

## Análise temporal da cobertura do solo em planícies pantaneiras entre os anos de 1984 e 2014

João Vitor Rodrigues de Oliveira <sup>1</sup>  
Thais Marcela Duarte de Siqueira <sup>1</sup>  
Rodrigo Adversi Silva <sup>1</sup>  
Gustavo Manzon Nunes <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT / FENF  
LabSensoR - Laboratório de Sensoriamento Remoto e Geotecnologias  
Av. Fernando Corrêa da Costa, 2367 - Boa Esperança, 78068-600 – Cuiabá - MT, Brasil  
{joavitorflorestal, siqueira20151, rodrigoadversi, gustavomn}@gmail.com

**Abstract.** This work aimed to use remote sensing techniques for spatial and temporal analysis of soil and landscape variations between the years of 1984 and 2014 in an area of the Pantanal located in the county of Barão de Melgaço - MT. The data used were obtained from Thematic Mapper and Operational Land Imager sensors which are on board of Landsat 5 and 8 satellites. Techniques of OBIA (Object based image analysis) were used to classify the images, to aid in digital processing the NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) was calculated. The results were satisfactory, providing relevant information for a better resource management.

**Palavras-chave:** Pantanal, spatial and temporal analysis, remote sensing, pantanal, análises espaciais e temporais, sensoriamento remoto.

### 1. Introdução

O Pantanal é considerado a maior Área Úmida continental do planeta. As Áreas úmidas cobrem no mundo cerca de 250 milhões de hectares, tendo uma grande importância nos ciclos biogeoquímicos e como habitats para a vida silvestre de todos os tipos. Nestas áreas, a saturação ou completo alagamento do solo pela água superficial ou subterrânea seleciona organismos com adaptações para viver em solos mal drenados (Lugo 1990). Diferente de outras áreas úmidas, o Pantanal é uma planície intermitente e sazonalmente inundada. A flutuação anual do nível da água (pulso de inundação) regula os processos ecológicos que ali ocorrem (Junk *et al.*, 1989).

Diferentes habitats, tipos de solos e regimes de inundação são responsáveis pela grande variedade de formações vegetais (Pott & Adámoli, 1999), as oscilações dos níveis da inundação que ocorrem no Pantanal, causadas principalmente pela variação pluviométrica e mudanças na dinâmica sedimentológica, podem funcionar como um filtro ao estabelecimento e desenvolvimento de algumas espécies de plantas. Estas variações levam-nas a enfrentar mudanças frequentes e fundamentais das condições ambientais dos habitats, como as de extremo estresse hídrico, seja pela falta ou pelo excesso de água (Junk & da Silva, 1999; Collischonn *et al.*, 2001; van der Valk 1981). Esta condição tem levado à permanência de grande quantidade de espécies pioneiras no Pantanal, que mantêm suas populações em altas densidades, de acordo com os requerimentos fisiológicos e ecológicos da espécie (Pott & Pott 1994; Silva *et al.*, 2000).

A causa da proliferação destas populações parece estar relacionada à presença de ciclos plurianuais de inundação, nos quais períodos de grandes cheias e secas que ocorrem no Pantanal, em intervalos plurianuais, acarretam a retração e o aumento de populações de espécies pioneiras como *Vochysia divergens*, dando à vegetação um caráter irregular no tempo e no espaço (Junk & Da Silva 1999; Nunes da Cunha & Junk 2001). Entender a dinâmica da vegetação do Pantanal é fundamental para determinar políticas de gestão e manejo. Um ecossistema particularmente savânico, com predomínio de vegetação campestre, está tendo a paisagem modificada pela proliferação de plantas lenhosas, com formações

florestais ou arbustivas. Os primeiros a se atentarem com o problema foram os pecuaristas da região preocupados com a perda de pastagens nativas.

As tecnologias de sensoriamento remoto são uma importante ferramenta para análise da vegetação, para detecção da dinâmica da cobertura e fatores ambientais associados, monitorar a cobertura vegetal, auxiliando no acompanhamento temporal e espacial da distribuição e dos diferentes tipos de vegetação, fenologia, condições de estresse e mudanças do uso do solo (Tucker, et al. 1985).

Nesse contexto o objetivo desse trabalho é realizar uma análise temporal visando verificar a dinâmica da vegetação em uma área no Pantanal de Barão de Melgaço - MT, através de processamento digital de imagens Landsat com o uso de OBIA, determinando a dinâmica de classes de vegetação no período de 1984 a 2014.

## **2. Metodologia de trabalho**

### **2.1. Área de estudo**

A área da bacia do rio Paraguai, na sua confluência com o rio Paraná, é de 1,095.106 km<sup>2</sup>, representando mais de 35% da área da bacia do Prata. A área drenada pertence a quatro países: a Argentina (165.103 km<sup>2</sup>); a Bolívia (205.103 km<sup>2</sup>); Brasil (370.103 km<sup>2</sup>) e Paraguai (355.103 km<sup>2</sup>). Na Região Hidrográfica do Paraguai, observa-se a presença de Cerrado e Pantanal, além de zonas de transição entre esses dois biomas. A vegetação predominante é a Savana Arborizada (Cerrado) e a Savana Florestada (Cerradão). A propagação das cheias do rio Paraguai se dá ao longo de vários meses do ano, caracterizando o lento escoamento das águas no Pantanal. Isto se deve à complexa combinação das contribuições de cada planície cujas lagoas e baías funcionam como reguladores de vazão acumulam água e amortecem a elevação do nível, durante o crescimento da cheia, e cede água durante a recessão.

Utilizou-se quatro imagens do satélite Landsat, sendo três do Landsat 5 TM e uma do Landsat 8 OLI. As imagens foram obtidas a partir de portal do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), tendo as respectivas datas: 02 de setembro de 1984, 13 de agosto de 1994, 09 de setembro de 2004 e 05 de setembro de 2014. A identificação das imagens é órbita 226 e ponto 72, onde foram realizados recortes espaciais para delimitar a área de estudo, que encontra-se representada na Figura 1.

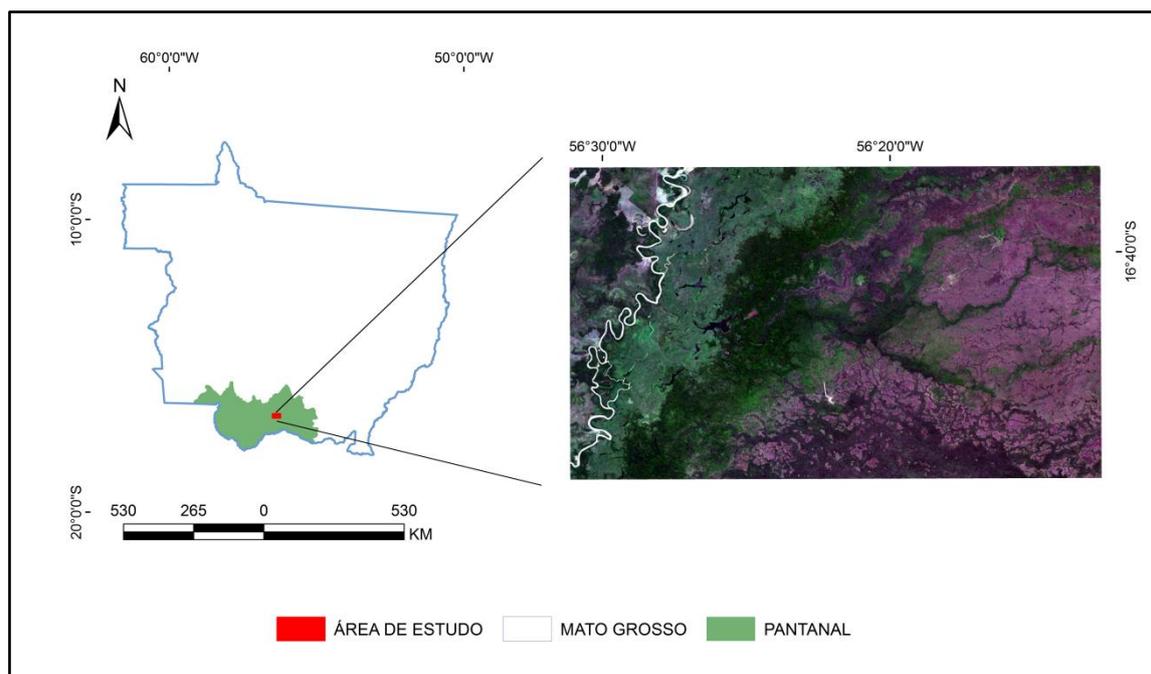


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.

## 2.2. Correções Radiométrica e Atmosférica das imagens

No pré-processamento das imagens foram realizados as correções geométricas, radiométricas e atmosféricas das 4 cenas (1984, 1994, 2004 e 2014), utilizou-se módulos do software ENVI + IDL Versão 5.1.

## 2.3. Cálculo do NDVI

Moreira (2005) afirma que os dados de reflectância dos alvos podem ser transformados em índices de vegetação, os quais foram criados com o intuito de ressaltar o comportamento espectral da vegetação em relação ao solo e a outros alvos da superfície terrestre, sendo que um dos índices mais utilizados é o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). Para o cálculo do NDVI utilizou-se a Equação (1).

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}} \quad (1)$$

Onde:  $\rho_{NIR}$  = Refletância no canal infravermelho próximo (Banda 4/Landsat 5, Banda 5/Landsat 8) e  $\rho_{RED}$  = Refletância no canal vermelho (Banda 3/Landsat 5, Banda 4/Landsat 8).

Os valores de flutuação obtidos a partir do NDVI foram utilizados na classificação orientada ao objeto, a qual foi feita no software *eCognition Developer*.

## 2.3. Classificação do uso do solo

Na etapa de classificação foi realizado o processamento das imagens, com a utilização do software *eCognition Developer*, onde foi realizada a Classificação Orientada a Objetos (OBIA). Nesta análise, inicialmente foi utilizado o algoritmo de segmentação multirresolução, com parâmetros de escala 30, forma 0,1 e compacidade 0,5.

A segmentação subdivide a imagem em distintos segmentos ou objetos constituintes. O nível até o qual essa subdivisão deve ser realizada depende do problema a ser resolvido. Ou

seja, a segmentação deve finalizar quando os objetos de interesse na aplicação tiverem sido isolados (GONZALEZ E WOODS, 2000).

Após a segmentação inicial, a imagem foi dividida em três grandes classes (Água, Floresta e não Floresta) formando super objetos, os quais foram segmentados novamente com o mesmo algoritmo e parâmetros de escala 10, forma 0,1 e compacidade 0,5 criando dois novos níveis mais detalhados facilitando a próxima etapa.

Em seguida foi realizada a classificação orientada ao objeto das imagens, onde foram considerados os objetos, ou seja, os segmentos compostos por pixels. Este novo conceito de classificação tem como intuito aproximar as técnicas de processamento e extração de informações com o raciocínio humano, ou seja, com a forma de pensar e de reconhecer padrões que intuitivamente adotamos ao interpretar uma imagem ou apreciar uma paisagem (BAATZ E SCHÄPE).

Para a classificação foi utilizado o algoritmo Assign Class, utilizando informações da média dos valores de reflectância das bandas do NIR, SWIR 1 e SWIR 2, além dos valores obtidos pelo cálculo do NDVI.

Foram adotadas as seguintes classes para a classificação da cobertura vegetal: Hidrografia, Solo, Formações Florestais, Formações Savânicas e Formações Arbustivas. Toda a metodologia realizada para a obtenção dos resultados pode ser resumida no fluxograma presente na

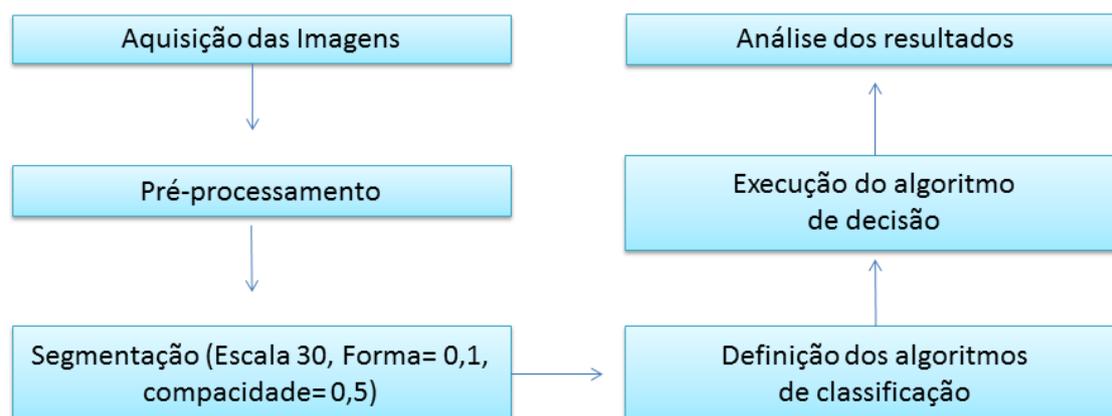


Figura 2. Fluxograma representando a metodologia adotada.

### 3. Resultados e discussão

#### 3.1. Evolução da cobertura vegetal e uso do solo no período de 1984 a 2014

No ano de 1984 as áreas com Formações Savânicas representavam 34,12% da área total de estudo, o que corresponde a 22534,47 ha, enquanto as áreas com Formações Florestais correspondiam a 20,17% da área (13323,55 ha), a que apresentava maior representatividade eram as Formações Arbustivas com 42,09% da área (27796,36 ha), o solo e a hidrografia foram as classes que obtiveram menor expressividade com 1,29% (849,91 ha) e 2,33% (1541,74 ha).

Analisando os dados do ano de 1994 a classe de Formação Florestal ocupa 32,30% (21341,74 ha), a Formação Arbustiva continua ocupando a maior área da paisagem, com 37,79% (24964,29 ha), porém menor que na década anterior. Também houve uma diminuição nas classes: Formação Savânica com 27,64% (18259,96 ha), Solo com 0,55% (364,14 ha) e Hidrografia com 1,72% (1136,52 ha).

Os dados referentes ao ano de 2004 percebe-se um avanço do uso da terra, onde a classe Solo obteve o maior valor durante toda a série temporal, com 3,40% (2248,15 ha), seguido de

um aumento na Formação Arbustiva com 43,83% (28959,25 ha), enquanto as outras classes houve um decréscimo em relação à década anterior, em que a Formação Florestal e Savânica foram respectivamente 27,73% (18325,26 ha) e 23,45% (15494,71 ha).

Observando a classe de Formação Florestal, de 1984 a 1994 houve um aumento, porém em 2004 ocorreu uma expressiva redução. Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2010) o Pantanal teve sua cobertura vegetal nativa suprimida, entre 2002 e 2008, em 4279 km<sup>2</sup>, o que representa uma taxa anual média nesses seis anos de aproximadamente 713 km<sup>2</sup>/ano, ou seja, o Pantanal perdeu, em média, 0,47% de sua cobertura vegetal nativa por ano no período analisado.

Em 2014 percebe-se claramente o avanço da Formação Florestal com 40,11% (26494,83 ha), e uma diminuição da Formação Arbustiva com 32,55% (21503,74 ha). A Formação Savânica manteve-se praticamente inalterada em relação ao ano de 2004, com 25,24% (16679,56 ha), a classe de Solo apresentou uma redução expressiva em sua distribuição espacial, com 0,61% (400,77 ha) enquanto a Hidrografia diminuiu de forma menos expressiva, 1,49% (983,74 ha). Os dados podem ser observados na Tabela 1 e na Figura 3.

Tabela 1. Dados obtidos pela quantificação das classes no programa *eCognition* em hectares.

| Classes            | Anos     |          |          |          |
|--------------------|----------|----------|----------|----------|
|                    | 1984     | 1994     | 2004     | 2014     |
| Hidrografia        | 1541,74  | 1136,52  | 1039,275 | 983,74   |
| Formação Arbustiva | 27796,36 | 24964,29 | 28959,25 | 21503,74 |
| Solo               | 849,915  | 364,14   | 2248,15  | 400,77   |
| Formação Florestal | 13323,55 | 21341,74 | 18325,26 | 26498,83 |
| Formação Savânica  | 22534,47 | 18259,96 | 15494,71 | 16679,56 |

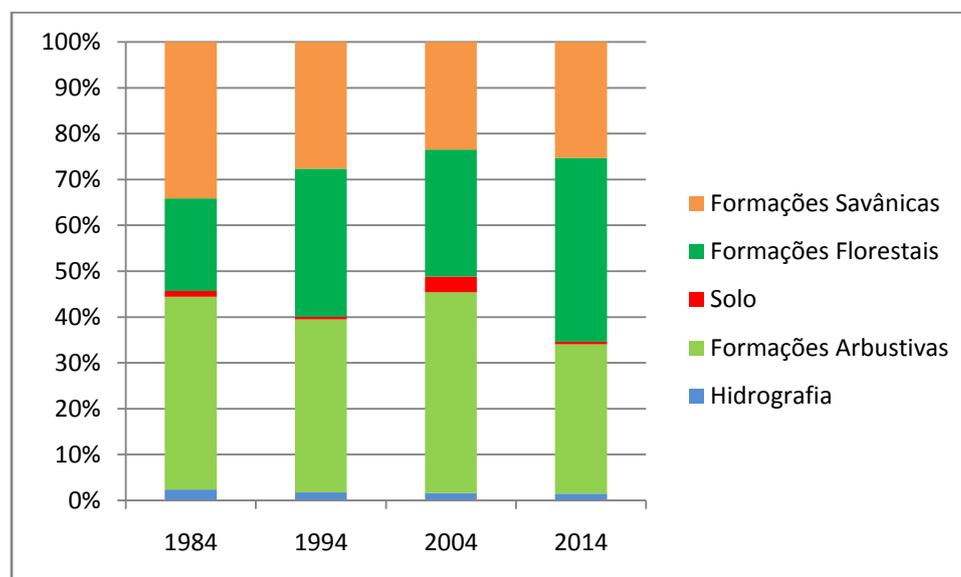


Figura 3. Evolução da cobertura do uso do solo e cobertura vegetal.

Nunes da Cunha & Junk (2004) atentam para a coincidência da entrada de um período plurianual de grande cheia no Pantanal, iniciado em 1974, com o espalhamento de algumas espécies lenhosas, com formações conhecidas localmente como: Pimenteral (*Licania parvifolia*), Pomberal (*Combretum lanceolatum*) e Cambarazal (*Vochysia divergens*). Outras pioneiras podem constituir formações monodominantes, comuns no Pantanal como savanas

arborizadas inundáveis ou como florestas mais densas, tais como acurizal (*Attalea phalerata*), babaçual (*A. speciosa*), canjiqueiral (*Byrsonima orbignyana*), lixeiral (*Curatella americana*), paratudal (*Tabebuia aurea*), pindaival (*Xylopia aromatica*), piuvial (*T. heptaphylla*).

Na Figura 4, observa-se o resultado final das classificações realizadas.

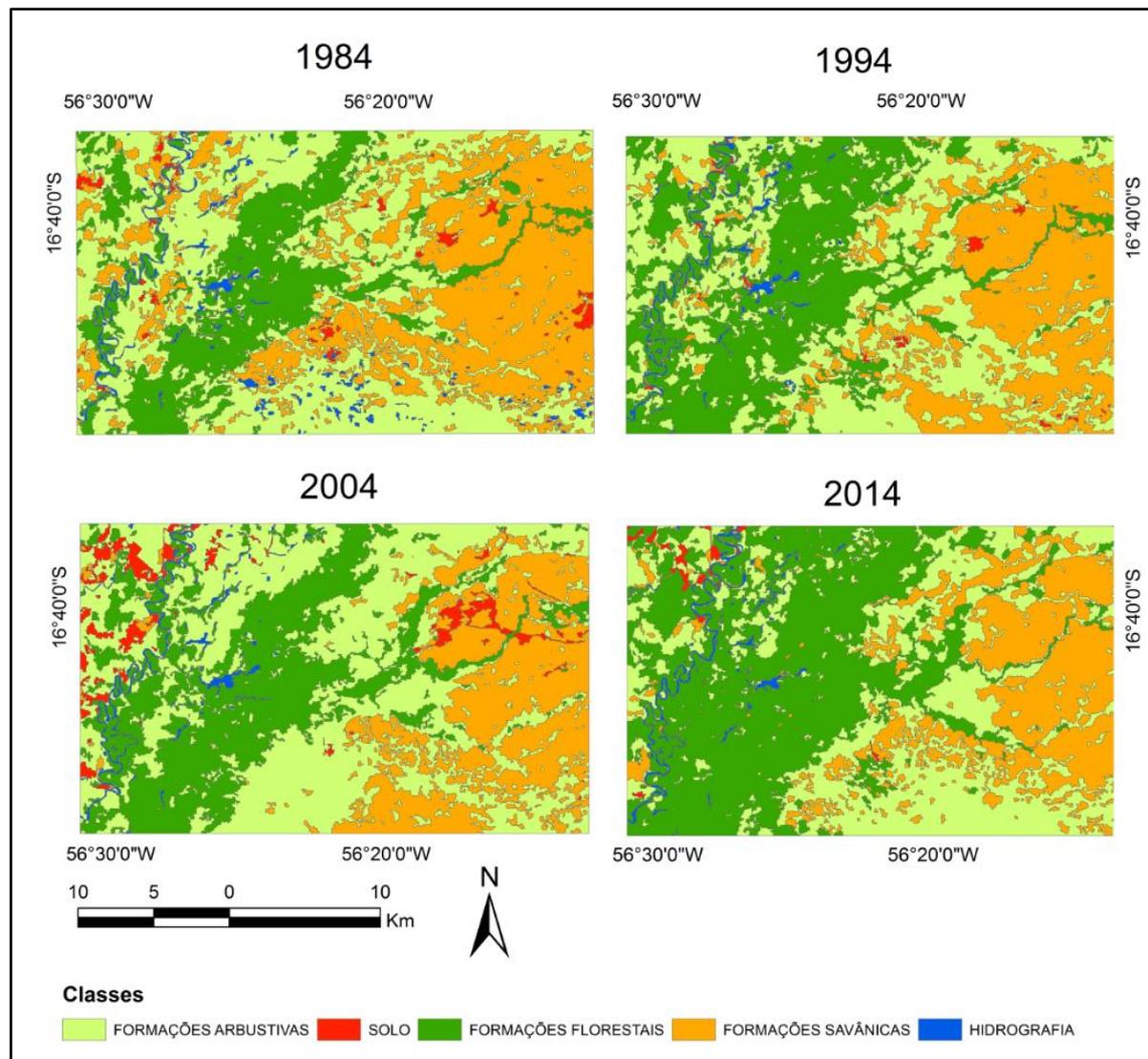


Figura 4. Evolução temporal da cobertura da terra da área de estudo.

#### 4. Conclusões

A partir dos resultados obtidos é possível concluir que ocorreram mudanças temporais significativas na classe de Formações Florestais durante o período de 30 anos analisado, duplicando sua abrangência desde o ano 1984 (20,17%) até 2014 (40,11%), que permitem confirmar o avanço de áreas com espécies de maior porte em áreas de campestres.

Em 2004 ocorreu a retração das Formações Florestais demonstrando que Formação enfrentou modificações ambientais com o avanço das Formações Arbustivas e do Solo, podendo ser explicado pela alta supressão da vegetação arbórea na área de estudo ocorrida entre 2002 e 2008.

Neste contexto, este trabalho obteve resultados satisfatórios na análise do comportamento temporal das classes definidas, fornecendo informações importantes sobre os elementos observados, podendo assim servir como base para estudos da dinâmica da vegetação e para uma gestão adequada dos recursos.

## 5. Agradecimentos

Os autores desse trabalho agradecem a Universidade Federal do Mato Grosso, ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Áreas Úmidas (INAU), Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Tecnológico e Científico (CNPq) por fornecer as bolsas para o desenvolvimento deste trabalho; além de toda a equipe técnica do LabSensor-UFMT por ter contribuído de certa forma.

## 6. Referências Bibliográficas

- Baatz, M & amp; Schäpe, A.: Multiresolution segmentation: an optimization approach for high quality multiscale image segmentation. München. Disponível em: <[www.definiens.com](http://www.definiens.com)>. Acesso em: 13.nov.2016
- Brown, S. and A. E. Lugo. Tropical secondary forests. **Journal of Tropical Ecology**. 6:1-32, 1990.
- Collischonn, W.; Tucci, C.E.M. & Clarke, R. T. Further evidence of changes in the hydrological regime of the river Paraguay: part of a wider phenomenon of climate change? **Journal of Hydrology** 245: 218-238, 2001.
- Gonzalez, R.; Woods, R. **Processamento de Imagens Digitais**. 3. ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 2000. 528 p.
- Junk, W. J. Flood tolerance and tree distribution in central Amazonian floodplains. In: Holm-Nielsen, L.B.; Nielsen, I.C.; Balslev, H. (Eds): Tropical Forests: botanical dynamics, speciation and diversity. **Academic Press, London**: 47-64, 1989.
- Junk, W. J. & Da Silva, C. J. O Conceito de Pulso de Inundação e suas implicações para o Pantanal de Mato Grosso. Pp.17-28. In: **Anais do II Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio- Econômicos do Pantanal: Manejo e Conservação**. Corumbá - MS, 1996. Brasília, Embrapa – CPAP, 1999.
- Monitoramento do Desmatamento nos Biomas Brasileiros por Satélite Acordo de Cooperação técnica MMA/IBAMA. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf\\_chm\\_rbbio/\\_arquivos/relatorio\\_pantanal\\_2008\\_pmdbbs\\_72.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbbio/_arquivos/relatorio_pantanal_2008_pmdbbs_72.pdf)> Acesso em: 14.nov.2016.
- Moreira, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 2.ed. Viçosa-MG: UFV, 2003. 307 p.
- Moreira, M. A.; Shimabukuro, Y. E. Cálculo do índice de vegetação a partir do sensor AVHRR In: **Aplicações ambientais brasileiras dos satélites NOAA e TIROS-N**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. cap. 4, p. 79-101.
- Moreira, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 3ª edição. Editora UFV, 2004. 320p.
- Nascimento, M. T. & Nunes da Cunha, C. Estrutura e composição florística de um Cambarazal no Pantanal de Poconé, MT. **Acta Botânica Brasileira**, 3:3-23, 1989.
- Nunes Da Cunha, C.; Junk, W. J. Distribution of wood plant communities along the flood gradient in the Pantanal of Poconé, Mato Grosso, Brazil. **International Journal of Ecology and Environmental Sciences**, 27, 2001.
- Nunes Da Cunha, C.; Junk, W. J. Year-to-year changes in water level drive the invasion of *Vochysia divergens* in Pantanal grasslands. **Applied Vegetation Science**, 7: 103-110, 2004.

Pott, A. & Pott, V. J. **Plantas do Pantanal**. Embrapa, Brasília, 1994.

Pott, A. & Adámoli, J. Unidades de vegetação do Pantanal de Paiaguás. *In: Simpósio sobre Recursos Naturais e Socio-Econômicos do Pantanal, Manejo e Conservação, Corumbá*. Vol. 2. Embrapa, Corumbá, 1999. Pp.183-202.

Silva, M. P.; Mauro, R.; Mourão, G.; Coutinho, M. Distribuição e quantificação de classes de vegetação do Pantanal através de levantamento aéreo. **Rev. bras. Bot.**/ [online], vol.23, n.2, pp. 143-152, 2000.

Tucker, C. J.; Townshed, J. R. G.; Goff, T. E. African Land-Cover Classification Using Satellite Data. **Science**, Washington, v. 227, n. 4685, p. 369- 375, 1985.

Van Der Valk, A. G. Succession in wetlands: a Gleasonian approach. **Ecology** 62(3): 689-696, 1981.