



## Utilização de índices de vegetação NDVI e EVI do sensor MODIS para caracterização espectro-temporal de coberturas vegetais do Pantanal

Lívia Faria Defeo<sup>1</sup>  
Júlio César Dalla Mora Esquerdo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Faculdade de Engenharia Agrícola – Feagri/Unicamp  
Av. Candido Rondon, 501,  
13083-875 – Campinas, SP, Brasil  
liviadefeo@gmail.com

<sup>2</sup> Embrapa Informática Agropecuária  
Caixa Postal 6041  
13083-000 – Campinas, SP, Brasil  
julio.esquerdo@embrapa.br

**Resumo.** O bioma do Pantanal apresenta grande importância, tanto por sua fauna e flora, quanto por sua economia. No entanto, as atividades humanas, principalmente a agropecuária, têm modificado sua paisagem. Nessa perspectiva, o mapeamento sistemático do Pantanal se torna uma necessidade para o monitoramento do bioma e para a tomada de decisões, em especial por parte dos gestores públicos. O objetivo desse trabalho foi realizar a caracterização espectro-temporal das áreas pertencentes ao Pantanal através das curvas dos índices de vegetação NDVI e EVI. A metodologia utilizada considerou os dados do PROBIO para a localização das classes temáticas estudadas e os dados históricos de índices de vegetação disponíveis no sistema SATVeg entre os anos 2000 e 2016. A partir do banco de dados, calcularam-se os perfis médios para cada classe e para cada índice. Os resultados comprovam a utilização da metodologia como ferramenta de auxílio na caracterização espectral das áreas do bioma, permitindo a discriminação de algumas das classes temáticas a partir das informações históricas dos índices de vegetação.

**Palavras-chave:** sensoriamento remoto, séries temporais, uso e cobertura da terra, mapeamento.

**Abstract.** The Pantanal wetlands biome is of great importance, both for its fauna and flora, and also for its economy. However, human activities, mainly agriculture and livestock, have changed its landscape. In this perspective, land use and land cover mapping of Pantanal becomes necessary for its monitoring and to support Governmental decisions. The aim of this study was to carry out the spectral-temporal characterization of the Pantanal areas using NDVI and EVI temporal profiles. The methodology considered PROBIO data for location of each studied thematic classes and vegetation index historical data available by the SATVeg system between 2000 and 2016. From this database the average temporal profiles for each class and each vegetation index were calculated. Results have demonstrated this methodology as an auxiliary tool for the spectral characterization of the biome areas, leading to the discrimination of some thematic classes using the historical data from the vegetation indexes.

**Key-words:** remote sensing, time-series, land use and land cover, mapping.

## 1. Introdução

O Pantanal é considerado uma das maiores planícies inundáveis do planeta. A pecuária extensiva de corte, a pesca e o turismo são as principais atividades econômicas da região, conduzidas em estrita relação com o ambiente natural. Pertencente a Bacia do Alto Paraguai (BAP), sua porção brasileira abrange os estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul (Silva e Abdon, 1998). Possui uma área de 150.355 km<sup>2</sup> (IBGE, 2004), que corresponde a 1,76% do território brasileiro. Além de apresentar grande importância em termos de fauna e flora, também abriga comunidades indígenas e quilombolas. Apesar de ser o bioma mais conservado do país, com 83% de sua cobertura vegetal nativa (MMA, 2016b), as atividades humanas têm causado impactos em sua paisagem, sobretudo por conta da presença da agropecuária. Nesta perspectiva, o mapeamento e monitoramento sistemático do uso e cobertura da terra em toda a extensão do bioma são fundamentais para que os gestores e formuladores de políticas públicas tenham subsídios para suas decisões.

Dada a grande extensão do bioma, o uso de dados produzidos pelo sensoriamento remoto orbital, em especial as séries temporais de imagens, apresenta-se como uma ferramenta importante para o monitoramento sistemático do uso e cobertura da terra e suas transições ao longo do tempo. Os índices de vegetação são produtos do sensoriamento remoto e foram desenvolvidos para minimizar a influência do solo e de outros alvos no comportamento espectral da vegetação. De acordo com Jackson e Huete (1991), os índices de vegetação têm como objetivo melhorar o sinal da vegetação enquanto diminuem os efeitos do solo e da irradiação solar. Quando observados ao longo do tempo com certa regularidade, a partir de plataformas com elevada resolução temporal, os índices vegetativos são capazes de representar as assinaturas temporais de cada tipo de cobertura vegetal. Tais informações apresentam-se como uma alternativa metodológica de mapeamento, baseada não apenas em uma única data, mas em um conjunto delas, de forma a caracterizar a sazonalidade da vegetação e suas transições (Abade, 2015).

O sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), sob responsabilidade da NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), se encontra a bordo dos satélites Terra e Aqua, possui 36 bandas espectrais e resoluções espaciais que variam entre 250, 500 e 1000 metros (MODIS, 2016). Entre os produtos MODIS pré-processados, disponibilizados pelo LP-DAAC (*Land Processes Distributed Active Archive Center*), um centro ligado à NASA, está o MOD13Q1, que conta com dois índices de vegetação, o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) e o EVI (*Enhanced Vegetation Index*).

O NDVI, proposto por Rouse et al. (1973), quantifica a presença de vegetação e a característica da mesma, variando entre -1 e 1. O NDVI é obtido através da diferença normalizada entre as bandas do infravermelho próximo e do vermelho visível. Segundo Huete et al. (1994),

apesar dos métodos de cálculo utilizados para diferentes índices de vegetação apresentarem metodologias corretas, derivam-se deles diferentes resultados para o mesmo alvo. Portanto, o EVI foi desenvolvido para aprimorar a sensibilidade às condições vegetais e descrever melhor os parâmetros estruturais do dossel da vegetação (Van Leeuwen et al. 1999). O EVI é descrito pela equação que relaciona as bandas do infravermelho próximo, vermelho e azul (Justice et al., 1998).

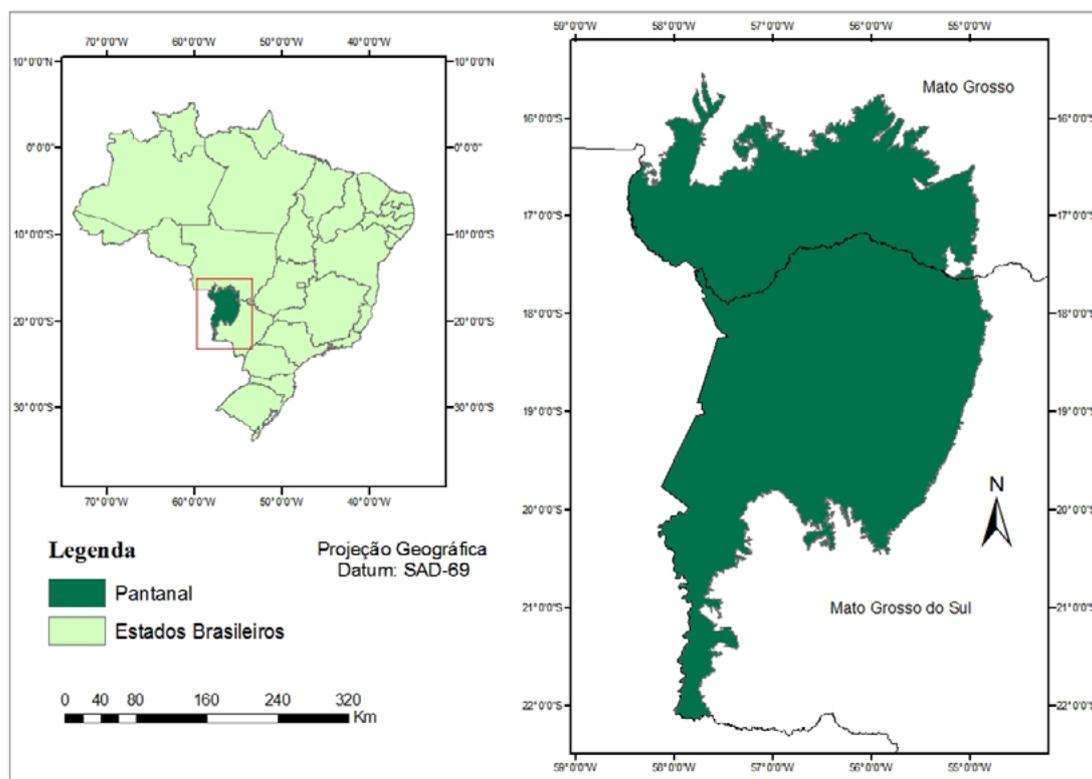
Para o desenvolvimento de sistemas de mapeamento e monitoramento sistemáticos, baseados em dados de séries temporais de índices vegetativos, é necessário conhecimento do comportamento espectro-temporal das principais coberturas vegetais do Pantanal, o que demanda sua caracterização a partir de amostras em locais pré-definidos.

## 2. Objetivo

O presente artigo tem como objetivo avaliar a utilização dos índices NDVI e EVI, provenientes de séries temporais do produto MODIS, na caracterização espectro-temporal de coberturas vegetais do Pantanal.

## 3. Material e Métodos

O pantanal brasileiro pertence à BAP, totalizando 38,21% de sua extensão. A porção brasileira do Pantanal localiza-se entre as latitudes 15° 30' e 22° 30' Sul e longitudes 54° 45' e 58° 30' Oeste (Silva e Abdon, 1998), conforme ilustra a **Figura 1**.



**Figura 1.** Localização da área de estudo.

Para a identificação das classes de interesse, foram utilizadas informações de cobertura e uso da terra da região estudada a partir dos dados do Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira – PROBIO, disponível no site do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2016a). O PROBIO conta com o levantamento e mapeamento dos biomas brasileiros considerando o ano base de 2002. Para o mapeamento do bioma Pantanal, o PROBIO utilizou imagens do satélite Landsat 7, equipado com o sensor ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper Plus*). No caso do Pantanal, o PROBIO considerou 56 classes temáticas e o resultado final foram mapas na escala 1:250.000, cobrindo toda a extensão do bioma. Para o presente trabalho, foi selecionado um conjunto de classes temáticas do PROBIO abrangendo cerca de 74% do bioma, as quais foram reagrupadas, formando 11 subconjuntos temáticos de interesse e uma classe com os valores que não foram explorados. A partir dessa base de dados, foi realizada a amostragem dos pontos para extração dos dados de NDVI e EVI. A amostragem utilizada foi aleatória e estratificada, utilizando 500 pontos, a partir das 11 classes de interesse e a proporção de área das mesmas. Após o sorteio, os pontos utilizados na amostragem abrangiam somente 9 das 11 classes consideradas no trabalho. As duas classes não contempladas, consequentemente, foram as classes com menor área em relação à área de estudo. A **Tabela 1** apresenta a distribuição de pontos em cada uma das classes temáticas.

**Tabela 1.** Quantidade de amostras e proporção da área de cada classe em relação ao bioma.

Classe	Quantidade de amostras	Proporção da área da classe em relação ao bioma (%)
Savana Arborizada	171	25
Savana Parque Gramínea	114	17
Savana Florestada	75	11
Pastagem	75	11
Savana Estépica Parque Gramínea	53	8
Floresta Estacional Decidual	6	0,95
Savana Estépica Arborizada	2	0,35
Vegetação Secundária	2	0,27
Agricultura	2	0,26
Floresta Estacional Semi-Decidual	0	0,06
Savana Estépica Florestada	0	0,002
<b>Total</b>	<b>500</b>	<b>74</b>

Os dados dos índices de vegetação NDVI e EVI das séries temporais MODIS foram obtidos a partir do Sistema de Análise Temporal da Vegetação – SATVeg (SATVEG, 2016), implementado pela Embrapa Informática Agropecuária. O sistema foi desenvolvido para facilitar e agilizar o acesso e visualização de séries temporais de dados de NDVI e EVI do sensor MODIS, a partir de uma plataforma disponível na Internet. Neste estudo, foram obtidos valores de NDVI e EVI filtrados através do método Savitzky-Golay (Savitzky & Golay, 1964). A partir das curvas individuais de cada amostra, foram calculadas as curvas médias de cada classe em diferentes datas para cada índice e, com os resultados obtidos, foram confeccionados os perfis médios.

Para fins de comparação e melhor visualização entre os comportamentos das curvas dos índices vegetativos, os valores obtidos no SATVeg foram padronizados, uma vez que as curvas dos mesmos apresentam diferentes amplitudes. A padronização é dada pela **Equação 1**.

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

Onde:

Z = Valor padronizado

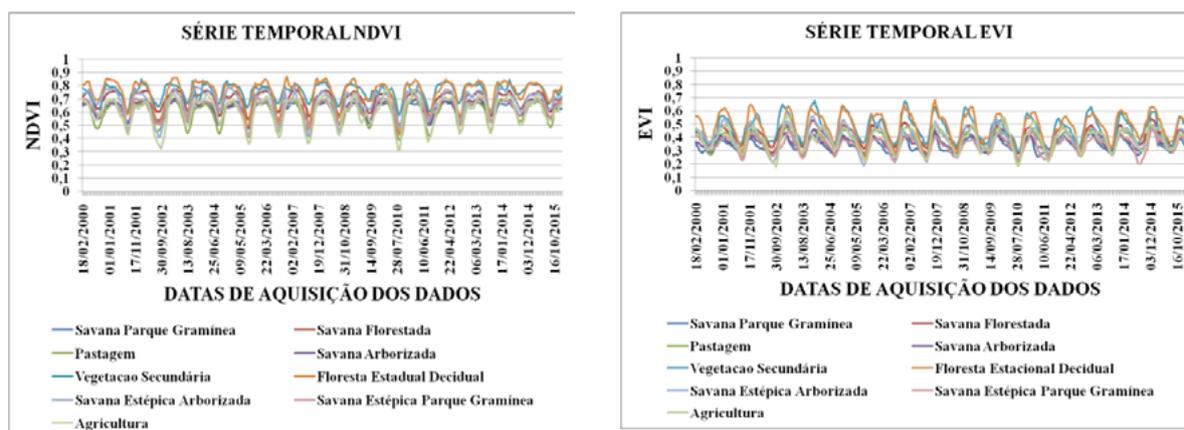
X = Amostra a ser padronizada

$\mu$  = Média da população

$\sigma$  = Desvio padrão da população

#### 4. Resultados e Discussão

A **Figura 2** apresenta os gráficos de comportamento temporal dos índices vegetativos NDVI e EVI para todas as classes temáticas estudadas. Cada curva é composta por 367 valores da série histórica de dados MODIS/Terra, obtidos entre fevereiro de 2000 e fevereiro de 2016. As curvas de ambos os índices apresentam comportamentos cíclicos, resultantes da sazonalidade da biomassa verde da vegetação de cada classe. No entanto, as curvas de ambos os índices possuem amplitudes distintas, uma vez que NDVI variou de 0,3 a 0,9 e o EVI variou de 0,2 a 0,7.



**Figura 2.** Comportamento temporal dos índices vegetativos NDVI (esq.) e EVI (dir.), entre 2000 e 2016, das classes temáticas estudadas.

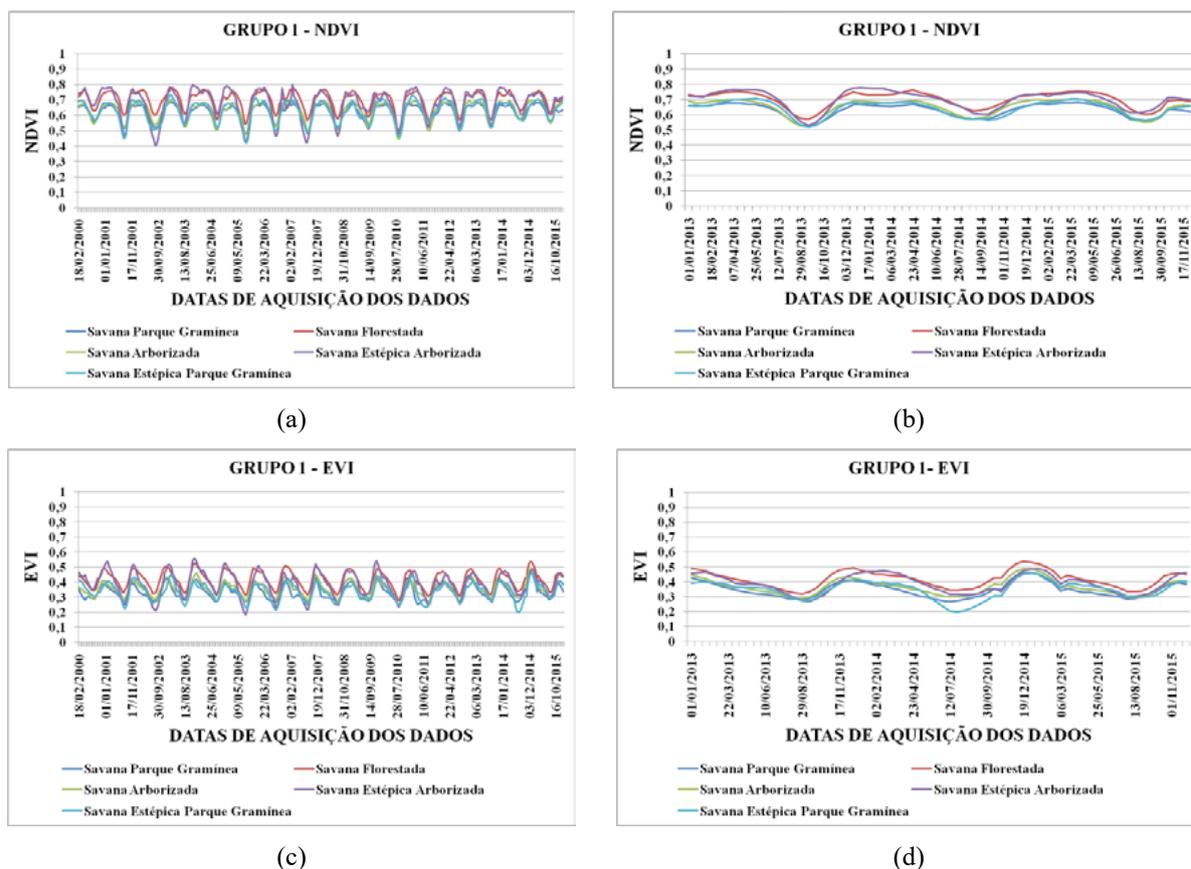
Foi possível identificar alguns grupos de maior similaridade. Dessa forma, as classes de interesse foram divididas em dois grupos, sendo o primeiro deles composto por cinco classes de savana e o segundo com as quatro classes restantes (pastagem, vegetação secundária, floresta estadual decidual e agricultura), conforme mostra a **Tabela 2**. Os grupos foram subdivididos de acordo com as classes que apresentaram perfis médios muito semelhantes, não sendo possível uma diferenciação entre elas.

Para fins de avaliação dos resultados, foram confeccionados gráficos das classes presentes nos grupos 1 e 2 considerando o período total da série temporal (2000 a 2016) e um período de três anos (2013 a 2015), conforme ilustram as **Figuras 3 e 4**.

**Tabela 2.** Agrupamento de classes temáticas com maior similaridade espectro-temporal.

Grupo	Subgrupo	Classe
Grupo 1	A	Savana Estépica Arborizada Savana Florestada
	B	Savana Parque Gramínea Savana Arborizada Savana Estépica Parque Gramínea
Grupo 2	C	Vegetação Secundária Floresta Estadual Decidual
	D	Pastagem Agricultura

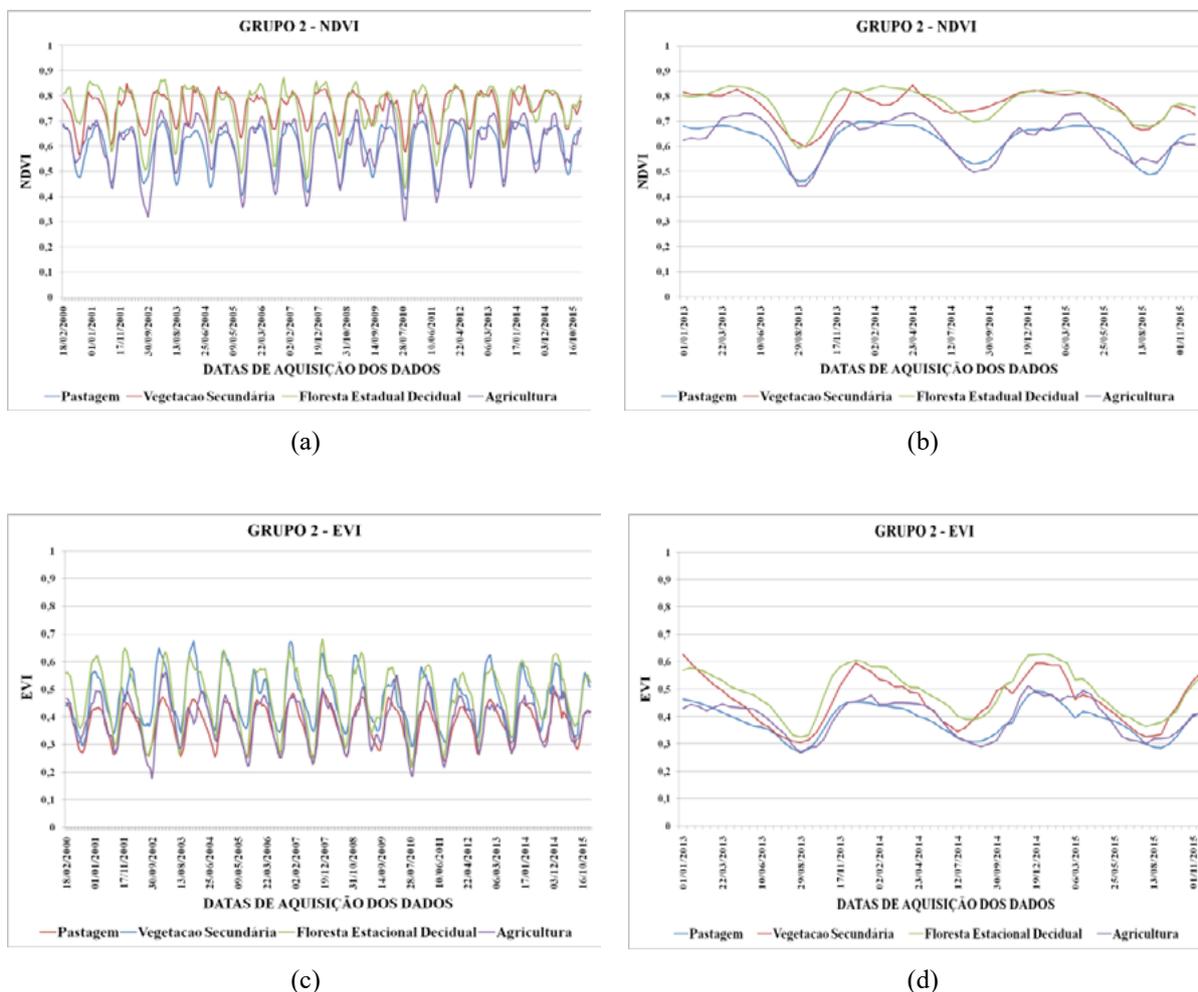
Pela **Figura 3**, verifica-se que é possível distinguir, através dos perfis médios, as classes do subgrupo A das classes do subgrupo B, sobretudo entre os meses de novembro e maio. No entanto, não é possível separar as classes pertencentes ao mesmo subgrupo, uma vez que apresentam comportamento temporal muito semelhante.



**Figura 3.** Comportamento temporal do NDVI e EVI para as classes do grupo 1 entre os anos de 2000 e 2016 (a) e (c) e 2013 e 2015 (b) e (d), respectivamente.

Na **Figura 4** também foi notado um comportamento semelhante nos perfis médios de NDVI e EVI do grupo 2, embora tenha sido possível diferenciar visualmente as curvas do subgrupo C em relação às curvas do subgrupo D, ainda que a diferenciação inter-subgrupos não tenha sido

possível. Nota-se que a diferenciação dos dois subgrupos pertencentes ao grupo 2 foi bastante evidente, não apenas durante os últimos três anos, como também ao longo do período completo, principalmente quando se observa o NDVI.



**Figura 4.** Comportamento temporal do NDVI e EVI para as classes do grupo 2 para os períodos entre 2000 e 2016 (a) e (c) e, 2013 e 2015 (b) e (d), respectivamente.

A **Figura 5** apresenta gráficos comparativos dos índices NDVI e EVI padronizados para cada uma das classes temáticas analisadas. Em geral, as curvas do EVI possuem valores de pico mais altos, enquanto que as curvas do NDVI possuem valores mínimos menores.

A classe de Savana Parque Gramínea foi a que mais apresentou diferenças entre os índices e é possível notar que há um atraso da curva do EVI em relação à curva do NDVI. O mesmo acontece, em menor proporção, com as classes de Savana Florestada, Savana Arborizada e Vegetação Secundária.

As classes de Pastagem, Agricultura, Savana Estépica Parque Gramínea e Savana Estépica Arborizada não apresentaram diferença visual significativa entre as curvas dos índices vegetativos, uma vez que os picos acontecem nas mesmas datas. As curvas desses índices apresentaram comportamento muito semelhante, não sendo possível assim, fazer uma diferenciação dos índices de vegetação através de suas curvas de perfil médio padronizado.



**Figura 5.** Comparação das curvas de perfil médio padronizado do NDVI e EVI para cada classe de interesse.

## 5. Conclusões

Este trabalho apresenta uma metodologia para a caracterização espectro-temporal das principais coberturas vegetais do Pantanal. Os resultados mostraram ser possível o uso de séries temporais de dados de NDVI e EVI para diferenciar alguns grupos de classes temáticas presentes no Pantanal, enquanto que outros apresentam alta similaridade e difícil diferenciação a partir deste tipo de dado. Verificou-se também que os índices NDVI e EVI apresentaram diferenças visuais somente em 4 das 9 classes estudadas, sendo que nas demais os índices são praticamente idênticos. As análises apresentadas neste trabalho são preliminares e deverão ser utilizadas para direcionar análises mais robustas, envolvendo a extração de métricas dos perfis e a aplicação de mineração de dados, de forma a automatizar e aperfeiçoar a caracterização espectro-temporal das coberturas vegetais presentes no Pantanal.

## 6. Referências Bibliográficas

Abade, N. A. **Uso de séries temporais NDVI do MODIS para mapeamento da cobertura vegetal natural e exótica em uma região de transição cerrado-caatinga.** 2015. 71 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade de Brasília, Brasília. 2015.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). **Mapa de Biomas e de Vegetação.** 2004. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm>> Acesso

em: 27. Abr. 2016.

Huete, A. R.; Justice, C.; Liu, H. Development of vegetation and soil indices for MODIS-EOS. **Remote Sensing of Environment**, v. 49, n. 3, p. 224-234, 1994.

Jackson, R. D.; Huete, A. R. Interpreting vegetation indices. **Preventive Veterinary Medicine**, v.11, p. 185-200, 1991

Justice, C.O.; Vermote, E.; Townshend, J.R.G.; Defries, R.; Roy, D.P.; Hall, D.K.; Salomonson, V.V.; Privette, J.L.; Riggs, G.; Strahler, A. The moderate resolution imaging spectroradiometer (MODIS): land remote sensing for global change research. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 36, n. 4, p. 1228-1249, 1998.

MMA (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE). **Mapas de Cobertura Vegetal dos Biomas Brasileiros**. Disponível em <<http://mapas.mma.gov.br/mapas/aplic/probio/datadownload.html>>. Acesso em: 02. Abr. 2016a.

MMA (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE). **Pantanal**. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/biomas/pantanal>>. Acesso em 22. abr. 2016b.

MODIS (MODERATE RESOLUTION IMAGING SPECTRORADIOMETER) **Specifications**. Disponível em <<http://modis.gsfc.nasa.gov/about/specifications.php>>. Acesso em: 27. Abr. 2016.

Rouse J. W.; Haas, R. H.; Schell J. A.; Deering, D. W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, 3., Washington, 1973. **Proceedings...** Washington: NASA, 1974, v.1, p.309-317, 1973.

Savitzky, A; Golay, M.J.E. Smoothing and differentiation of data by simplified least squares procedures. **Analytical Chemistry**, v.36, p. 1627-1639, 1964.

Silva, J. S. V.; Abdon, M. M. Delimitação do Pantanal brasileiro e suas sub-regiões. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 33, n. 13, p. 1703-1711, 1998.

SISTEMA DE ANÁLISE TEMPORAL DA VEGETAÇÃO (SATVEG). Disponível em <<http://www.satveg.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em: 02. Abr. 2016.

Van Leeuwen, W.J.D; Huete, A. R.; Laing, T. W. MODIS vegetation index compositing approach: A prototype with AVHRR data. **Remote Sensing of Environment**, v. 69, n. 3, p. 264-280, 1999.