



**Uso de Geotecnologia Livre na Avaliação das Mudanças na Cobertura Vegetal e da Zona de Amortecimento do Parque Estadual do Pantanal do Rio Negro, Mato Grosso do Sul**  
**Utilization of Free Geotechnologies in the Evaluation of Changes in Vegetation Cover and Buffer Zone of the Rio Negro Pantanal State Park, Mato Grosso do Sul, Brasil**

Alessandro Copatti<sup>1</sup>; Fabrício Bau Dalmas<sup>2</sup>;  
Ana Paula Garcia Oliveira<sup>1</sup>; Alisson Ribeiro<sup>1</sup> & Antonio Conceição Paranhos Filho<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Faculdades de Engenharias Arquitetura e Urbanismo, Laboratório de Geoprocessamento para Aplicações Ambientais. Campus Universitário Caixa Postal 549, 79070-900 Campo Grande, Mato Grosso do Sul

<sup>2</sup> Universidade de Guarulhos, Programa de Mestrado em Análise Geoambiental. Praça Tereza Cristina, nº 88, Centro, 07023-070, Guarulhos, São Paulo

E-mails: [acopatti@hotmail.com](mailto:acopatti@hotmail.com); [fdalmas@prof.ung.br](mailto:fdalmas@prof.ung.br); [apg.bio@gmail.com](mailto:apg.bio@gmail.com); [eng.alissonribeiro@gmail.com](mailto:eng.alissonribeiro@gmail.com); [antonio.paranhos@pq.cnpq.br](mailto:antonio.paranhos@pq.cnpq.br)

Recebido em: 24/04/2015 Aprovado em: 07/12/2015

DOI: [http://dx.doi.org/10.11137/2015\\_2\\_37\\_46](http://dx.doi.org/10.11137/2015_2_37_46)

## Resumo

O Parque Estadual do Pantanal do Rio Negro foi criado pelo Decreto Estadual nº 9.941, que determina o monitoramento contínuo dos remanescentes de vegetação com uso de sensoriamento remoto e atualização semestral. Em acordo com esse o objetivo deste estudo foi avaliar as mudanças na cobertura do solo do Parque e de sua Zona de Amortecimento durante o período compreendido entre a criação do Parque, em 2000, e 2011, com a utilização de geotecnologias livres ou gratuitas. Os resultados demonstram que o desflorestamento no entorno do Parque é pouco expressivo, porém foi possível identificar áreas desflorestadas com mudanças mais drásticas e maiores que 25 hectares. A partir dessas informações, é possível tomar medidas gerenciais para a correção dos problemas encontrados e dessa forma agir efetivamente para a conservação desse magnífico santuário ecológico.

**Palavras-chave:** Parque Estadual do Pantanal do Rio Negro; Pantanal; Cobertura do solo; Sistema de Informações Geográficas; SIG

## Abstract

The Pantanal of Rio Negro State Park was created by State Decree of Mato Grosso do Sul No. 9941, which provides continuous monitoring of the remaining vegetation using remote sensing and semiannual update. In accordance with this decree the object of this study was to evaluate the changes in Park land cover and its Buffer Zone during the period from the creation of the park in 2000 and 2011, with the use of free geotechnologies. The results showed that deforestation around the Park is very expressive and it was possible to identify deforested areas with more dramatic and larger than 25 hectares. Thus it's possible to take managerial measures to correct the problems and act effectively for the conservation of this magnificent wildlife sanctuary.

**Keywords:** Pantanal of Rio Negro State Park; Pantanal, Groundcovers; Geographic Information System; GIS

## 1 Introdução

O Parque Estadual do Pantanal do Rio Negro (PEPRN) é a única Unidade de Conservação da Natureza (UC) de Proteção Integral do Pantanal, em Mato Grosso do Sul, integra as áreas núcleo da Reserva da Biosfera do Pantanal (Mato Grosso do Sul, 2008b). Criado em cinco de junho de 2000, pelo Decreto Estadual nº 9.941, com área de 78.302,97 hectares entre os municípios de Corumbá e Aquidauana. Posteriormente, o Decreto nº 12.672, de oito de dezembro de 2008 definiu os limites da Zona de Amortecimento (ZA) do Parque e fixou regulamentação específica para esta zona, além de determinar o uso de sensoriamento remoto para seu monitoramento (Mato Grosso do Sul, 2008).

Embora no Plano de Manejo não fossem publicadas informações sobre as mudanças na Cobertura do Solo do PEPRN e de sua Zona de Amortecimento, realizou-se um mapeamento em escala 1:50.000 para subsidiar o manejo dessa UC, com imagens Landsat do ano de 2002 (Abdon *et al.*, 2009).

Do ponto de vista do manejo de UC da classe Parque, o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC - (Brasil, 2000) diz que áreas internas aos seus limites devem tornar-se públicas. Pois, o órgão gestor da Unidade deve adquirir todas as terras em seu interior, pois não é permitido uso que altere expressivamente essa paisagem. Entretanto a legislação impede a utilização dessas terras, as quais raramente são desapropriadas e os proprietários devidamente indenizados.

O SNUC (Brasil, 2000), também permitiu que o Plano de Manejo desse tipo de UC defina uma faixa de terras denominada como Zona de Amortecimento e sobre esta as propriedades continuam a ser privadas, sob regime de utilização, porém com uso restrito conforme indicar o Plano de Manejo.

É indispensável ao gestor do Parque monitorar a região de entorno, considerada Zona de Amortecimento, em relação às alterações que ocorrem na cobertura do solo. De forma eficaz, rápida e barata, para garantir a identificação das mudanças tão logo elas surjam. Com isso, as possibilidades de tomar providências no sentido de corrigi-las deverão ser maiores e a gestão da UC e, conseqüentemente, a conservação dos recursos naturais ocorrentes será mais eficiente.

No ano de 2011 ocorreu uma das maiores enchentes no Pantanal, época ideal para avaliar as mudanças nas áreas alagáveis do PEPRN e de sua ZA. Entretanto, a sua área inundável não é homogênea, podendo ser observadas grandes alterações de áreas alagadas em cheias distintas, praticamente independentes da pluviosidade da região. Uma vez que, as águas que inundam a Planície Pantaneira provêm dos Planaltos adjacentes. Lemos e colaboradores (2011) observaram que a porcentagem de áreas inundadas durante um ciclo de cheia sofre pequena variação no Pantanal. Por causa do fluxo determinado para a vazante, de nordeste para sudoeste, provoca uma compensação no valor das áreas, isso explica a ausência de relação aparente entre a cota do Rio Paraguai e o percentual de áreas inundadas no Pantanal. Temporalmente há um lapso, entre o período de chuvas na região e os maiores níveis de enchente, esse atraso facilita a avaliação das áreas inundadas a partir de imagens Landsat/TM. Já que o período de inundação coincide com o período de menor pluviosidade na região e conseqüentemente há poucas nuvens, que dificultam a identificação dos alvos terrestres nessas imagens.

Carrijo (2005), analisando a vulnerabilidade ambiental do Parque Estadual das Nascentes do Rio Taquari, observou que a utilização de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) no gerenciamento e monitoramento da UC facilita a realização das mesmas, devido à delimitação precisa das feições, quantificação das áreas e álgebra de mapas.

Atualmente, publicações de SIG livres ou gratuitos e disponibilização gratuita de produtos de Sensoriamento Remoto. Dados esses, de imagens com um longo período de tempo, altimetria, clima e outros, os quais têm permitido ampla utilização das Geotecnologias para o monitoramento dos Recursos Naturais, aprimorando expressivamente a eficiência de projetos dessa natureza.

O objetivo deste estudo foi avaliar a aplicabilidade da utilização de geotecnologias livres ou gratuitas para a gestão do PEPRN e de sua ZA. Para tal finalidade elaborou-se o mapeamento da cobertura do solo e posterior análise de mudanças, com ênfase no desflorestamento e áreas alagáveis, entre o período de cheia do ano da criação do Parque (2000) e a cheia de 2011.

## 2 Metodologia

### 2.1 Área de Estudo

O Parque Estadual do Pantanal do Rio Negro está localizado no centro do Pantanal do Abobral, no Estado de Mato Grosso do Sul. Ao sul, o parque faz fronteira com o Planalto da Bodoquena; ao norte pelo leque aluvial do rio Taquari, do qual recebe influência no regime hídrico pela Nhecolândia; para leste, situa-se o Pantanal do Rio Aquidauana; a sudoeste está limitado pelo Pantanal do Nabileque; e para noroeste pelo Pantanal do Rio Paraguai (Figura 1). A área ocupa pequena região do Pantanal da Nhecolândia, caracterizado pela presença de inúmeras “baías” e “salinas”, como são conhecidas as lagoas de água doce e salobra, respectivamente, além de porções do Pantanal do Miranda ao Sul, caracterizado pelos “brejões” dos rios Negro, Vermelho, Aquidauana e Miranda.

### 2.2 Imagens de Satélite

Para a avaliação das mudanças na cobertura vegetal do PEPRN e de sua ZA foram utilizadas imagens do sensor TM, acoplado ao Satélite da série Landsat 5 (Landsat/TM) disponíveis gratuitamente para cópia a partir no portal do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Foram selecionadas imagens da época mais próxima do

nível máximo das enchentes no Pantanal, nos anos avaliados. Para recobrir a totalidade da área de estudo foram necessárias duas cenas para cada ano avaliado, correspondendo à órbita 226 e aos pontos 73 e 74. Posteriormente, realizou-se o georreferenciamento das cenas no SPRING 4.3.3 (Camara *et al.*, 1996), onde foi elaborado o banco de dados. Utilizou-se o polinômio de primeiro grau para realizar o georreferenciamento, onde se obteve o erro médio quadrático (RMS) menor que 0,5 pixels.

Para a conferência visual final do georreferenciamento, utilizou-se o recurso de "acoplar imagens" do SPRING para sobrepor as cenas 226/73 e 226/74, de 2000 e de 2011, às GLS 2005, a fim de verificar a qualidade final do georreferenciamento. Finalizada a conferência visual do georreferenciamento para a região de estudo, todas as bandas foram exportadas em formato *geotiff* para posterior classificação no programa GRASS GIS 6.4.1 (Grass Development Team, 2011).

### 2.3 Classificação da Cobertura do Solo

Para o processo de classificação no GRASS (Grass Development Team, 2011), foram agrupadas e subgrupadas as bandas dos dois mosaicos de 2000 e de 2011 que serão utilizadas no processo de

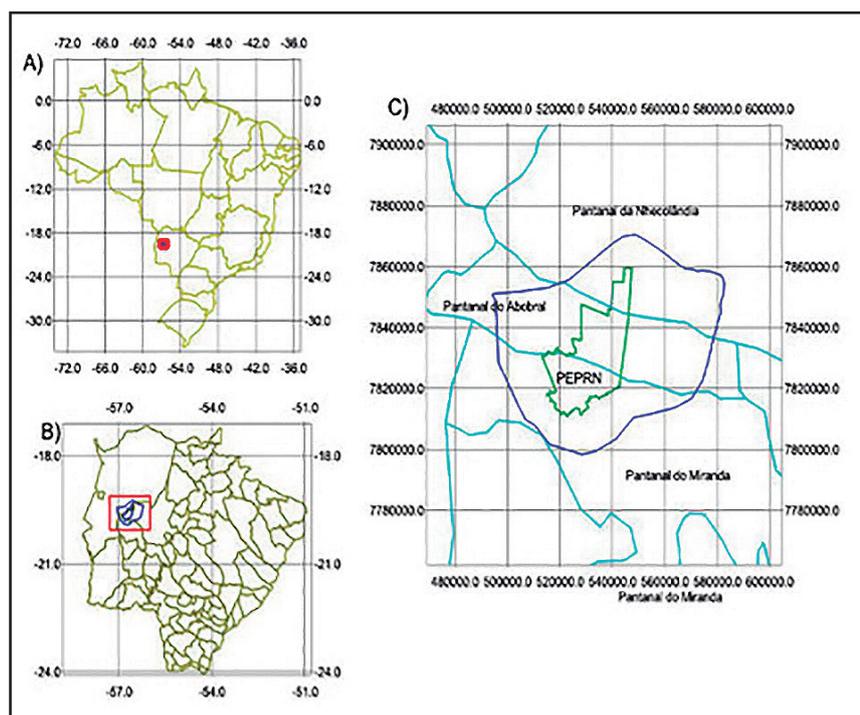


Figura 1 Localização do Parque Estadual do Pantanal do Rio Negro (PEPRN).

classificação com o comando "i.group", ou seja, as bandas 1 a 5 e 7. Cada ano corresponde a um grupo de imagens. Criado o grupo e subgrupo contendo as bandas a serem classificadas, realizou-se o processo de agrupamento das classes mapeadas com o comando "i.cluster", com os seguintes parâmetros: número inicial de classes = 4, arquivo contendo as assinaturas espectrais = assinaturas\_226\_74\_b1a5e7\_xxxx\_4classes (onde "xxxx" corresponde ao ano), número mínimo de pixels numa classe = 25, arquivo contendo o relatório =30 relatorio\_cluster\_b1a5e7\_xxxx\_4\_classes.txt. Os demais parâmetros foram mantidos como padrão do programa (*default*), sendo convergência porcentual = 98,0%, número de iterações máximas = 30, separação dos agrupamentos = 0,0 e número mínimo de pixels numa classe = 17.

Utilizaram-se quatro classes de cobertura do solo porque o foco do trabalho é a avaliação das mudanças entre os principais ecossistemas ocorrentes na área de estudo: Corpos de Água, Áreas Úmidas, Pastagem Nativa (geralmente inundáveis no pico da enchente) e componente Arbóreo (Florestas, Cerradões e Cerrados). Essas últimas fitofisionomias refletem, em geral, as áreas pouco ou não inundáveis do Pantanal, localizadas nas regiões mais elevadas (cordilheiras). Logo, o estudo das mudanças ocorridas foi simplificado, permitindo melhor a compreensão das suas mudanças, em grande parte naturais. Para o manejo do Parque é mais importante identificar as mudanças nas áreas inundáveis do que uma mudança de Cerrado para Cerradão, ou vice-versa. Aliás, o menor número de classes pode reduzir erros de mapeamento, pois a inundaçãõ pode mascarar alterações no componente arbóreo.

Na segunda etapa do processo de classificação automática não supervisionada, utilizou-se o algoritmo *Maximum-Likelihood Classifier* - MLC – (classificador de máxima verossimilhança). Os dois arquivos *raster* classificados, respectivos aos anos de 2000 e de 2011, foram convertidos para vetores. A seguir foram eliminados todos os polígonos menores que 25 hectares, para apresentação visual dos resultados, devido ao grande número de pixels individuais englobados por classes de maior expressão na vizinhança daquele. Portanto, um grande número de polígonos de pequena extensão foi desprezado, facilitando o foco nas alterações sobre áreas maiores.

## 2.4 Avaliação das Mudanças na Cobertura do Solo entre 2000 e 2011

Para avaliação das mudanças na cobertura do solo, realizou-se o cruzamento das classificações de 2000 e 2011 da região compreendendo os limites do PEPRN. Para a limitação do processamento dentro dos limites do Parque, gerou-se uma máscara com o comando "r.mask", utilizando o arquivo *raster* correspondente aos limites do PEPRN. Assim, os mapas de cobertura do solo de 2000 e 2011, foram cruzados com o comando "r.cross" (cruzamento de mapas *raster*), avaliando as mudanças na cobertura do solo no Parque, entre as datas avaliadas.

A partir do cruzamento das informações dos mapas de 2000 e de 2011, contendo quatro classes de cobertura do solo, originou um novo mapa com 16 novas classes, oriundas de todas as combinações possíveis entre as classes de entrada. A entrada de um número menor de classes facilita a avaliação das principais mudanças na cobertura do solo.

Na próxima etapa, a máscara de processamento foi substituída por outra, representando a ZA do Parque e, em seguida executado novamente o comando "r.cross", dessa vez para avaliar não só as mudanças no Parque, mas na Zona de Amortecimento.

Finalizando, efetuou-se a mensuração de cada classe mapeada para a classificação de 2000 e de 2011 e para o cruzamento das informações desses mapas, tanto para o PEPRN quanto para a ZA. Esses dados foram obtidos com o comando "r.report". O relatório foi gravado como arquivo texto para elaboração das tabelas e gráficos, esses obtidos por meio da planilha eletrônica "scal", incluída na suíte livre de aplicativos para escritório BrOffice 3.1.1 (Equipe de Desenvolvimento BrOffice, 2010).

## 2.5 Identificação do Desflorestamento

O mapa vetorial resultante do cruzamento das classificações dos anos de 2000 e de 2011 foi exportado para o formato *shapefile* e este, posteriormente, aberto no software gvSIG 1.9 (GvSIG Development Team, 2011) com os mesmos parâmetros de projeção e datum definidos para esse conjunto de dados. Nesse SIG foi executado um filtro para a seleção correspondente à mudança da cobertura do solo de Arbóreo para Pastagem. A seguir,

o arquivo contendo o resultado do filtro foi exportado como novo arquivo *shapefile*, o qual foi importado novamente no GRASS (*Grass Development Team*, 2011) e sobreposto às imagens de 2000 e de 2011 para avaliação visual dos resultados.

## 2.6 Elaboração dos Mapas

A apresentação dos resultados dos mapeamentos executados com GRASS foi elaborada com o *Quantum GIS 1.7.0* (*Quantum GIS Development Team*, 2009). Com esse programa é possível ler diretamente a base de dados do GRASS (*Grass Development Team*, 2011) e executar todos os comandos desse programa.

## 3 Resultados

### 3.1 Avaliação do Georreferenciamento das Imagens Landsat/TM

O resultado do processo de correção geométrica foi considerado satisfatório, ou seja, com erros médios quadráticos menores do que 0,5 pixel e deslocamentos entre as imagens menores do que um pixel, quando conferidas por meio do comando “acoplar” do SPRING.

Para a cena correspondente à órbita 226 e ponto 73 de 23 de abril de 2000, o RMS obtido com os 10 pontos de controle foi igual a 0,491. A avaliação visual dessa imagem sobre a base GLS 2005 apresentou deslocamentos menores do que um pixel. A cena dessa órbita/ponto do ano de 2011 apresentou RMS igual a 0,444 e erros de deslocamento também inferiores ao limiar estabelecido.

Para a cena correspondente à órbita/ponto 226/74 de 22 de abril de 2011 o RMS obtido com os 10 pontos de controle foi igual a 0,473. A avaliação visual dessa imagem sobre a base GLS 2005 apresentou deslocamentos menores do que um pixel. A cena dessa órbita/ponto do ano de 2011 apresentou RMS igual a 0,493 e erros de deslocamento também inferiores ao limiar estabelecido.

### 3.2 Classificação Automática Não Supervisionada do PEPRN e da Sua ZA

A Figura 2 apresenta a carta de cobertura do solo para o mapeamento relativo à data de 23 de abril de 2000. Nota-se uma grande área classificada como água na região centro-oeste desta Figura. As áreas classificadas como pastagem estão localizadas ao norte, correspondendo em grande parte às áreas de pastagem nativa na região do Pantanal da Nhecolândia.

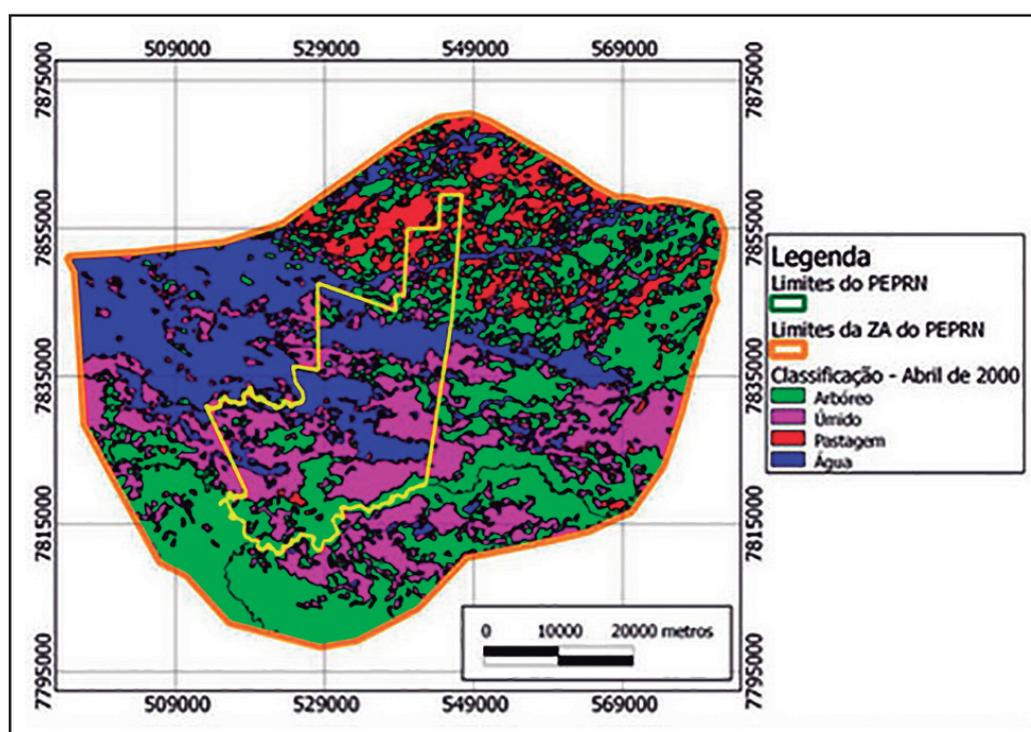


Figura 2 Carta de cobertura do solo para o mapeamento relativo à data de 23 de abril de 2000. Nota-se uma grande área classificada como água na região centro-oeste desta Figura. As áreas classificadas como pastagem estão localizadas ao norte, correspondendo em grande parte às áreas de pastagem nativa na região do Pantanal da Nhecolândia.

A Tabela 1 contém dados apontando que em 2000, da área total do PEPRN, 28,19% estavam cobertas por água, 40,76% eram áreas úmidas, 26,68% estavam cobertas por cobertura arbórea e apenas 4,37% estavam cobertas por pastagens, nativas ou exóticas. Somando-se os componentes Corpos d'água e Áreas Úmidas, observa-se que aproximadamente 70% da área do Parque estão sujeita à influência direta da inundação.

A Figura 3 apresenta a carta de cobertura do solo para o mapeamento relativo à data de 22 de abril de 2011. Em relação à Figura 2, observa-se maior volume de água nas vazantes na região norte, drenando as águas no sentido NE-SW. Ao sul da Figura 3, observa-se um padrão de áreas classificadas como pastagem e abaixo delas, aproximadamente ao sudoeste, áreas classificadas como úmidas que são resultado da confusão espectral com nuvens, presentes nessa imagem. Na classificação realizada, o topo das nuvens é classificado como solo exposto/pastagem, enquanto a sombra das mesmas foi classificada como água.

A partir dos dados da Tabela 2 pode-se visualizar que, da área total do PEPRN, na data de 22 de abril de 2011, 29,38% das áreas estavam

cobertas por água, 47,42% eram áreas úmidas, 20,9% representavam o componente arbóreo e apenas 2,3% estavam cobertos por pastagem.

Observa-se que os componentes “Água” e “Úmido” apresentam valores bastante próximos aos do ano de 2000, indicando que as áreas alagadas foram bastante semelhantes entre os anos avaliados, ao menos quantitativamente. O componente arbóreo e as pastagens também apresentaram pequena redução de áreas. A redução no componente pastagem poderia ser explicada provavelmente devido à maior inundação no ano de 2011, enquanto que a redução do componente arbóreo possa ser devida ao desflorestamento.

CLASSE DE COBERTURA	PEPRN		ZA + PEPRN	
	ÁREA (ha)	%	ÁREA (ha)	%
ÁGUA	21.951,38	28,19	103.565,82	247,113
ÚMIDO	31.742,23	40,76	126.951,79	302,913
ARBÓREO	20.771,12	26,68	150.677,62	359,524
PASTAGEM	3.402,50	4,37	37.907,57	904,493
TOTAL	77.867,23	100	419.102,80	100

Tabela 1 Relação entre os componentes mapeados para o ano 2000 para o PEPRN e para o PEPRN junto com sua ZA.

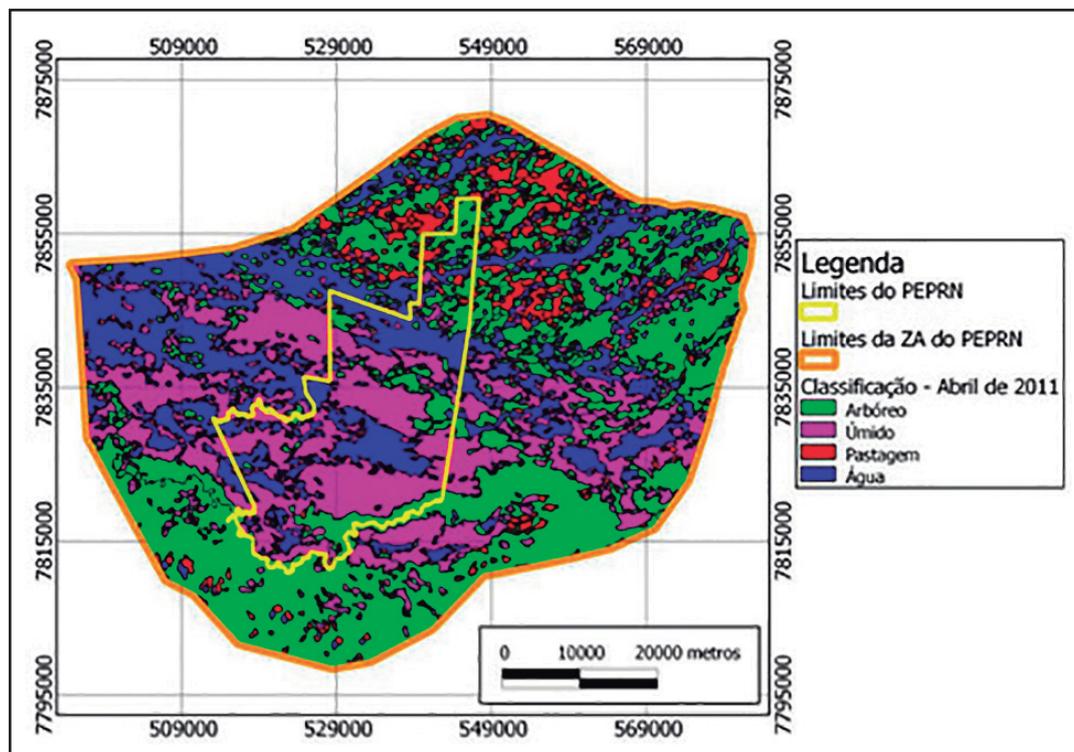


Figura 3 Carta de cobertura do solo para o PEPRN e sua ZA (obtida da classificação de imagem do satélite Landsat 5/TM de abril de 2011, bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7).

CLASSE DE COBERTURA	PEPRN		ZA + PEPRN	
	ÁREA (ha)	%	ÁREA (ha)	%
ÁGUA	22.877,39	29,38	108.002,79	25,77
ÚMIDO	36.924,64	47,42	132.436,48	31,6
ARBÓREO	16.274,25	20,9	149.577,79	35,69
PASTAGEM	1.790,95	2,3	29.085,73	6,94
TOTAL	77.867,23	100	419.102,80	100

Tabela 2 Gráfico de pizza mostrando a relação entre os componentes mapeados para o ano 2011 para o PEPRN e para o PEPRN junto com sua ZA.

A Figura 4 apresenta a Carta das Mudanças na Cobertura do Solo, entre 23 de abril de 2000 e 22 de abril de 2011. Observar na região centro-oeste da figura, a extensa região de água convertida para úmido, significando que nas datas de coleta das imagens mapeadas, em 2000, estavam cobertas por lâmina d'água, que em 2011 foram classificadas como úmidas. Esse fato pode ter pelo menos duas explicações prováveis: atraso temporal, em 2011, do pico da cheia nessa região; ou devido à mudança espacial nas áreas alagadas, a despeito da maior inundação geral no Pantanal em 2011. De qualquer forma, percebe-se que a inundação dessa região parece não ter uma relação direta com a inundação

geral do Pantanal. As águas que inundam a região do Abobral provêm dos Rios Miranda, Aquidauana, Negro, Vermelho, Taboco e das vazantes que drenam águas da bacia do Taquari. Para mais, a inundação na região é maior quando o rio Paraguai está cheio, represando as águas vindas desses cursos d'água.

Os dados da Tabela 3 demonstram que do total de área do PEPRN, entre as datas de 23 de abril de 2000 e 22 de abril de 2011, as áreas permanentemente inundadas representaram, aproximadamente, o mesmo percentual com pequeno aumento de 1,19% entre os anos avaliados. A componente Área Úmida apresentou aumento mais expressivo de 6,66%. O componente Arbóreo apresentou redução de 5,77% e as áreas de pastagem apresentaram redução de 2,07%. Em relação ao PEPRN e à sua ZA constata-se que as maiores diferenças positivas encontradas dizem respeito às Áreas Úmidas e Corpos D'água, que juntas apresentaram aumento de 2,37%, indicando maior magnitude da enchente na região, no ano de 2011. O componente Arbóreo apresentou pequena redução de 0,27%, sugerindo que o

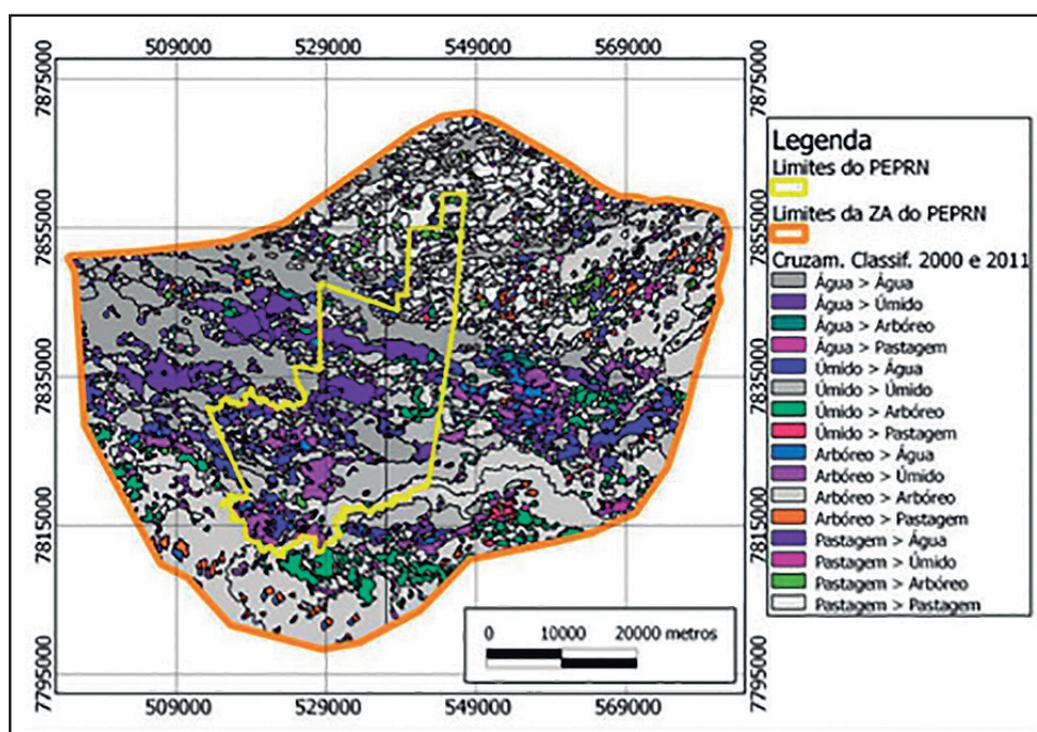


Figura 4 Carta das mudanças na cobertura do solo no PEPRN e em sua ZA, entre os anos de 2000 e 2011.

desflorestamento foi pouco expressivo na região avaliada. Os valores de Pastagem apresentaram redução de 2,1%, que pode ser explicado porque parte das pastagens mapeadas em 2000 estavam inundadas ou encharcadas em 2011.

CLASSE DE COBERTURA	PEPRN		ZA + PEPRN	
	ÁREA (ha)	%	ÁREA (ha)	%
ÁGUA	22.877,39	29,38	108.002,79	25,77
ÚMIDO	36.924,64	47,42	132.436,48	31,6
ARBÓREO	16.274,25	20,9	149.577,79	35,69
PASTAGEM	1.790,95	2,3	29.085,73	6,94
TOTAL	77.867,23	100	419.102,80	100

Tabela 3 Porcentuais das classes de cobertura do solo e as diferenças entre os anos avaliados, para o PEPRN e para o PEPRN somado à sua ZA, entre os anos 2000 e 2011.

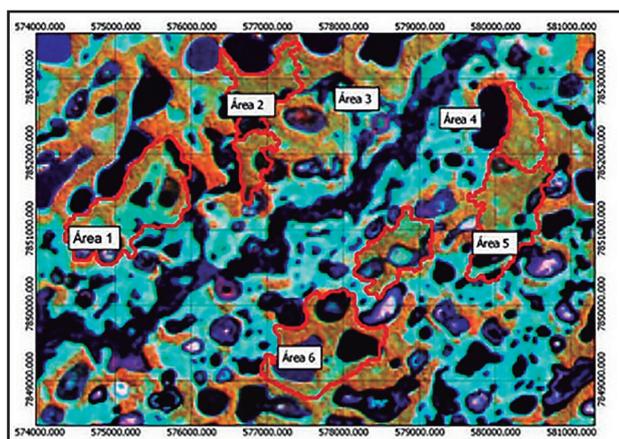


Figura 5 Detalhe da área de estudo (Nhicolândia) sobre a imagem Landsat de 2000 (composição: banda 5=verde; banda 4=vermelho; banda 3=azul).

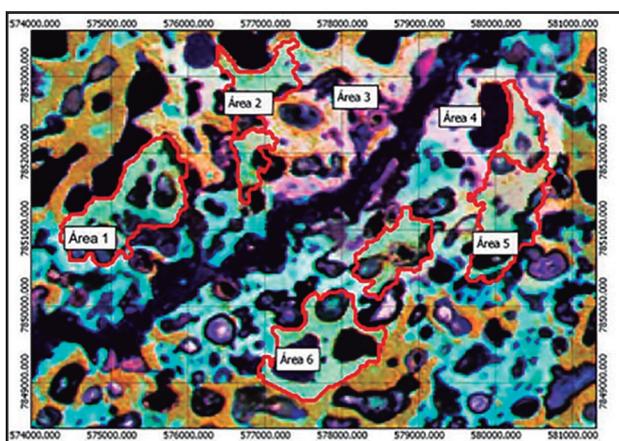


Figura 6 Detalhe da área de estudo (Nhicolândia) sobre a imagem Landsat de 2011 (composição: banda 5=verde; banda 4=vermelho; banda 3=azul).

### 3.3 Identificação do Desflorestamento

A Figura 5 apresenta, sobre a imagem Landsat/TM, os contornos das áreas que foram mapeadas, no ano 2000, como Arbóreo, e que em 2011 foram mapeadas como pastagem (Figura 6). Analisando-se concomitantemente as Figuras 5 e 6, nas áreas 1, 2 e 5, embora se observe mistura de classes, o desflorestamento é possível de ser identificado. Entretanto, nas áreas 3 e 4 é possível observar que houve desflorestamento.

As Figuras 7 e 8 apresentam um recorte de outra área da ZA do PEPRN, referente a 2000 e 2011, de uma região brejosa e de difícil acesso para monitoramento ou fiscalização terrestre, durante quase todo o ano. Na área 1 (Figura 7) identificou-se desflorestamento pelo sistema, porém na inspeção visual da imagem de 2011, isso não foi confirmado. A área 2 corresponde a local onde houve desflorestamento, que não havia sido identificado. Enquanto na área 3 o desflorestamento pode ser identificado assertivamente.

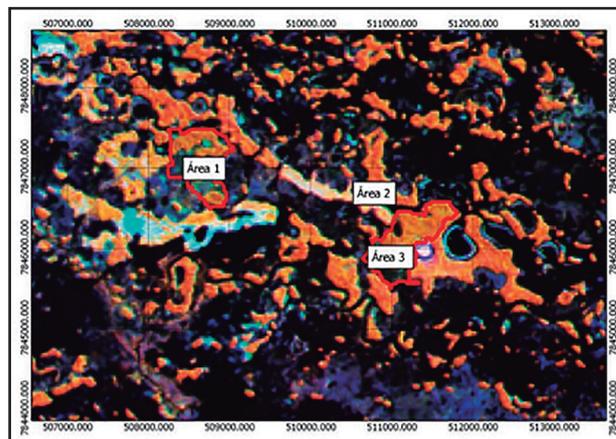


Figura 7 Detalhe da área de estudo (Abobral) sobre a imagem Landsat de 2000 (composição: banda 5=verde; banda 4=vermelho; banda 3=azul).

Deste modo, monitorou-se as mudanças na cobertura do solo, permitindo racionalizar os esforços de fiscalização e controle dos impactos antrópicos negativos à conservação da biodiversidade, consequentemente contrários aos propósitos de criação do Parque.

### 4 Discussão

Nos dias de hoje, existem soluções geotecnológicas fundamentais para o mapeamento,

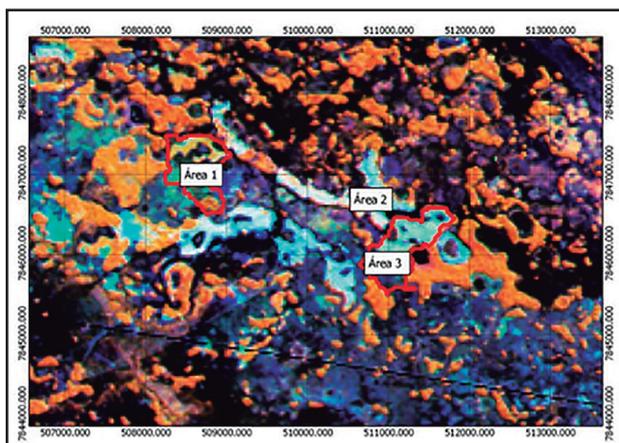


Figura 8 Detalhe da área de estudo (Abobral) sobre a imagem Landsat de 2011 (composição: banda 5=verde; banda 4=vermelho; banda 3=azul). As áreas circunscritas pelas linhas em vermelho mostram áreas onde potencialmente houve mudança de arbóreo para pastagem, entre 2000 e 2011.

monitoramento, fiscalização e previsão de impactos ambientais com a utilização de Sistemas de Informações Geográficas gratuitos e, em alguns casos, livres. Nesse sentido esse trabalho, buscou alternativas que melhorem a produtividade. A opção pelo GRASS, para algumas tarefas, foi acertada por ser bastante robusto. A derivação de variáveis morfométricas e o trabalho com imagens, particularmente Landsat, mostraram-se extremamente simples e rápidas. A modelagem visual de rotinas também é bastante simples, sendo encorajada sua utilização para tarefas repetitivas e que requeiram baixo nível de interação com o usuário. Esse foi um dos motivos para a aplicação de rotinas mais simples e menos interativas tanto quanto possível, a fim de futuramente automatizar o monitoramento dos recursos ambientais, especialmente a supressão das formações arbóreas nativas.

A elaboração dos *layouts* com QGIS também foi muito importante, devido à qualidade da apresentação e às facilidades de aprendizado e operação de layout desse *software*. Além da leitura e escrita de inúmeros formatos de SIG, a partir dele também foi possível ler as bases de dados criados com GRASS e a partir delas elaborar os *layouts*, sem a necessidade de exportá-las. O gvSIG foi utilizado para elaborar o *layout* “composto”, onde, numa mesma carta, fossem colocados mapas de diferentes blocos, ou em diferentes sistemas de projeção.

Na classificação realizada na Figura 2, o topo das nuvens é classificado como solo exposto/pastagem, enquanto a sombra das mesmas foi

classificada como água. As nuvens não foram tratadas individualmente devido à dificuldade para criar uma classe “nuvens”, pois o topo das nuvens e a respectiva sombra das mesmas têm comportamentos espectrais bastante diferentes. Para mais, foi indispensável à inspeção visual dos polígonos identificados como desflorestamento sobre as imagens dos anos avaliados, o que acelerou a obtenção dos resultados. Evidentemente, devido à baixa cobertura de nuvens isso pode ser realizado, porém imagens com muitas nuvens podem comprometer os resultados. Para as condições do Pantanal do Rio Negro, com uma estação seca bem definida, em geral, é possível obter pelo menos uma imagem anual praticamente livre de nuvens, coincidindo com o período de cheia.

## 5 Conclusões

A avaliação das mudanças ocorridas na cobertura do solo do PEPRN, entre a data de criação e o ano de 2011, com a comparação das mudanças ocorridas na sua Zona de Amortecimento, identificaram onde está havendo supressão vegetal das formações arbóreas nas cordilheiras. Sendo esse um dos principais impactos antrópicos ocorrentes na região de estudo, induzido pela formação de pastagens com capins exóticos, geralmente a braquiária humidícola, por sua relativa resistência ao encharcamento temporário.

A metodologia mostrou-se simples, eficaz, rápida e barata para a execução dessas tarefas. Certamente isso contribui para o bom gerenciamento do Parque e certamente trouxe informações muito importantes ao manejo da UC. A partir das soluções apresentadas para o monitoramento das mudanças na cobertura do solo é possível gerar um modelo automatizado para todas as tarefas. A única etapa que ainda não pode ser automatizada é a etapa do georreferenciamento das imagens, que demanda experiência do usuário, exigindo uma aderência excelente para evitar erros de interpretação das mudanças.

Um dos aspectos mais notáveis da região de estudo, especialmente no interior do Parque, é em relação às áreas alagadas, ressaltada nesta avaliação. Embora a cheia do ano de 2011 tenha sido maior que a de 2000, houve registros de áreas alagadas nesse ano que não se apresentaram no ano posterior.

Isso indica, que embora quantitativamente as áreas alagadas mudem pouco, os locais que são alagados mudam expressivamente entre as cheias e durante o pulso de inundação. É importante cautela quanto ao fato das nuvens presentes na cena de 2011, na ZA do Parque, não terem sido eliminadas nos cálculos das alterações. Esse padrão já havia sido identificado nessa região por Lemos *et al.* (2011).

A comparação das mudanças no Parque e em conjunto com a sua ZA permitiu mostrar que o desflorestamento no entorno do Parque é relativamente pouco expressivo. Possibilitando verificar aqueles que produziram mudanças mais drásticas e de áreas maiores do que 25 hectares. Inclusive em regiões onde o acesso é impossível a partir de veículos terrestres, durante praticamente todo o ano, como no Brejão da região do Abobral. Portanto, caracterizou os impactos quando eles ainda estão num patamar relativamente baixo. A partir dessas informações, tornam-se plausíveis medidas gerenciais para a correção dos problemas encontrados e agir efetivamente para a conservação desse magnífico santuário ecológico.

## 6 Referências

- Abdon, M.M.; Silva, J.S.V.; Pott, A.; Pott, V.J.; Silva, M.P. & Mengatto Júnior, E.A. 2009. Cobertura vegetal do Parque Estadual Pantanal do Rio Negro (PEPRN) – MS. *In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL*, 2, Corumbá, 2009. *Artigo em Anais de Congresso*, São José dos Campos: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.674-84.
- Brasil, Constituição. 1988. Constituição da República Federativa do Brasil, 1988. São Paulo: Ed. Revista dos Tribunais.
- Brasil, Lei nº 9.985. 2000. Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC). Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm)> Acesso em 02 de agosto 2011.
- Câmara, G.; Souza, R.C.M.; Freitas, U.M.; Garrido, J. & Mitsuo, F. 1996. SPRING: Integrating Remote Sensing and GIS by Object Oriented Data Modelling. *Computers & Graphics*, 20(3): 395-403.
- Carrizo, M. 2005. *Análise da Vulnerabilidade Ambiental: O Caso do Parque Estadual das Nascentes do Rio Taquari – MS*. Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Dissertação de Mestrado, 97p.
- Equipe de Desenvolvimento BrOffice. Associação BrOffice.org. 2002. BrOffice versão 3.3. Disponível em: <<http://www.broffice.org/>>. Acesso em: 02 de agosto de 2011.
- GRASS Development Team. 2010. Geographic Resources Analysis Support System, Software, Version 6.4.1. Open Source Geospatial Foundation, 2010. Disponível em: <<http://grass.osgeo.org>>. Acesso em: 02 de Agosto de 2011.
- GvSIG Development Team. GvSIG Association. Software versão 1.11 Disponível em: <<http://www.gvsig.org/>>. Acesso em: 02 de agosto de 2011.
- Lemos, V.B.; Paranhos Filho, A.C.; Almeida, T.I.R. & Penatti, M.C. 2011. Uso dos sensores WFI/CBERS-2B e MODIS/AQUA no estudo das áreas inundáveis no Pantanal. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 15. (SBSR), Curitiba, 2011. *Anais*, São José dos Campos: INPE, 2011. p. 1863-1870.
- Mato Grosso Do Sul. 2008a. Diário Oficial de MS. Decreto nº 12.672, de 8 de dezembro de 2008. Regulamentação da Zona de Amortecimento do PEPRN. Disponível em: <[http://ww1.imprensaoficial.ms.gov.br/pdf/do7357\\_09\\_12\\_2008.pdf](http://ww1.imprensaoficial.ms.gov.br/pdf/do7357_09_12_2008.pdf)> Acesso em: 04 de agosto 2011.
- Mato Grosso Do Sul. 2008b. *Resumo Executivo do Plano de Manejo do Parque Estadual do Pantanal do Rio Negro*. IMASUL, Campo Grande, 68p.
- Quantum GIS Development Team. 2009. *Quantum GIS Geographic Information System, Version 1.7.0*. Open Source Geospatial Foundation. Disponível em: <<http://qgis.osgeo.org>>. Acesso em: 02 de agosto 2011.