

Relação entre o EVI2 e a precipitação pluviométrica em uma savana florestada no bioma Pantanal

Douglas Stefanello Facco¹
Anacleto Marito Diogo¹
Eliana Lima da Fonseca¹
Joceli Augusto Gross²
Gustavo Rodrigues Toniolo¹
William Gaida²

¹ Programa de Pós Graduação em Sensoriamento Remoto - UFRGS
Av. Bento Gonçalves, 9500 - Porto Alegre - RS - Brasil
douglas.s.facco@hotmail.com
anacletomarito@gmail.com
eliana.fonseca@ufrgs.br
gustavotoniolo1@gmail.com

² Programa de Pós Graduação em Geografia - UFSM
Av. Roraima, 1000 - Santa Maria - RS - Brasil
{joceliaaugusto, ufsm.william} @gmail.com

Resumo. O objetivo desse trabalho foi analisar a variação sazonal em uma área de vegetação do tipo Savana Florestada localizada no Bioma Pantanal a partir de dados do sensor MODIS em um período de 10 anos, de 2007 a 2017. O bioma vem sendo muito impactado pela ação humana, principalmente pela atividade agropecuária, especialmente nas áreas de planalto adjacentes do bioma. De acordo com o Programa de Monitoramento dos Biomas Brasileiros por Satélite, realizado com imagens de satélite de 2009, o bioma Pantanal mantém 83,07% de sua cobertura vegetal nativa. O monitoramento da vegetação em longa escala temporal é de extrema importância, pois permite que se estabeleçam diagnósticos das variações sofridas em função de sua sazonalidade. Para análise utilizou-se a ferramenta online Series View, que disponibiliza as séries temporais EVI2 do sensor MODIS e precipitação acumulada mensal do Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM). A partir da série temporal de 10 anos com dados de EVI2 e Precipitação foi possível verificar que área de estudo caracterizada por uma vegetação de savana florestada no município de Cáceres apresenta um padrão sazonal em que no período de verão é caracterizado pelas maiores precipitações e maiores valores de EVI2, e período de inverno menores precipitações e menores valores de EVI2 indicando uma relação do padrão sazonal da precipitação com o índice de vegetação EVI2.

Palavras-chaves: Sensoriamento Remoto, Índice de Vegetação, sazonalidade, produto MODIS.

Abstract. The objective of this work was to analyze the seasonal variation in an area of vegetation of the forest savannah located in the Pantanal Biome from data of the MODIS sensor in a period of 10 years, from 2007 to 2017. The biome has been greatly impacted by human action, mainly by the agricultural activity, especially in the adjacent plateau areas of the biome. According to the Monitoring Program of the Brazilian Biomes by Satellite, carried out with satellite images of 2009, the Pantanal biome maintains 83.07% of its native vegetation cover. The monitoring of the vegetation in a long time scale is extremely important, since it allows to establish diagnoses of the variations suffered as a function of their seasonality. For analysis, the tool Series View which provides the MODIS sensor EVI2 time series and monthly accumulated rainfall Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM). From the 10 year time series with data from EVI2 and Precipitation it was possible to verify that the study area characterized by a forested savannah vegetation in the municipality of Cáceres presents a seasonal pattern in which in the summer period is characterized by the highest precipitations and higher values of EVI2, and winter period smaller precipitations and lower values of EVI2 indicating a relation of the seasonal pattern of precipitation with the vegetation index EVI2.

Keywords: Remote Sensing, Vegetation Index, MODIS product, seasonality,

1. Introdução

O bioma Pantanal compreende uma das mais extensas áreas úmidas do planeta, sendo de grande importância ecológica por abrigar centenas de espécies animais e vegetais (Brasil, 2010). Este bioma estende-se sobre parte dos territórios do Brasil, Bolívia e Paraguai, ocupando uma área de aproximadamente 150.355 km² do território brasileiro (IBGE, 2004), que compreende as regiões sudoeste e noroeste dos Estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, respectivamente (Brasil, 2010).

Este bioma, ao longo do tempo vem sendo impactado pelos processos de expansão de atividades antrópicas, como a pecuária. De acordo com o Ministério do Meio Ambiente, o Pantanal ainda detém 83,07% de sua cobertura vegetal nativa, embora apenas 4,6% do Pantanal encontram-se protegidos por unidades de conservação, dos quais 2,9% correspondem a unidades de conservação de proteção integral e 1,7% a unidades de conservação de uso sustentável (Brasil, 2015). Neste aspecto, iniciativas de monitoramento da cobertura florestal e manejo dos recursos naturais são de grande importância para a adoção de políticas públicas para a conservação e preservação dos biomas.

O conhecimento dos processos biológicos de resposta da vegetação frente a ocorrência de eventos que afetam o desenvolvimento fenológico, como oscilações no regime pluviométrico local, constitui-se como uma importante informação para a identificação do estado fenológico e conhecimento dos possíveis efeitos de mudanças climáticas sobre o bioma (Clinton et al., 2014). Desta forma, o monitoramento da vegetação considerando a escala temporal é de grande importância, permitindo o estabelecimento de diagnósticos sobre a resposta da vegetação em relação a eventos climáticos, como longos períodos chuvosos ou de estiagem. Esta resposta pode ser traduzida pelo vigor vegetativo, o qual pode ser avaliado por meio do uso de dados de sensoriamento remoto.

O vigor vegetativo pode ser obtido por meio de índices espectrais, como o Enhanced Vegetation Index 2 (EVI2) (Jiang et al., 2008), desenvolvido a partir da supressão da banda do azul influenciada pelos efeitos atmosféricos, com o objetivo de otimizar a sensibilidade de regiões com elevada biomassa. Este índice é calculado a partir da reflectância de superfície obtida por sensores orbitais como o Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) a bordo dos satélites Terra e Aqua que fazem parte do programa Earth Observation System (EOS) desenvolvido pela NASA, o qual tem como um de seus objetivos a compreensão da distribuição global dos tipos de vegetação, bem como suas propriedades biofísicas e variações espaciais e temporais (Huete et al., 2002).

Neste estudo foi avaliada a relação entre as variações do vigor vegetativo evidenciadas pelo índice EVI2 e os volumes pluviométricos ocorridos em um fragmento de savana florestada do

Pantanal mato-grossense, para responder a seguinte questão: as variações deste índice de vegetação são uma consequência direta das precipitações pluviárias, independentemente do período considerado nas análises?

2. Objetivo

O objetivo desse trabalho foi analisar a variação sazonal do índice de vegetação EVI2 e a precipitação pluvial em uma área de vegetação do tipo Savana Florestada localizada no Bioma Pantanal a partir de dados do sensor MODIS, no período de 10 anos, de julho de 2007 a junho de 2017.

3. Material e Métodos

3.1 Área de Estudo

A área de estudo deste trabalho compreende a área de um pixel fragmento preservado de savana florestada, localizado nas coordenadas 16°25'53.03" de latitude Sul, 58°11'36.70" de longitude Oeste, no município mato-grossense de Cáceres, como mostrado na **Figura 1**.

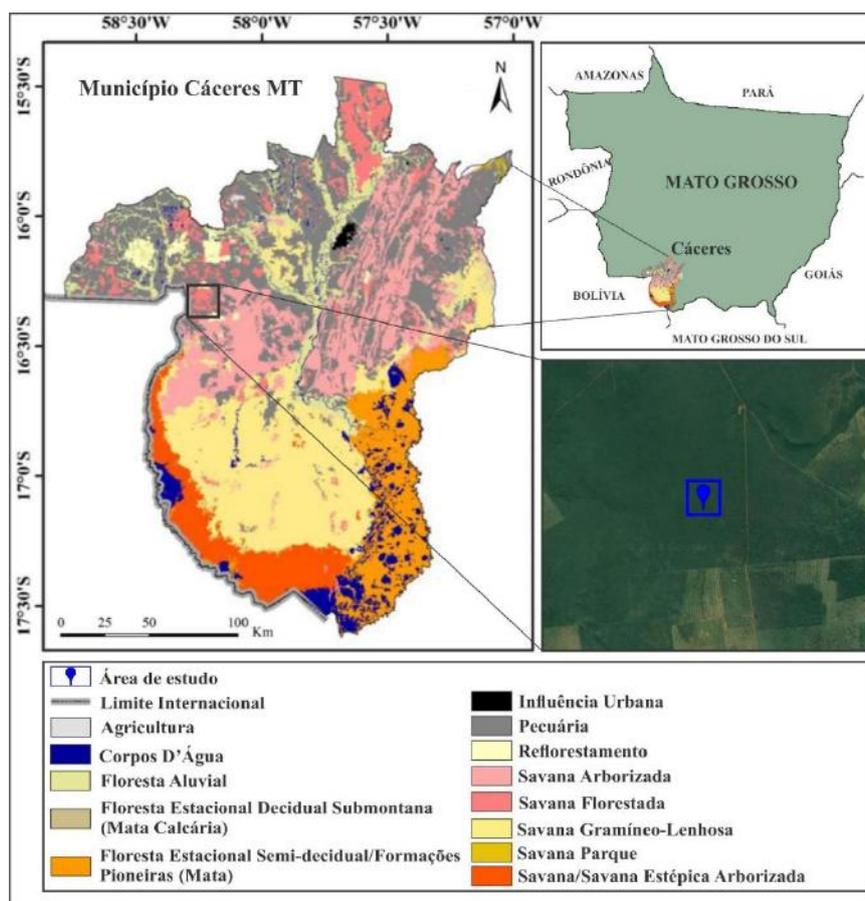


Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo no município de Cáceres, Mato Grosso, contemplando o uso e cobertura da terra e a distribuição das feições fitoecológicas encontradas no município. Fonte: adaptado de Miranda et al (2018). Fonte: Adaptado de Miranda et al (2018).

O bioma do Pantanal é fortemente caracterizado pelo regime pluviométrico local. Considerando a classificação climática de Köppen-Geiger, o clima local pode ser classificado como tropical com estação seca ou tropical semiúmido. Ocorrem duas estações definidas, sendo uma caracterizada por período de grande precipitação pluviométrica, ocorrendo entre os meses

de novembro a março, e outra estação com baixa ocorrência de chuvas, que ocorre de forma mais acentuada entre os meses de maio e setembro (Silva, 2002) Na estação chuvosa, aproximadamente 26% da área total do bioma é atingido pelo ciclo de alagamento anual (Cardozo et al., 2010). Enquanto que durante a estação seca, o bioma adquire características de cerrado (PEPRN, 2008; IBGE, 2012).

No aspecto de cobertura florestal, no município de Cáceres, destacam-se as feições fitoecológicas de floresta aluvial, floresta estacional decidual submontana e estacional semidecidual, savanas arborizada, florestada, gramíneo-lenhosa e estépica (Miranda et al., 2018). Sendo as ocorrências de savana florestada encontradas em sua totalidade distribuídas na forma de fragmentos localizados na região norte da área do município, circundadas por áreas de pastagens destinadas a atividade pecuária (**Figura 1**).

Dentre as feições fitoecológicas constituintes do bioma Pantanal, a savana floresta compreende um subgrupo de formação com fisionomia típica restrita a áreas areníticas lixiviadas, com solos profundos. No aspecto vegetativo, ocorrem exemplares com estruturas lenhosas semelhantes a como mostrado na **Figura 2**.



Figura 2 – Aspecto da savana floresta encontrada no Pantanal mato-grossense. Fonte: Silva; Silva (2013).

Para a realização das análises utilizou-se dados de uma série de imagens EVI2 (*Enhanced Vegetation Index*) de julho de 2007 a junho de 2017, geradas a partir de dados MODIS com resolução espacial de 250 metros disponibilizada pela ferramenta online *Series View* desenvolvida pelo Laboratório de Sensoriamento Remoto Aplicado à Agricultura e Floresta (LAF) (Freitas, et al 2011), e dados de precipitação pluvial acumulada mensal do *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) que estima precipitação pluvial a partir da resposta de sensores de micro-ondas à presença de água ou cristais de gelo nas nuvens.

De acordo Jiang et al. (2008), o EVI2 é calculado a partir da seguinte equação:

$$EVI2 = 2,4 * \frac{NIR - Red}{(NIR + 2,4 * Red + 1)} \quad (1)$$

Onde: NIR é a refletância na banda do infravermelho próximo (banda 2 do MODIS) e Red a refletância na banda do vermelho (banda 1 do MODIS).

Os dados foram submetidos à análise de regressão para a verificação das relações de causa e efeito entre as variáveis. A análise de regressão foi realizada para toda a série de dados e para séries sazonais, ou seja, para os dados de cada estação do ano e ainda para as médias das séries de dados de cada estação do ano. Para cada análise foi aplicado o teste *t* de *student* para verificar a significância das relações, considerando-se $\alpha=0,05$.

Neste sentido, as análises de regressão foram realizadas em um primeiro momento para os dados de cada estação do ano, visando verificar a existência de relações entre as variáveis, limitadas pelos períodos determinados para as estações, ou seja, para verificar se ocorrem variações de EVI2 em relação às precipitações pluviiais, considerando-se aqui que estas são mais ou menos expressivas, em cada estação do ano. As estações do ano foram consideradas conforme Tabela 1.

Tabela 1: Estações do ano para 2018, conforme o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Estações do ano	Período (dia e mês do ano)
Verão	21 de dezembro a 19 de março
Outono	20 de março a 20 de junho
Inverno	21 de junho a 21 de setembro
Primavera	22 de setembro a 20 de dezembro

Fonte: INPE (2018). <<http://clima1.cptec.inpe.br/estacoes/>>.

Posteriormente realizou-se a análise de regressão para toda a série de dados e finalmente foram consideradas as médias da precipitação pluvial e do EVI2 por estação do ano para a verificação das variações sazonais do verdor da vegetação em função das precipitações pluviiais na área de estudo.

4. Resultados e Discussão

Na Tabela 2 estão expostos os dados de médias e valores máximos e mínimos das precipitações pluviométricas do EVI2 por estação do ano. A estação do ano com maior variação das precipitações foi o verão, no entanto, essa variação foi estabelecida sobre os mais altos volumes pluviométricos verificados na série de dados avaliada, sendo a mínima precipitação muito superior às mínimas verificadas para as demais estações do ano. Para o verão também se verificou o valor máximo de EVI2 e a maior média de toda série de dados, o que indica alto vigor vegetativo da vegetação na área de estudo nesta estação do ano. Por outro lado, para os dados de inverno ocorreram as menores médias do EVI2 e as menores precipitações. Para as estações do outono e primavera verificou-se similaridade para os valores de cada variável.

Tabela 2: Estatística descritiva dos dados das variáveis.

Estações do ano	EVI2				Precipitações pluviométricas (mm)			
	Média	Mínimo	Máximo	Diferença entre mínimo e máximo	Média	Mínimo	Máximo	Diferença entre mínimo e máximo
Verão	0,568	0,490	0,664	0,175	211,990	103,200	397,100	293,900
Outono	0,467	0,388	0,551	0,164	121,127	8,500	288,700	280,200

Inverno	0,347	0,241	0,425	0,184	22,417	0,000	110,700	110,700
Primavera	0,467	0,243	0,631	0,388	109,483	14,900	285,600	270,700

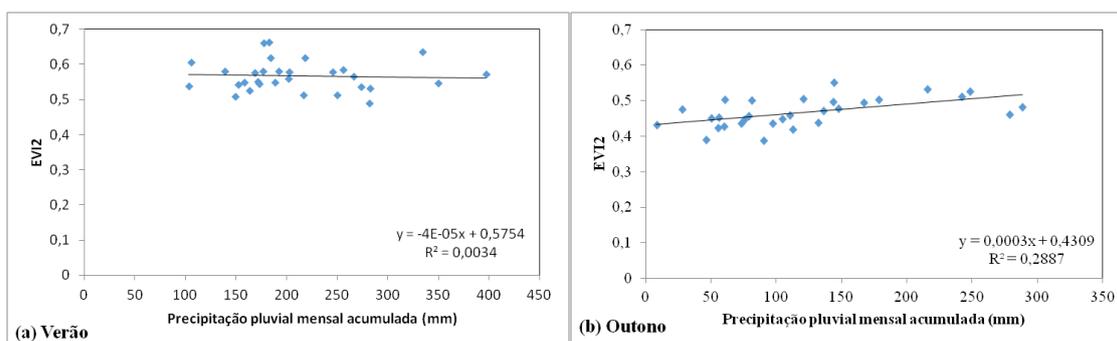
Para os dados das variáveis, considerando-se as estações do ano, relações pouco expressivas foram evidenciadas pelos coeficientes de determinação (R^2) (Figura 3), porém o teste *t* de *student*, aplicado para $\alpha=0,05$ e $n=30-2$ graus de liberdade, indicou coeficientes de correlação significativos para os dados de outono e primavera ($t_{\text{calc outono}}=3,368 > t_{\text{crítico outono}}=2,048$; $t_{\text{calc primavera}}=4,454 > t_{\text{crítico primavera}}=2,048$) mas, no entanto, não significativos para os dados de verão e inverno ($t_{\text{calc verão}}=0,307 < t_{\text{crítico verão}}=2,048$; $t_{\text{calc inverno}}=0,672 < t_{\text{crítico inverno}}=2,048$).

Neste sentido, ficam evidenciadas na Figura 3 duas situações distintas, sendo a primeira relacionada às estações do verão e inverno, quando os valores de EVI2 praticamente não variaram em função das variações nas precipitações pluviométricas ocorridas e uma segunda situação nas estações de outono e primavera, quando ocorreram variações de EVI2 em função das variações das precipitações pluviais, indicando a relação de causa e efeito entre as variáveis.

Para os dados de verão (Figura 3a), a não significativa variação dos valores de EVI2, que condicionou uma reta de regressão praticamente sem inclinação, se deve aos altos volumes pluviométricos verificados para esta estação do ano o que é evidenciado pelos maiores valores de EVI2 verificados em toda série de dados, indicando o efeito das precipitações ou mesmo de períodos de maior umidade sobre a vegetação, que não ocasionaram variação no seu alto vigor vegetativo. Por outro lado, para a estação do inverno foram verificados os menores volumes pluviométricos o que provavelmente proporcionou a ocorrência de maiores quantidades de material vegetal seco ou um desenvolvimento menos expressivo da vegetação verde, que não influenciam os valores de EVI2 positivamente, mantendo-os sem grandes variações (Figura 3c).

Nas estações do outono e primavera, o cenário referente às relações entre EVI2 e precipitação pluvial se modifica. Os coeficientes de determinação entre os dados para estas duas estações foram superiores aqueles verificados para os dados de verão e inverno (Figuras 3c; 3d). No outono, verificou-se um maior coeficiente angular evidenciado pela inclinação da reta regressão (Figura 3b), o mesmo ocorrendo para os dados da estação da primavera que proporcionaram maior inclinação da reta de regressão, indicando a relação de causa e efeito entre as variáveis.

Em suma, para as estações do verão e inverno têm-se situações de homogeneidade do EVI2, com maiores valores verificados no verão e menores no inverno, indicando que a vegetação nestes períodos não sofre grandes modificações relacionadas ao seu vigor vegetativo, mesmo com variações das precipitações pluviométricas ocorridas (Tabela 3). Para as estações do outono e primavera, ocorrem maiores variações nos valores de EVI2, indicando a influência da precipitação pluviométrica.



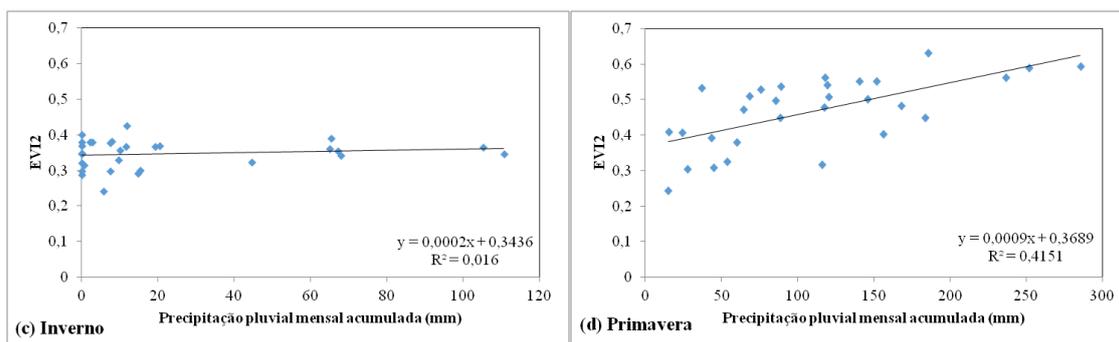


Figura 3 - Diagramas de dispersão gerados para a análise de regressão simples entre a precipitação pluviométrica mensal acumulada e EVI2 por estação do ano.

Considerando-se toda a série de dados analisadas, se verifica que as precipitações pluviárias explicaram 54,73% da variação do EVI2 (Figura 4a). Esta avaliação indica que a variação do EVI2 é evidenciada de maneira significativa quando se considera todo o conjunto de dados, mesmo porque, para os meses de inverno e verão, não ocorrem variações significativas do EVI2 em função das variações nas precipitações pluviométricas. Neste sentido, uma medida de tendência central, fornece a evidência de variações do EVI2 em função da precipitação pluviométrica registrada por estação do ano, com ajuste entre as mesmas significativamente superior aos verificados nas avaliações expostas anteriormente (Figura 4b) e, mesmo que o número de elementos amostrais tenha sido minimizado a partir do cálculo das médias por estação do ano, o ajuste entre as variáveis foi significativo para $\alpha=0,05$ e $n=4-2$ graus de liberdade, com $t_{calc}=14,059 > t_{critico}=4,303$.

Estas avaliações demonstraram que ao aplicar o EVI2 sobre a área de estudo em relação às precipitações pluviométricas, para determinados períodos do ano as relações de causa e efeito entre as variáveis não serão verificadas, mesmo que elas existam como é o caso das estações do verão, com os maiores volumes pluviométricos e de EVI2 avaliados, e do inverno com os menores volumes pluviométricos e valores de EVI2 verificados no presente trabalho. Por outro lado, considerando toda a série de dados ocorre um melhor ajuste entre as variáveis indicando que as variações do EVI2 podem ser consideradas uma consequência das precipitações pluviométricas e que as relações de causa e efeito entre as referidas variáveis são melhor evidenciadas, quando os dados são analisados conjuntamente, englobando as suas variações entre as estações do ano.

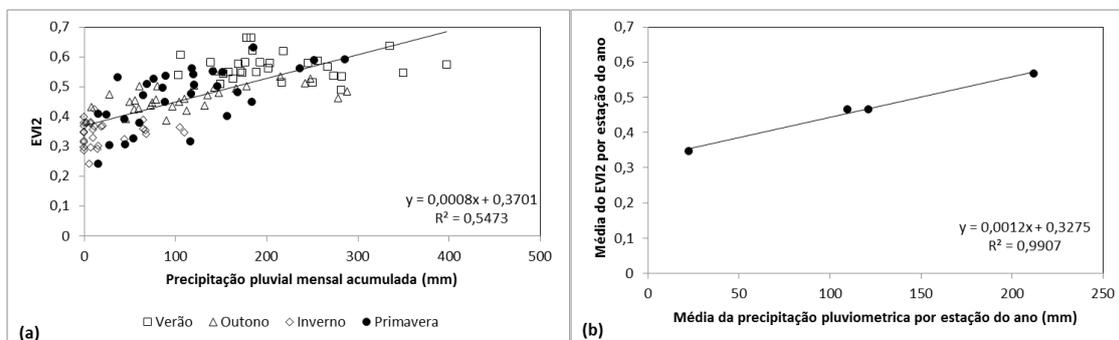


Figura 4 - Diagramas de dispersão gerados para a análise de regressão simples entre a precipitação pluviométrica mensal acumulada e EVI2 para toda a série de dados (a) e para as médias das variáveis por estação do ano (b).

A figura 5 apresenta a variação média mensal dos valores de precipitação pluviométrica e EVI2, no período de dez anos. Observa-se que os menores totais de chuvas ocorrem entre julho a agosto (inverno), sendo que os valores mínimos foram observados 0 mm acumulados mensais em 2012. Por outro lado, os maiores totais pluviais se concentraram entre outubro a março (correspondendo as estações do ano primavera-verão), com pico de 397 mm em janeiro de 2011. Os mesmo conjunto de meses correspondem a 80% do volume precipitado para média histórica de 2007 a 2017.

Observa-se que os valores de EVI2 decrescem a partir de março acompanhando também os níveis precipitados, atingindo o mínimo entre junho e agosto. O ano de 2010 foi o que apresentou os menores valores do índice, 0,24 em agosto. Os maiores índices foram observados nos meses de dezembro dos anos de 2007 e 2013, quando a precipitação esteve 177 e 182 mm, respectivamente.

No geral, os dados de EVI2 adquiridos durante os meses que precedem a estação chuvosa (agosto, setembro e outubro) e também da estação chuvosa (novembro e dezembro) apresentaram maiores desvios padrões e variância dos dados quando comparado com a estação seca e os meses de maiores concentrações de chuvas, como janeiro. Desta maneira, observou-se que as variações nos períodos de chuva possivelmente podem estar relacionadas a sensibilidade à variação fenológica da vegetação.

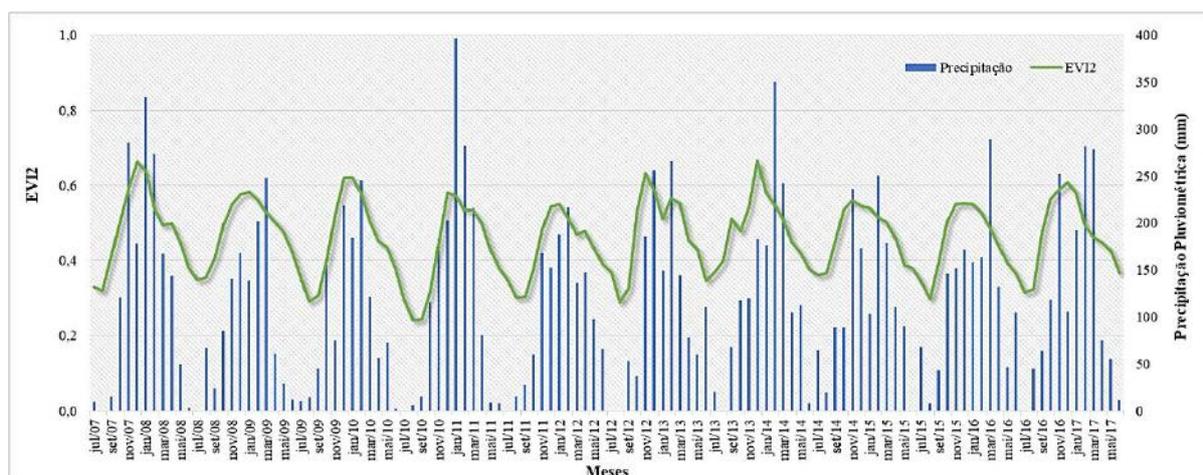


Figura 5 - Valores de EVI2 e Precipitação em (mm) para a área de estudo caracterizada por uma vegetação de savana florestada.

5. Conclusão

As relações entre o EVI2 e as precipitações pluviométricas ocorridas na área de estudo foram mais significativas para as estações do outono e primavera, principalmente para esta ultima, indicando o efeito das precipitações no vigor da vegetação. Por outro lado, para os meses de verão e inverno não ocorreram ajustes significativos entre as variáveis, ou seja, não houve variações significativas de EVI2 em função das variações nas precipitações pluviométricas avaliadas. Para o verão ocorre homogeneidade no que se refere ao vigor da vegetação, em função dos mais altos volumes pluviométricos analisados no presente trabalho, a vegetação em resposta aos altos volumes pluviais responde com um vigor vegetativo significativo, evidenciado pelos mais altos valores de EVI2 verificados nas análises, porém, as relações de causa e efeito entre as variáveis, apesar de existentes, não foram verificadas para esta estação do ano nas análises de regressão. O mesmo ocorreu para os dados de inverno, quando sob as menores precipitações pluviométricas ocorridas, a vegetação manteve-se constante em relação ao seu baixo vigor vegetativo, mesmo com variações das precipitações registradas para esta estação do ano. Nas estações do outono e primavera, verificou-se um cenário distinto, no qual

as relações de causa e efeito entre as variáveis puderam ser verificadas, ainda que de forma sucinta, devido aos baixos coeficientes de determinação calculados, sendo o mais significativo para os dados da estação da primavera, que marca o início de maiores precipitações pluviométricas após um período (inverno) de baixas precipitações e vegetação mais seca, com baixo vigor vegetativo. No entanto, quando os dados foram analisados em todo seu conjunto, ou seja, considerando-se toda a série histórica avaliada, as relações de causa e efeito entre as variáveis ficaram mais evidentes. O mesmo ocorreu para as médias das variáveis por estação do ano, para as quais um significativo ajuste foi verificado mesmo com a redução dos elementos amostrais. Em suma, as variações de EVI2 são uma consequência das precipitações pluviométricas, no entanto, as relações de causa e efeito entre estas variáveis é melhor evidenciada quando se considera todo o conjunto de dados, englobando todas as estações do ano. Para as estações de verão e inverno principalmente não foi possível verificar as relações de causa e efeito entre as variáveis consideradas nas análises de regressão.

6. Referências

- Arrigoni-Blank, M.F.; Carvalho, D.A.; Blank, A.F.; Alvarenga, A.A. e Vilela, E.A. (1996) - Comportamento fenológico da casaqueira (Campomanesia rufa (Berg.) Nied.) durante o período de 1991- 1992. **Ciência e Agrotecnologia**, 20, 3: 352-356.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Cadastro Nacional de Unidades de Conservação - CNUC (2010)**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/areas-protetidas/cadastro-nacional-de-ucs>. Acesso em 28 jun. 2018.
- Cadavid garcia, E.A. Análise técnico-econômica da pecuária bovina do Pantanal. Sub-regiões da Nhecolândia e dos Paiaguás. Corumbá-MS: EMBRAPA-CPAP, 1986. 92p. il. (EMBRAPA-CPAP, **Circular Técnica**, 15).
- Cardozo, F. S.; Pereira, L. O.; Moura, Y. M.; Pereira, G.; Kampel, M.; Shimabukuro, Y. E; Moraes, E. C. Utilização de parâmetros biofísicos para a estimativa de áreas alagadas no bioma Pantanal. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 3, 2010, Cáceres. **Anais...** Campinas, São José dos Campos: Embrapa Informática Agropecuária, INPE, 2010. p. 809–817.
- Clinton, N.; Yu, L.; Fu, H.; He, C.; Gong, P. Global-scale associations of vegetation phenology with rainfall and temperature at a high spatio-temporal resolution. **Remote Sensing**, v. 6, p. 7320–7338, 2014.
- Freitas, R.M.; Arai, E.; Adami, M.; Souza, A.F.; Sato, F.Y.; Shimabukuro, Y.E.; Rosa, R.R.; Anderson, L.O.; Rudorff, B.F.T. Virtual laboratory of remote sensing time series: visualization of MODIS EVI2 data set over South America. **Journal of Computational Interdisciplinary Sciences** (2011)
- Gascho, G.J.; Shih, S.F. Sugar cane. In: Teare I.D. and Peet M.M. (Eds.). **Crop-water relations**. 1. ed. New York: Wiley-Interscience, 1983. p.445-479.
- Huete, A.; Didan, K.; Miura, T.; Rodriguez, E. P.; Gao, X.; Ferreira, L. G. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. **Remote Sensing of Environment**, v. 83, p. 195–213, 2002.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa de biomas e de vegetação**. 2004. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomahtml.shtm>.
- IBGE. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. 2ed.; Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE, 2012. 91p.
- Jiang, Z.; Huete, A. R.; Didan, K.; Miura, T. Development of a two-band enhanced vegetation index without a blue band. **Remote Sensing of Environment**, v. 112, n. 10, p. 3833 – 3845, 2008.
- Justice, C. O. et al. 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.
- Magalhães, N. W. **Conheça o Pantanal**. São Paulo, Terragraph, 1992, 390 p.
- Menezes, R.S.C.; Sampaio, E.V.S.B. Agricultura sustentável no semiárido nordestino. In: Oliveira, T.S.; Assis Júnior, R.N.; Romero, R.E.; Silva, J.R.C (Eds). Agricultura, sustentabilidade e o semiárido. Fortaleza: UFC, Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2000, p. 20-46.

- Miranda, M.R.S.; Souza Neves, L.F.; Kreitlow, J.P.; Silva Neves, S.M.A.; Neves, R.J. Distribuição de queimadas e mudanças na cobertura vegetal e uso da terra no Bioma Pantanal, Cáceres-Brasil. **Revista Caminhos de Geografia**, 2018. p. 91 – 108.
- Nimer, E. & Brandão, A. M. P. M. 1989. Balanço hídrico e clima da região dos cerrados. BRASIL. **IBGE**, 166 p, Rio de Janeiro, RJ.
- Ratter, J.A.; Ribeiro, J.F.; Bridgewater, S. The Brazilian cerrado vegetation and threats to its biodiversity. **Annals of Botany**, v. 80, 223-230, 1997.
- PEPRN - Plano de Manejo Parque Estadual Pantanal do Rio Negro. Resumo Executivo. Torrecilha, S.; Mauro, R. de A. (Orgs.) Estado de Mato Grosso do Sul. **Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul - IMASUL**. Campo Grande-MS, 2008.
- Ribeiro, C.A.D.; Abrahão, C.P.; Xavier, A.C.; Ferreira, D.S.; Paiva, Y.G.; Análise fenológica de dados multitemporais EVI do sensor MODIS com variáveis climáticas. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007. p. 1817-1822. **Anais Florianópolis**, Brasil, INPE 2007. Acesso em: 09 jul. 2018.
- Wooley, J.T. Reflectance and transmittance of light by leaves. **Plant Physiology**, 1971. p. 656-662.
- Wang, J.; Rich, P.M.; Price, K.P. Temporal responses of NDVI to precipitation and temperature in the central Great Plains, USA. **International Journal of Remote Sensing** 2003.p. 2345-3364.
- Silva, R. C. **Estudo do Balanço de Radiação no Pantanal Sul Matogrossense**. Dissertação (Mestrado em Meteorologia), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 213 p. 2002.
- Silva A. M da & Silva, J. S. V.; Caracterização da vegetação e uso da terra da bacia Quitéria em 2007. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2013. P. 7109-7116. **Anais...** Foz do Iguaçu, Brasil, INPE 2013. Acesso em: 29 jul. 2018 em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/85579/1/p1515.pdf>.