



**Variação da Cobertura do Solo no Pantanal de 2000 a 2015  
por Sensoriamento Remoto com *Software* e Dados Gratuitos**  
Variation of the Pantanal's Landcover from 2000 to 2015  
by Remote Sensing with Free Software and Data

Poliana Neves Peres; Camila Leonardo Mioto;  
José Marcato Junior & Antonio Conceição Paranhos Filho

*Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia.  
Laboratório de Geoprocessamento para Aplicações Ambientais, Unidade 7A,  
Cidade Universitária, s/n, 79070-900, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil  
Emails: poliananperes@gmail.com; ea.mioto@gmail.com; jrmarcato@gmail.com;  
antonio.paranhos@pq.cnpq.br; poliananperes@gmail.com  
Recebido em: 23/10/2015 Aprovado em: 25/04/2016  
DOI: [http://dx.doi.org/10.11137/2016\\_2\\_116\\_123](http://dx.doi.org/10.11137/2016_2_116_123)*

## Resumo

Devido à grande importância ambiental e diante do avanço das atividades agropastoris no Pantanal, o presente estudo tem como objetivo analisar as modificações ocorridas na cobertura do solo na região, considerada uma das áreas mais ricas em biodiversidade do planeta. O trabalho justifica-se na relevância da preservação do Pantanal, já que este desempenha papel importantíssimo na manutenção de tal biodiversidade. Sendo a pecuária a base da economia local, e sabendo que é a atividade que mais promove o desmatamento, deve-se redobrar o monitoramento para garantir a conservação e prever possíveis impactos na vegetação. Assim, para a realização deste trabalho utilizaram-se imagens do satélite TERRA, sensor MODIS, as quais estão disponíveis de forma gratuita na rede, utilizando-se também dados de NDVI (índice de vegetação da diferença normalizada), produto MOD13Q1, do mesmo sensor e também gratuito, de dois anos distintos – 2000 e 2015. Tais dados foram analisados no SIG (sistemas de informações geográficas) livre e gratuito QGIS versão 2.8 (QGIS Development Team, 2015), onde através de composições falsa-cor multitemporais e de reclassificação verificou-se a mudança na cobertura do solo do Pantanal entre os dois anos. O resultado apresentou a redução de 28,8% de vegetação arbóreo-arbustiva e o aumento de 11,6% de vegetação rasteira (campos ou pastagens). É interessante destacar que a metodologia utilizada neste trabalho é passível de ser aplicada em outros locais sem custo, visto que não houve a necessidade de gastos com compra de imagens e *softwares*.

**Palavras-chave:** Análise multitemporal; NDVI; MODIS; QGIS

## Abstract

Due to the great environmental importance and the advance of the agro pastoralist activities in Pantanal, the aim of the current study is to analyze the modifications that occurred in the land cover, considered one of the richest areas in biodiversity of the planet. The work is justified on the importance of preserving the Pantanal, since it plays a very important role in the maintenance of such biodiversity. As the livestock is the basis of the local economy, and knowing that it is the activity that most promote deforestation, one should intensify the monitoring to ensure the conservation and predict potential impacts on forest vegetation. Thus, for this work we used TERRA satellite images, MODIS sensor, which are available for free, and also NDVI data (Normalized Difference Vegetation Index), MOD13Q1 product, from the same sensor of two distinct years - 2000 and 2015. Such data were analyzed on QGIS 2.8 (QGIS Development Team, 2015) freely available, where through false color multitemporal reclassification, the change in the land cover was verified between the two years. The results show a reduction of 28.8% of the forest vegetation and an increasing of 11.6% of undergrowth (fields or pastures). It is interesting to highlight that it is possible to apply the methodology used in this work elsewhere without financial cost, since there was no need to purchase the images and software.

**Keywords:** Multitemporal analysis; NDVI; MODIS; QGIS

## 1 Introdução

O Pantanal, maior área alagável do mundo, foi decretado Patrimônio Nacional pela Constituição Brasileira de 1988 e, em 2000, foi considerado Patrimônio da Humanidade e Reserva da Biosfera pelas Nações Unidas devido a sua importância ambiental.

Diante do avanço das atividades agropastoris em território pantaneiro, responsáveis pelo desmatamento, surge a necessidade de monitoramento e caracterização da vegetação a fim de conservação e uso sustentável de uma das maiores biodiversidades do planeta.

A NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) vem desenvolvendo modelos de dinâmica global com o objetivo de prever possíveis impactos sobre o planeta, de forma a gerar informações com grande precisão e repetitividade (Anderson *et al.*, 2003). Um deles é o sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), disponível a bordo dos satélites TERRA e AQUA, o qual amostra a superfície terrestre em um a dois dias, com faixa de área imageada de 2.330 km, possuindo 36 bandas variando de 250 m a 1.000 m de resolução espacial (NASA, 2015).

Um dos produtos MODIS é o MOD13Q1, disponível de forma gratuita na internet, contém o índice de vegetação por diferença normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index - NDVI*) em uma composição de imagens de 16 dias, sem presença de nuvens e resolução espacial de 250 m. Esse índice pode ser utilizado para monitorar as condições da vegetação, indicando modificações na cobertura terrestre (USGS, 2014).

Shimabukuro & Rudorff (2006) citam alguns exemplos de aplicação dos dados do sensor MODIS como o mapeamento da cobertura vegetal, detecção de áreas desflorestadas, mapeamento de áreas queimadas e mapeamento e monitoramento da região do Pantanal. Benedett *et al.* (2013), concluiu que o produto MOD13Q1 pode ser usado para mapeamento de florestas após análise temporal do NDVI em florestas do Rio Grande do Sul.

Um estudo semelhante foi realizado por Paranhos *et al.* (2014). Os autores tiveram como objetivo estimar as diferenças de cobertura do solo do Pantanal de 2003 a 2010 através da classificação automática não supervisionada de imagens MODIS,

de 500 m de resolução espacial. Como resultado, identificaram a redução de 17% das áreas de vegetação arboreo-arbustiva e o aumento de 14% das áreas de gramíneas.

Nesse contexto, o presente trabalho visa avaliar a viabilidade e eficiência do uso do produto MOD13Q1, satélite TERRA, sensor MODIS, na análise multitemporal da cobertura vegetal do Pantanal no período de 2000 a 2015, de modo a verificar as modificações ocorridas entre um período e outro. É interessante destacar que para a realização do trabalho foram empregadas somente geotecnologias disponíveis de forma gratuita, de modo a permitir a aplicação da metodologia proposta em outros locais.

## 2 Materiais e Métodos

A área de estudo compreende o Pantanal, situado nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, além de ocupar pequenas porções no Paraguai e na Bolívia (Figura 1). É formado por uma planície aluvial que recebe grande influência do Rio Paraguai e seus afluentes (Goltz *et al.*, 2007).

Há divergências a respeito de sua extensão, já que cada autor delimita a região de acordo com o critério de maior relevância para o seu trabalho. Silva & Abdon (1998) apresentaram um resumo das principais delimitações do Pantanal que varia de 133,456 km<sup>2</sup> (Alvarenga *et al.*, 1984) a 168 km<sup>2</sup> (Brasil, 1979). Neste estudo será considerado o limite proposto por Miotto *et al.* (2012), que corresponde a 140.640 km<sup>2</sup>, por ser o mais recente e ter sido desenvolvido com metodologia semelhante a utilizada no presente estudo.

Para a realização deste trabalho, foram obtidas via Internet, pelo *site* <https://mrtweb.cr.usgs.gov>, imagens do sensor MODIS, do satélite TERRA, produto MOD13Q1, quadrantes h12v10 e h12v11, disponibilizadas pelo *United States Geological Survey* (USGS, 2000; 2015). As datas selecionadas foram: 13/09/2000 e 14/09/2015, correspondendo à estação seca no Pantanal, período em que se verifica maior contraste entre as fitofisionomias e menor superfície de lâmina de água.

O intervalo de NDVI para o MOD13Q1 disponibilizado varia de -2000 a 10000, sendo que quanto maior o valor do índice, maior é a densidade da vegetação (Didan *et al.*, 2010). Tais imagens

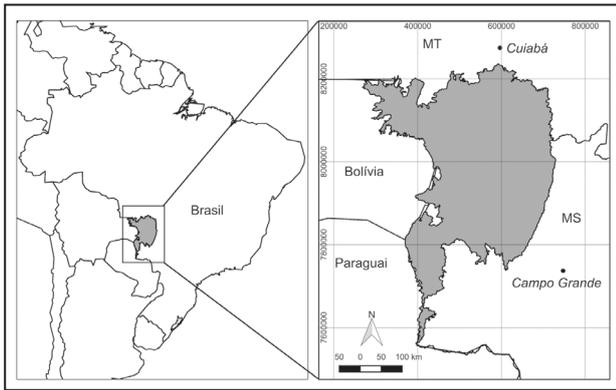


Figura 1 Mapa de localização do Pantanal.

já possuem correção geométrica e radiométrica, sendo essa uma das vantagens do seu uso. Outra vantagem é a de que as imagens do sensor MODIS possuem toda a extensão do Pantanal amostrada em uma mesma data, eliminando as variações sazonais e fenológicas, originando um produto de melhor qualidade (Paranhos Filho *et al.*, 2014).

Para facilitar a integração dos dados, o produto MODIS foi reprojetoado do sistema de projeção

sinusoidal para o sistema de projeção geográfica (Projeção UTM, Datum WGS-84, zona 21S). Também se realizou o recorte das imagens, de modo a minimizar o tempo necessário para a obtenção dos resultados. Todos os processos realizados neste trabalho foram executados no SIG livre e gratuito QGIS 2.8 – versão *Chugiak* (QGIS Development Team, 2015).

A conversão da projeção foi necessária para que os cálculos de áreas e elaboração dos mapas resultassem em valores no sistema métrico, sendo esse o sistema mais usual.

Para identificar as classes de cobertura do solo da área de estudo, utilizaram-se imagens MODIS de 2000 e 2015, na composição falsa-cor RGB, onde R – MIR (infravermelho próximo), G – NIR (infravermelho próximo) e B - R (vermelho). A análise das imagens permitiu identificar áreas de vegetação arbórea/arbustiva, gramíneas e áreas sem vegetação, contemplando as grandes lagoas, áreas úmidas e solo exposto (Figura 2).

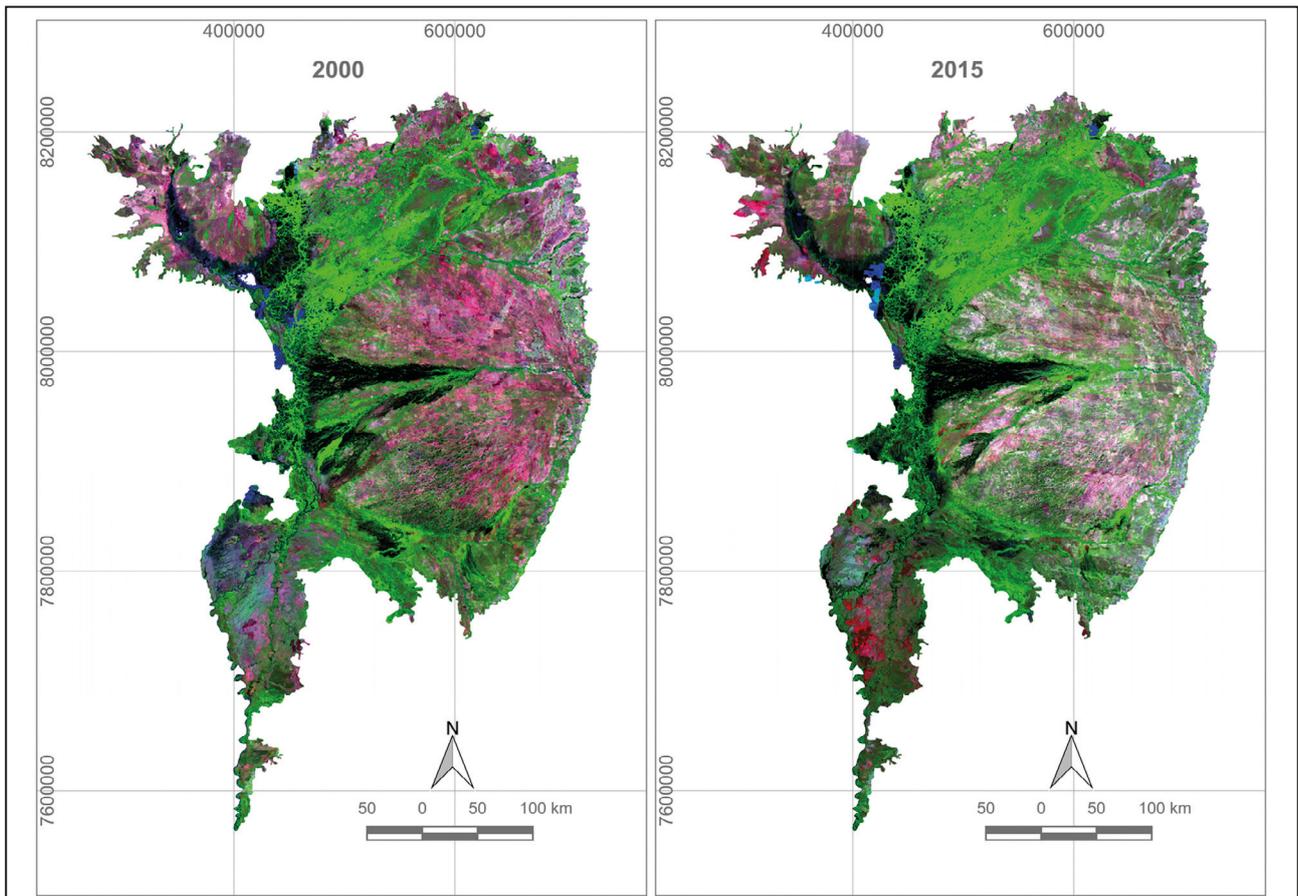


Figura 2 Imagem MODIS de 2000 (à esquerda) e 2015 (à direita) do Pantanal, em composição falsa-cor RGB (MIR, NIR, R), com 250 m de resolução espacial (USGS, 2000, 2015).

A partir dessa composição, foram coletadas e recortadas amostras de cada fitofisionomia, sendo as amostras sobrepostas à banda NDVI do produto MOD13Q1 para obtenção dos valores máximos e mínimos do índice para cada classe. A partir dos valores do índice obtidos para cada classe, o produto NDVI foi reclassificado.

Com os intervalos dos pixels agrupados por categorias, no caso, classes de cobertura do solo, foi possível quantificar as áreas de interesse. Todo esse processo foi realizado para o produto do ano 2000 e 2015 separadamente, como recomenda Benedetti *et al.* (2013), para se obter valores distintos e independentes com relação à base temporal. Assim, calculou-se a diferença das áreas de cobertura vegetal com o intuito de constatar variações na cobertura vegetal e uso do solo.

Em outra etapa, gerou-se uma composição falsa-cor multitemporal com as imagens NDVI de

ambos os anos, onde se estabeleceu a composição falsa-cor RGB com R – NDVI 2000, G – NDVI 2015, B -. Dessa forma, as áreas que sofreram redução de fitomassa tendem para o vermelho, aquelas que tiveram aumento aparecem na cor verde e as áreas sem modificações na cobertura vegetal são visualizadas em amarelo (Figura 3).

De modo a validar os resultados obtidos através das imagens MODIS, delimitaram-se cinco áreas de controle (Figura 4), onde o fenômeno de redução de vegetação se demonstrou acentuado e realizou-se uma análise destas áreas com imagens dos satélites Landsat 5 e Landsat 8, sensor TM e OLI, respectivamente, com 30 m de resolução espacial, do mesmo período das imagens MODIS utilizadas. Para cobrir a área de estudo foram necessárias duas cenas, no caso, 227/073 e 226/074 (Earth Explorer, 2000a, b; 2015a, b). Tais imagens foram obtidas gratuitamente através do *website* Earth Explorer (<http://earthexplorer.usgs.gov/>).

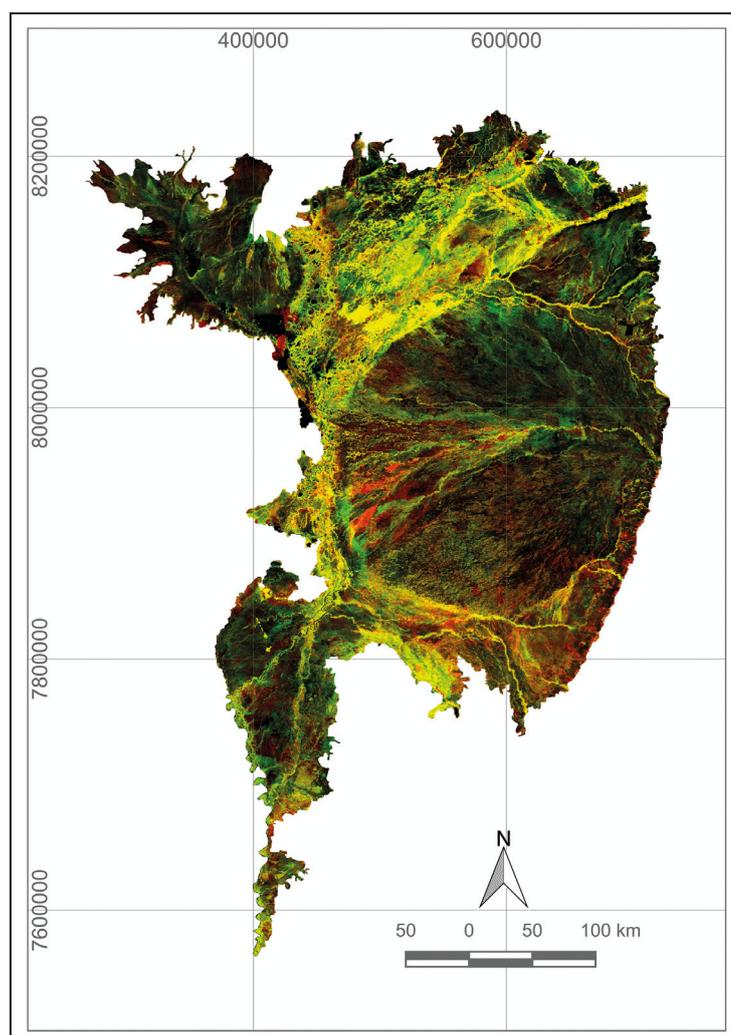


Figura 3 Composição multitemporal elaborada com as bandas de NDVI de 2000 e 2015 do sensor MODIS (USGS, 2000; 2015), onde R – NDVI 2000, G – NDVI 2015 e B -. Os tons de vermelho representam áreas onde ocorreu redução do valor do índice, ou seja, perda de fitomassa. Em verde aparecem os locais onde houve aumento no índice e em amarelo, áreas em que a vegetação não foi alterada.

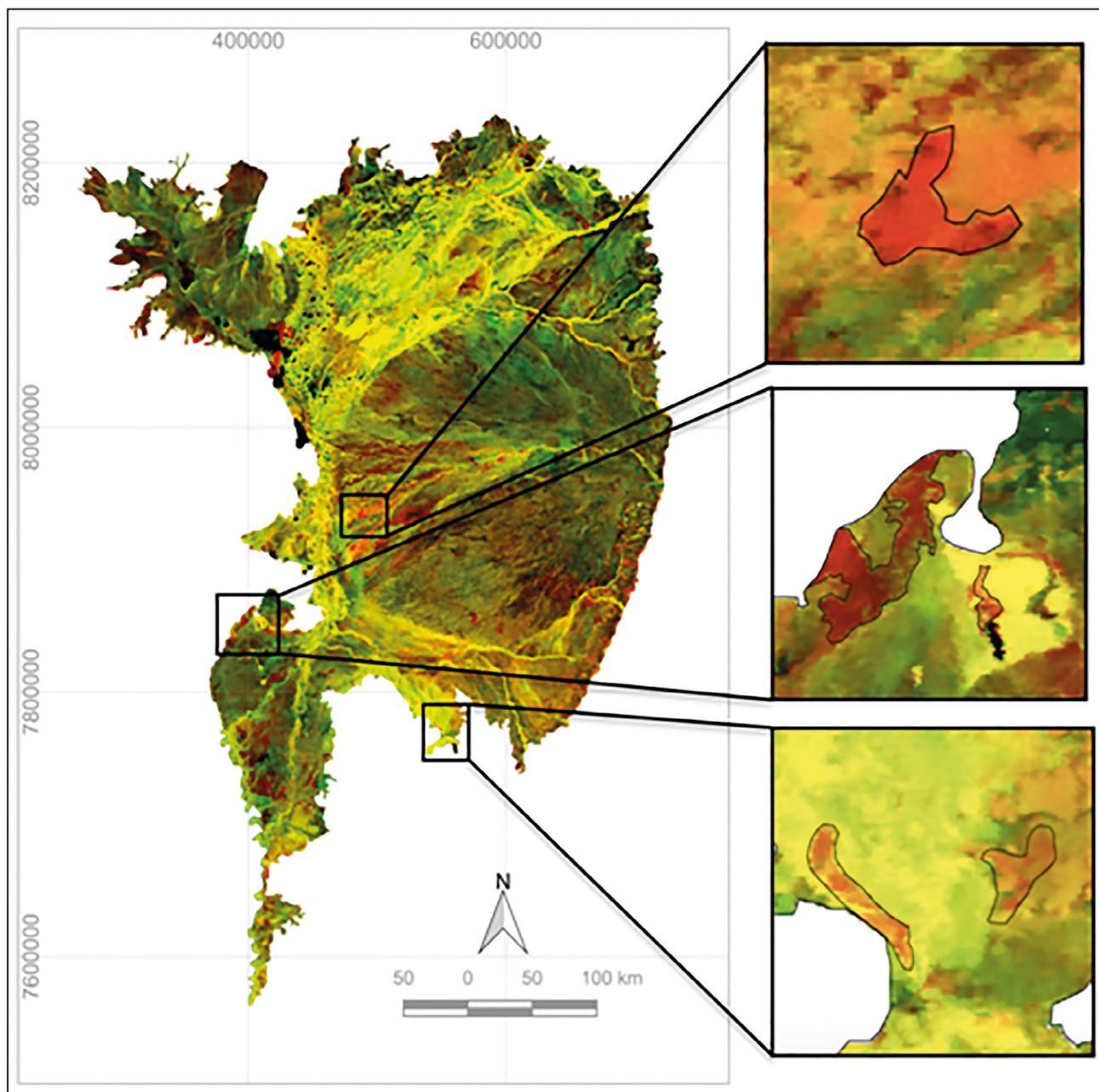


Figura 4 Composição multitemporal elaborada com as bandas de NDVI de 2000 e 2015 do sensor MODIS (USGS, 2000; 2015), onde R – NDVI 2000, G – NDVI 2015 e B -. Em destaque as áreas de controle onde a redução de fitomassa foi identificada.

### 3 Resultados e Discussão

Os valores mínimos e máximos do índice encontrados para cada classe de cobertura vegetal estão descritos na Tabela 1.

O resultado da classificação, através das faixas de valores do índice, do produto MODIS MOD13Q1 (Tabela 1), é apresentado na Figura 5. As áreas com maior quantidade de biomassa são representadas em tons escuros, sendo que as

regiões com predominância de vegetação rasteira são visualizadas em cinza e os locais visualizados

	2000		2015	
	Mín	Máx	Mín	Máx
Vegetação densa	6003	9070	6121	9644
Gramíneas	4725	5968	4711	6097
Áreas sem vegetação	-2000	4691	-2000	4702

Tabela 1 Valores máximos e mínimos para cada classe, para os anos de 2000 e 2015.

em branco representam regiões sem vegetação. É interessante destacar que os valores máximos e mínimos apresentados na legenda são diferentes, pois foram obtidos de imagens de anos diferentes.

Os resultados possibilitaram a quantificação das classes de cobertura vegetal e a comparação entre o ano de 2000 e 2015. Na coluna ‘diferença’ da Tabela 2, os valores negativos indicam que ocorreu diminuição de área e os valores positivos, expansão.

Os resultados demonstram que de 2000 a 2015 ocorreu redução de 19.000,24 km<sup>2</sup> da área classificada como vegetação densa, o que representa 28,8% da área ocupada no ano de 2000. A classe de gramíneas (vegetação rasteira e pastagens) sofreu expansão de 6.965,61 km<sup>2</sup> e as áreas sem vegetação aumentaram 12.101,84 km<sup>2</sup>.

O decréscimo da vegetação densa junto ao aumento das áreas de gramíneas deve-se principalmente à expansão da pecuária no Pantanal,

	2000 (km <sup>2</sup> )	2015 (km <sup>2</sup> )	Diferença (km <sup>2</sup> )	Porcentagem (%)
<b>Vegetação densa</b>	65960,49	46960,25	-19000,24	-28,8
<b>Gramíneas</b>	60177,00	67142,61	6965,61	11,6
<b>Áreas sem vegetação</b>	14477,25	26579,09	12101,84	83,6

Tabela 2 Classes identificadas e suas respectivas áreas para os anos 2000 e 2015.

como já havia sido constatado por Paranhos Filho *et al.* (2014), que avaliou as mudanças ocorridas na cobertura do solo entre 2003 e 2010. A grande expansão das áreas sem vegetação também corroboram com a premissa do desmatamento.

Na comparação entre as imagens coletadas pelos sensores MODIS e OLI (Figura 6) foram demarcados polígonos do entorno de áreas identificadas com redução de fitomassa.

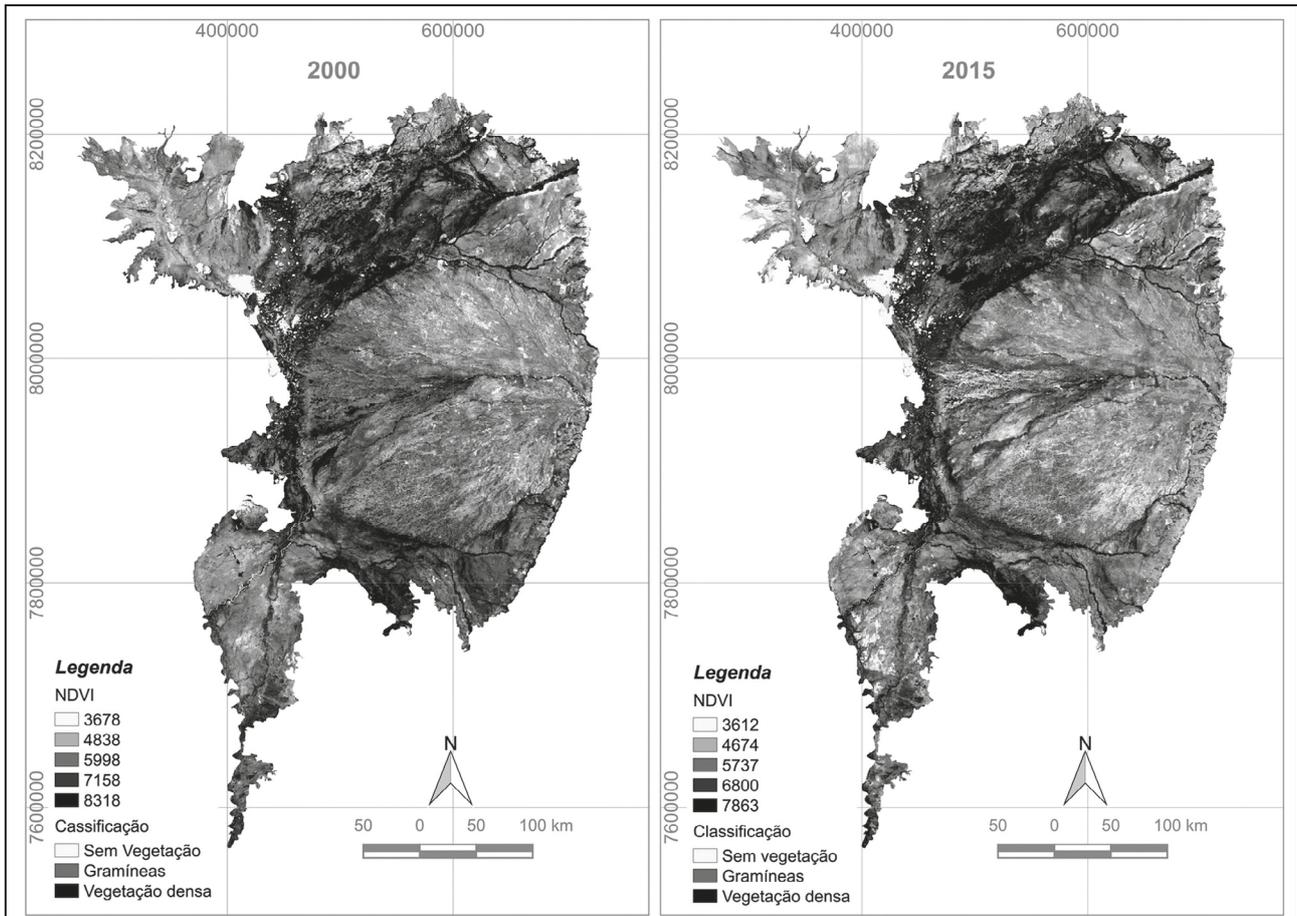


Figura 5 Imagens do NDVI de 2000 e 2015 do produto MOD13Q1 (USGS, 2000; 2015). As áreas mais escuras são as que possuem maior valor do índice e representam regiões cobertas por vegetação mais densa. Em cinza as áreas cobertas por vegetação rasteira (gramíneas e pastagens) e em branco são áreas sem vegetação.

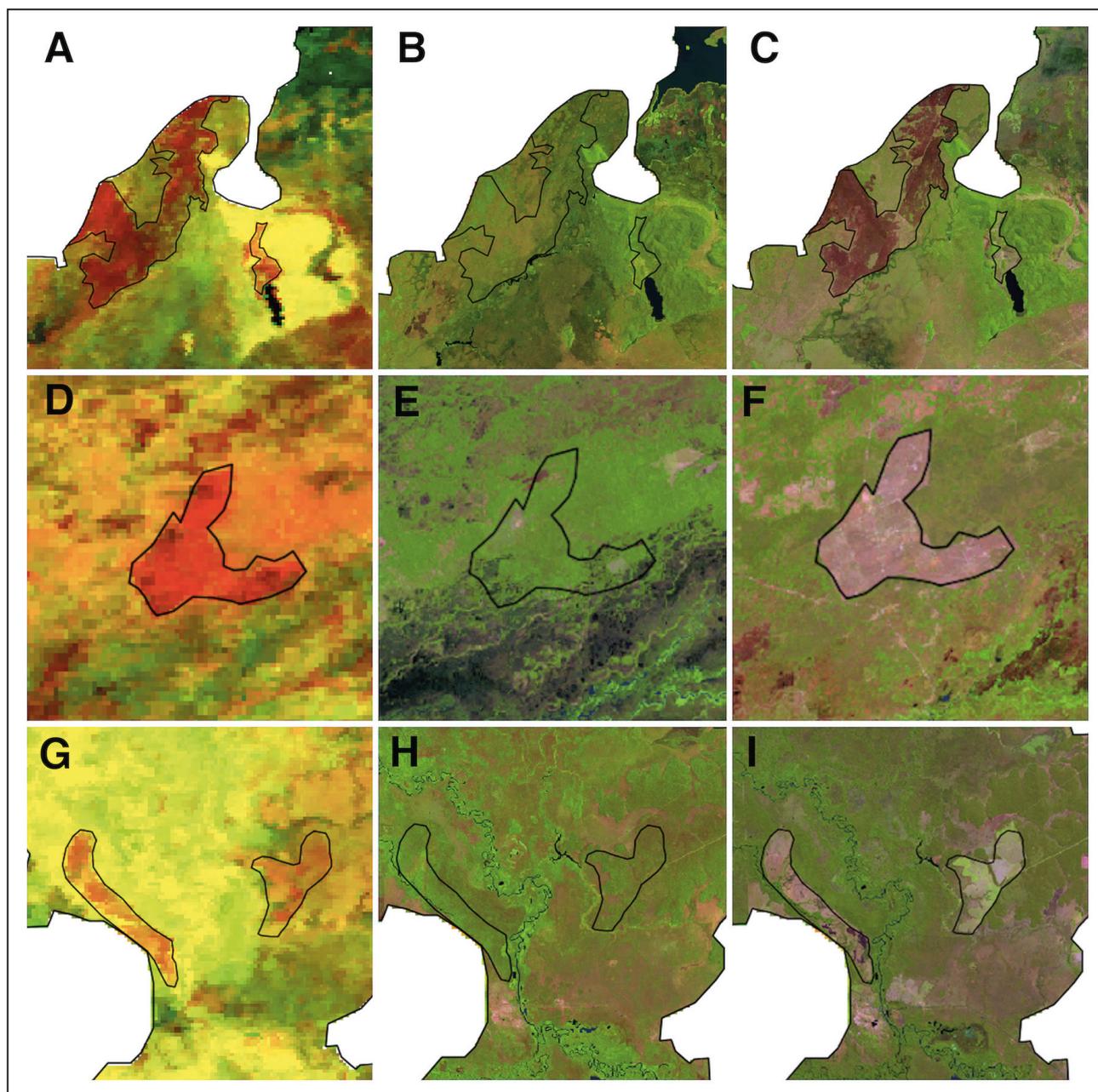


Figura 6 Comparação entre a composição multitemporal da imagem MODIS (USGS, 2000; 2015), imagens Landsat 5, RGB 543 (Earth Explorer, 2000a; 2000b) e Landsat 8 (Earth Explorer, 2015a; 2015b). As demarcações são áreas que tiveram perda de vegetação. Tais áreas aparecem em vermelho na composição multitemporal, ilustrada na primeira coluna (A, D e G – NDVI MODIS). Na segunda coluna (B, E e H – Landsat 5) estão representadas as mesmas áreas no ano 2000, ainda vegetadas. Na terceira coluna (C, F e I – Landsat 8) podem-se observar as áreas sem vegetação em 2015.

Observando a Figura 6, verifica-se que, mesmo apresentando resolução espacial de 250 m, é possível identificar desmatamentos através da observação de imagens do sensor MODIS. Nos exemplos apresentados na Figura 6, estão demonstradas áreas com vegetação em 2000 e em 2015 as mesmas áreas com solo exposto. Tais áreas se destacam em

vermelho na composição multitemporal elaborada com as bandas de NDVI do sensor MODIS.

#### 4 Conclusão

A preocupação com a manutenção do funcionamento ecológico do Pantanal tem aumentado consideravelmente devido às ameaças

antrópicas que a região vem sofrendo. A criação de novas metodologias que auxiliem no monitoramento de grandes áreas, no intuito de analisar as mudanças ocorridas na região é de fundamental importância.

A metodologia proposta neste trabalho tem muito a contribuir com isso, principalmente pelo fato de que todos os dados, informações e programas utilizados são disponibilizados de forma gratuita na internet, não sendo, portanto, necessários gastos com a aquisição dos mesmos. Desse modo, tal procedimento pode ser aplicado em diversas regiões, contribuindo para a fiscalização e monitoramento de regiões de maneira remota e gratuita.

De maneira geral, os resultados permitem concluir que houve mudança na cobertura do solo entre 2000 e 2015 no Pantanal, sendo a principal modificação a substituição da vegetação nativa por pastagens, fato que demonstra a necessidade de medidas que visem a correta utilização e preservação deste local tão único e peculiar.

Os resultados deste estudo corroboram os resultados obtidos anteriormente por Paranhos *et al.* (2014) que, através de uma classificação automática não supervisionada no *software* Erdas (ERDAS, 2006), identificou redução de área arbóreo-arbustiva e consequente aumento de áreas de gramíneas no Pantanal.

## 5 Agradecimentos

A CAPES pela bolsa de Doutorado de C. L. Miotto. Ao CNPq pela Bolsa de Produtividade em Pesquisa (Processo 305300/2012-1, de A.C. Paranhos Filho).

## 6 Referências

- Adami, M.; Freitas, R.M de; Padovani, C.R.; Shimabukuro, Y.E & Moreira, M.A. 2008. Estudo da dinâmica espaço-temporal do bioma Pantanal por meio de imagens MODIS. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43(10): 1371-1378.
- Alvarenga, S.M.; Brasil, A. E.; Pinheiro, R. & Kux, H.J.H. 1984. *Estudo geomorfológico aplicado à Bacia do Alto Paraguai e Pantanaís Mato-grossenses*. In: Brasil. Ministério das Minas e Energia. Projeto RADAMBRASIL. Salvador. Boletim Técnico; Série Geomorfológica, p. 89-183.
- Anderson, L.O.; Latorre, M.L.; Shimabukuro, Y.E.; Arai, E. & Carvalho Jr., O.A. 2003. *Sensor MODIS: uma abordagem geral*. São José dos Campos: INPE. 54p. Disponível em: <http://www.cvmn.com.br/HTML/Arquivos/Sensoriamento%20remoto/SENSOR%20MODIS%20UMA%20ABORDAGEM%20GERAL.pdf>. Acesso em: 10 de agosto de 2015.
- Benedetti, A.C.P.; Lippert, D.B.; Rudiney, S.P.; Almeida, C.M.; Cardoso, C.D.V. & Hendges, E.R. 2013. Uso do produto

- MOD13Q1 do sensor Modis para análise temporal e mapeamento das florestas nas Serras do Sudeste e Campanha Meridional do Rio Grande do Sul. *Revista Árvore*, 37(3): 459-467.
- Brasil. 1974. Ministério do Interior. *Estudo hidrológico da bacia do Alto Paraguai*. Rio de Janeiro, DNOS, 284p.
- Earth Explorer. 2000. *Imagens Landsat 5*. Órbita 227, ponto 073. Data de Passagem 21/09/2000. Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 10 de setembro de 2015. a.
- Earth Explorer. 2000. *Imagens Landsat 5*. Órbita 226, ponto 074. Data de Passagem 30/09/2000. Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 10 de setembro de 2015. b.
- Earth Explorer. 2015. *Imagens Landsat 8*. Órbita 227, ponto 073. Data de Passagem 21/09/2015. Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 24 de setembro de 2015. a.
- Earth Explorer. 2015. *Imagens Landsat 8*. Órbita 226, ponto 074. Data de Passagem 25/08/2015. Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 24 de setembro de 2015. b.
- Erdas. 2006. *Imagine*. Software versão 9.1. Norcross, GA, USA: Leica Geosystems Geospatial Imaging.
- Goltz, E.; Brandão, D.; Tomás, L.; Mantelli, L.R; Adami, M; Shimabukuro, Y.E & Formaggio, A. R. 2007. Utilização de índices espectrais de vegetação do sensor MODIS na determinação de áreas susceptíveis a alagamento no Pantanal sulmatogrossense. *Revista Brasileira de Cartografia*, 59(1): 35-44.
- Miotto, C.L.; Albrez, E.A. & Paranhos Filho, A.C. 2012. Contribuição à caracterização das sub-regiões do Pantanal. *Revista Entre-Lugar*, 8: 165-180.
- NASA. National Aeronautics and Space Administration. 2015. *MODIS - Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*. Disponível em: <http://modis.gsfc.nasa.gov/about/>. Acesso em: 10 de julho de 2015.
- Paranhos Filho, A.C.; Moreira, E.S.; Oliveira, A.K.M.; Pagotto, T.C S. & Miotto, C.L. 2014. Análise da variação da cobertura do solo no Pantanal de 2003 a 2010 através de sensoriamento remoto. *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 19(volume especial): 69-76.
- QGIS Development Team. 2015. *QGIS versão 2.8. Chugiak*. Disponível em: [http://www.qgis.org/pt\\_BR/site/index.html](http://www.qgis.org/pt_BR/site/index.html).
- Rudorff, B.F.T.; Shimabukuro, Y.E. & Ceballos, J.C. 2007. *O Sensor MODIS e suas aplicações ambientais no Brasil*. 1ª edição. São José dos Campos, Parêntese. 425p.
- Shimabukuro, Y.E & Rudorff, B.F.T. 2006. *Dados do sensor MODIS para o mapeamento e monitoramento da cobertura vegetal e uso da terra*. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 1. (GeoPantanal), Campo Grande, 2006. *Anais*, São José dos Campos: INPE, 2006. p. 929-238.
- Silva, J.S.V. & Abdon, M.M. 1998. Delimitação do Pantanal brasileiro e suas sub-regiões. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 33(especial): 1703-1711.
- Solano, R.; Didan, K.; Jacobson, A. & Huete, A. 2010. *MODIS vegetation index user's guide: MOD13 series*. Arizona, The University of Arizona. 42p. Disponível em: [http://vip.arizona.edu/documents/MODIS/MODIS\\_VI\\_UsersGuide\\_01\\_2012.pdf](http://vip.arizona.edu/documents/MODIS/MODIS_VI_UsersGuide_01_2012.pdf). Acesso em: 10 de agosto de 2015.
- USGS. 2000. United States Geological Survey. *Imagens MODIS*. Quadrantes h12v10 e h12v11. Datas de passagem 13 de setembro de 2000.
- USGS. 2014. *Vegetation Indices 16-Day L3 Global 250 m*. MOD13Q1. Disponível em: [https://lpdaac.usgs.gov/dataset\\_discovery/modis/modis\\_products\\_table/mod13q1](https://lpdaac.usgs.gov/dataset_discovery/modis/modis_products_table/mod13q1)
- USGS. 2015. United States Geological Survey. *Imagens MODIS*. Quadrantes h12v10 e h12v11. Datas de Passagem 14 de setembro de 2015.