)	0,0306	0,0203	0,1000
Perímetro total das margens (km)	352,4445	752,9153	1007,2222
Densidade de margens (km/100 ha)	4,3118	9,2038	12,3222
Razão perímetro/área	0,0524	0,0304	0,0700
Distância ao vizinho mais próximo (m)	197,8072	184,3537	127,128666
APP de área úmida total (ha)	1042,2734	3229,0131	2323,1963
APP de área úmida total (%)	12,75	39,50	28,42
Faixa de 10 m de APP (ha)	369,2380	754,4732	885,1163
Perímetro de APP estimado (km)	385,9841	756,3754	948,4149

Os polígonos gerados pelas classificações concentraram-se em tamanhos menores do que meio hectare (Landsat-5 390 polígonos; SPOT-4 1188 polígonos), enquanto que, entre polígonos maiores do que 10 ha foram observados 50 polígonos, pela Landsat-5 e 13 polígonos, pela imagem SPOT-4. A classificação SPOT-4 apresentou mediana de 0,26 ha (1° quartil: 0,15; 3° quartil: 0,64), já a classificação da imagem Landsat-5 apresentou valores superiores, alcançando quase o dobro dos encontrados na primeira classificação (mediana: 0,49; 1° quartil: 0,20; 3° quartil: 1,54) (Figura 2 e 3).

A análise espacial dos polígonos, por autocorrelação espacial, demonstrou que as áreas úmidas, na área de estudo, apresentam distribuição aleatória, tanto para a classificação da Landsat-5 (Índice de Moran's I 0,01; Z-Score 0,56), como para a imagem SPOT-4 (Índice de Moran's I 0; Z-Score 0,2), o que pode ser visualizado nas imagens *raster*, que apresentam a distribuição de centróides das áreas úmidas, classificadas (Figura 2 e 3).

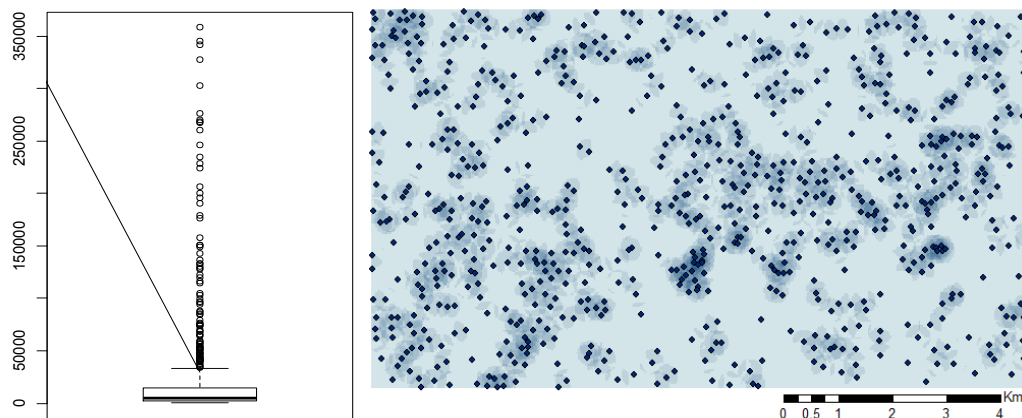


Figura 2. Gráfico de área (m^2)(esq.) e densidade dos centróides (dir.), classificação Landsat-5.

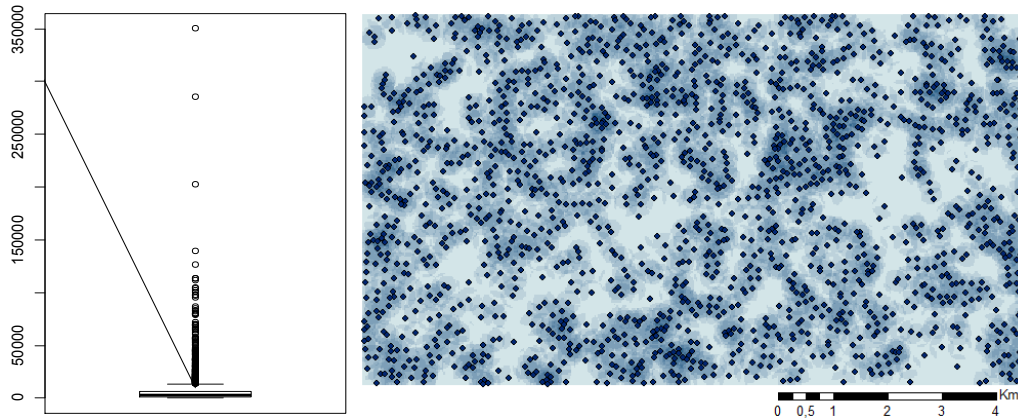


Figura 3. Gráfico de área (m^2)(esq.) e densidade dos centróides (dir.), classificação SPOT-4.

Quando comparadas com a base de referência, elaborada por interpretação visual, as classificações apresentaram resultados semelhantes. Quanto a área sobreposta a base, a imagem Landsat-5 apresentou 342,6693 ha e a SPOT-4 apresentou 340,3692 ha (Figura 4 – A e B) . Entretanto, com relação à forma, a imagem SPOT-4 apresentou melhores resultados do que a Landsat-5, quando comparada a base de referência. Ressaltando que, a base foi construída manualmente, a partir da interpretação visual da imagem SPOT-4, o que pode ter influenciado no resultado encontrado.

Nos 75 ha amostrados em campo foram encontradas oito áreas úmidas, num total de 15,55 ha (20,74% da área total amostrada) e perímetro total percorrido de 7,523 km. A classificação da imagem SPOT-4 mostrou melhores resultados (Figura 4 – C, D, E, F, G e H), quanto à forma e intersecção de área.

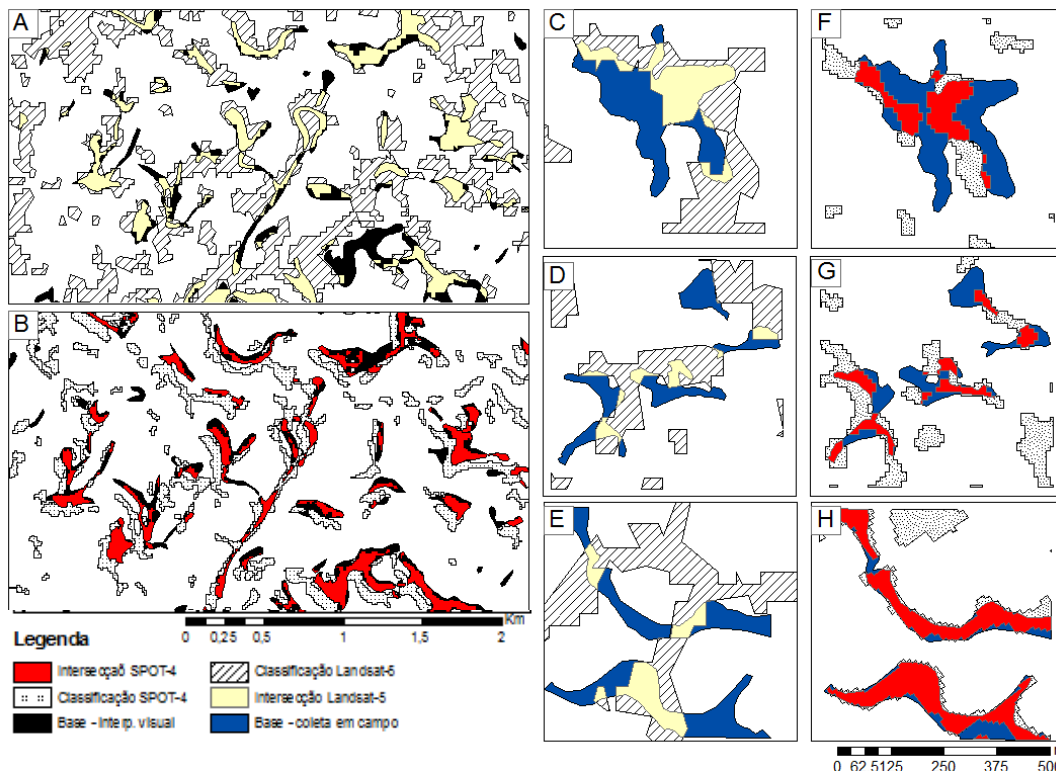


Figura 4. Intersecção com a base de referência por interpretação visual (A: Landsat; B: SPOT) e com a base mapeada em campo (C, D e E: Landsat; F, G e H: SPOT).

As imagens utilizadas se mostraram adequadas para o mapeamento e monitoramento das áreas úmidas na área de estudo, como apontado por Ozesmi e Bauer (2002), que defendem as imagens Landsat e SPOT como as principais imagens a serem utilizadas em estudos de áreas úmidas. Além disso, outros estudos também apontam as imagens da plataforma LANDSAT, como adequadas para monitoramento de áreas úmidas (Giovannini, 2004; Frohn *et al.*, 2009; Cardoso *et al.*, 2011; Rocha *et al.*, 2011; Frohn *et al.*, 2012).

4. Conclusões

Os resultados derivados das classificações das imagens Landsat-5 e SPOT-4 mostraram semelhança quanto à área de intersecção com a base de referência, entretanto visualmente a imagem SPOT-4 proporcionou melhores resultados quanto à forma. Em ambas as classificações foram verificadas que as áreas úmidas ocorrem de forma aleatória na paisagem analisadas. Os locais ocupados por banhados representam de 30 e 40% da área de estudo, destacando-se a necessidade de políticas públicas voltadas ao monitoramento e preservação desses ambientes.

Agradecimentos

Os autores agradecem a CAPES, pela concessão da bolsa de mestrado à primeira autora; ao Laboratório de Geomática do CAV/UEDESC e a FATMA pela cessão da imagem SPOT-4.

Referências Bibliográficas

Adam, E.; Mutanga, O.; Rugege, D. Multispectral and hyperspectral remote sensing for identification and mapping of wetland vegetation: a review. **Wetlands Ecology Management**, v. 18, p. 281–296, 2010.

Almeida, J. A.; Albuquerque, J. A.; Bortoluzzi, R.L.C.; Mantovani, A. 2007. **Caracterização dos solos e da vegetação de áreas palustres (brejos e banhados) do Planalto Catarinense**. Lages: Fundação Instituto de Ensino, Pesquisa e Extensão do Centro de Ciências Agroveterinárias, 2007.150 p.

Baker, C.; Lawrence, R.; Montagne, C.; Patten, D. Mapping wetlands and riparian areas using Landsat ETM+ imagery and decision-tree-based models. **Wetlands**, v. 26 n.2, p. 465-474, 2006.

Barbier, E. B.; Burgess, J. C.; Folke, C. **Paradise lost? The ecological economics of biodiversity**. London: Earthcan, 1994. 267pp.

Brasil (país). **Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm> Acesso em: 05.out.2012a.

Brasil (país). **Lei Federal nº 12.727, de 17 de outubro de 2012**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12727.htm> Acesso em: 05.out.2012b.

Burger, M.I. **Situação e ações prioritárias para a conservação de banhados e áreas úmidas da zona costeira**. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/brasilrounds/round7/round7/guias_r7/sismica_r7/refere/Banhados.pdf> Acesso em: 05.out.2012.

Cardoso, G. F.; Souza-Junior, C. M. de; Souza-Filho, P. W. M. Análise de Mistura Espectral de Ambientes Úmidos Costeiros com Imagens Landsat. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 25., 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 6472

Frohn, R. C.; Reif, M.; Lane, C.; Autrey, B. Satellite remote sensing of isolated wetlands using object-oriented. **Wetlands**, v. 29, n. 3, p. 931-941, 2009.

Frohn, R. C.; D'Amico E.; Lane, C.; Autrey, B.; Rhodus, J.; Hongxing, L. Multi-temporal Sub-pixel Landsat ETM+ Classification of Isolated Wetlands in Cuyahoga County, Ohio, USA. **Wetlands**, v. 32, p. 289–299, 2012.

Giovannini, S. G. T. Estudo de Variabilidade Espacial da vegetação no Banhado do Taim, RS. Tese de Doutorado. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2004.

Green, K. The Potencial and limitations of remote sensing and GIS in provinding ecological information. In: Sample, V. A. (Org.) **Remote sensing and GIS in ecosystem management**. Washington: Island Press, 1994.

IBGE. **Geociências produtos**. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/mapa_site/mapa_site.php#geociencias> Acesso em : 01.nov.2012

ITT Excelis. **Programa ENVI**. Disponível em: < <http://www.exelisinc.com>> Acesso em: 01.nov.2012.

Iturraspe, R. **Las turberas de Tierra del Fuego y el cambio climático global**. Buenos Aires: Fundación para la Conservación y el Uso Sustentable de los Humedales, 2010. 32 p.

Junk, W. J. Wetlands of tropical south America. In: Whigham, D. Hejný, S. Dykyjová, D. (Org.) **Wetlands of the world I: inventory, ecology and management**. Dordrecht: Dr. W. Junk Publ., 1993.

Junk, W. J.; Piedade, M. T. F.; Schongart, J.; Cohn-Haft, M.; Adeney, M.; Wittmann, F. A classification of major Amazonian wetlands. **Wetlands**. V. 31, n. 4, p. 623-640, 2011.

Magalhaes, T.L. de, Shimalski, M.B.; Mantovani, A.; Bortoluzzi, R. L.C. Image classification using Landsat TM images to mapping wetlands vegetation (*banhados*) of the Catarinense Plateau, southern Brazil. In: Fourth Geographic Object-Based Image Analysis (GEOBIA), 4., 2012, Rio de Janeiro. **Proceedings...** São José dos Campos : INPE, 2012. Artigo, p. 292-297. On-line. Disponível em: <<http://mtc-m18.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m18/2012/05.14.17.10/doc/081.pdf>> Acesso em: 05.out.2012.

Odum, E.P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 1988. 433 p.

Ozesmi, S. L.; Bauer, M. E. Satellite remote sensing of wetlands. **Wetlands Ecology and Management**. v. 10, p. 381-402, 2002.

Pereira, J.A. **Percepção do Uso do Solo e Desenvolvimento Rural: Um Estudo de Etnopedologia no Planalto Sul de Santa Catarina**. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo). Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages. 2004.

Pollock, M. M.; Naiman, R. J.; Hanley, T. A. Plant species richness in riparian Wetlands - A test of biodiversity theory. **Ecology**, v.79, n.1, p.94-105, 1998.

Pott, V.J.; Pott, A. **Plantas aquáticas do Pantanal**. Brasília: Embrapa, 2000. 404 p.

R Development Core Team. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<http://www.Rproject.org>> Acesso em: 10.out.2012.

Ramsar. **Classification for Wetland Type maintained by Convention on Wetlands**. Disponível em: <http://www.ramsar.org/ris/key_ris_types.htm> Acesso em: 05.out.2012.

Research Systems Inc. **ENVI Version 4.7 User's Guide**. ITT Visual Information Solutions, Boulder. 2009. Disponível: < http://www.exelisvis.com/portals/0/pdfs/envi/ENVI_Zoom_User_Guide.pdf> Acesso em: 10.out.2012.

Rocha, A. da; Richter, E. H.; Morelli, A. F.; Pinheiro Junior, O. J. Utilização de Técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento para a avaliação da evolução de uso do solo em área de proteção ambiental: um estudo de caso. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR).15, Curitiba, 2011. p.351-361.

Santa Catarina (Estado). **Lei nº 14675, de 13 de abril de 2009**. Disponível em: <http://www.cooperalfa.com.br/2010/arquivos/codigo_ambiental.pdf> Acesso em: 05.out.2012.