

Variação temporal de índices de vegetação no Parque Florestal de Nonoai

Paulo Afonso da Rosa ¹
Fábio Marcelo Breunig ²

¹ Universidade Federal de Santa Maria – UFSM
Av. Roraima nº 1000, 97105-900 - Santa Maria, RS, Brasil
efl_paulo@yahoo.com.br

² Universidade Federal de Santa Maria – UFSM
Linha 7 de Setembro, s/n, BR 396 Km 40, 98410-000 – Frederico Westphalen, RS, Brasil
breunig@ufsm.br

Abstract. The objective of this study was to evaluate the temporal variation of vegetation indices as a function of rainfall rates in the forest fragment of Nonoai Indigenous Park in North of Rio Grande do Sul (RS) state - Brazil. For the vegetation indices calculation, we acquired Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) images, and the MOD13Q1 product, containing the normalized difference vegetation index (NDVI) and enhanced vegetation index (EVI) indices, comprising the period from September 2012 to July 2014. To calculate the average rainfall we performed an interpolation by the inverse distance weighting (IDW) with data from five rainfall stations nearest to the study area, obtaining estimates of the monthly precipitation. After analyzing the data, it was found a significant oscillation of rainfall in the first year of study, going to have a balance in the second year of study. In relation to vegetation indices, the NDVI showed a more stable behavior, with few significant oscillations. Comparatively, the EVI presented more variations with greater amplitude oscillations. Based on Pearson correlation coefficient, we found weak (NDVI x rainfall) and null correlations (EVI x rainfall), meaning that the variation of vegetation indices are not explained by rainfall estimates. The results presented require further analysis to evaluate the behavior of vegetation in a longer period of study and using other independent variables, and then improving the understanding of the inter and intra-annual dynamics of the Nonoai Indigenous Park forest.

Keywords: precipitation, images processing, EVI, NDVI, remote sensing.

Palavras-chave: precipitação, processamento de imagens, EVI, NDVI, sensoriamento remoto.

1. Introdução

Segundo Ramos et al. (2010), o sensoriamento remoto é uma ferramenta de obtenção de dados da superfície terrestre, que constitui uma importante técnica para o monitoramento sistemático da dinâmica da vegetação. Utiliza faixas espectrais do espectro eletromagnético, índices e combinações de bandas, destacando na área de análise a vegetação e eventos antrópicos. Segundo Epiphânio et al. (1996), as aplicações de sensoriamento remoto têm-se espalhado pelos mais diversos campos do conhecimento. Isso se deve principalmente à facilidade de acesso aos dados de sensores remotos, à disponibilidade de equipamentos adequados ao processamento de informações e à crescente necessidade de compreensão do funcionamento dos diversos sistemas da Terra. Apesar de oferecer uma série de aplicações, as conexões precisas entre variáveis de sensoriamento remoto e sistemas biofísicos complexos representam um dos grandes desafios de pesquisa em sensoriamento remoto.

Ainda segundo Epiphânio et al (1996), a vegetação é um alvo complexo do sensoriamento remoto. Apresenta propriedades de reflexão foliar variadas numa mesma planta, múltiplos componentes refletoras, não-uniformidade de estrutura inter e intraplantas. Assenta-se sobre um substrato constituído de solo e restos vegetais que, por sua vez apresentam propriedades de reflexão próprias. Além disso, no processo de medição da energia proveniente desse sistema, as configurações angulares do iluminante e dos instrumentos de medição contribuem para a modulação das propriedades de reflexão da vegetação.

Nas últimas décadas as técnicas de sensoriamento remoto têm sido fundamentais para realizar o monitoramento e mapeamento dos recursos naturais. Através de imagens de satélite podemos ter uma ampla visão de uma região permitindo a análise da dinâmica da paisagem em escala espacial e temporal. A gama de informações extraídas de imagens de satélite é bastante ampla e sua utilização se dá em várias vertentes, conforme Albuquerque (2014).

Nesse contexto, Jensen (2009) afirma que uma das ferramentas desenvolvidas e amplamente utilizadas em vários países para monitorar a cobertura vegetal de determinada região são os índices de vegetação (IV). Estes índices geralmente representam normalizações de medidas radiométricas adimensionais, que indicam a abundância relativa e a atividade da vegetação, porcentagem de cobertura verde, teor de clorofila, biomassa verde e radiação fotossinteticamente absorvida (APAR). Tais índices ressaltam o comportamento espectral da vegetação relacionada aos parâmetros biofísicos da cobertura vegetal, como a biomassa e o índice de área foliar em relação a sua dinâmica fisiológica, fenológica e a detecção de mudanças tanto naturais como antrópicas.

Ponzoni et al. (2012) declara que o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) foi o primeiro índice de vegetação normalizado desenvolvido e proposto por Rouse et al. (1974), no qual normalizaram a razão simples para o intervalo de -1 a +1. Para alvos terrestres, o limite inferior é de aproximadamente zero, e o limite superior, de aproximadamente 0,8. Já Araújo (2006), diz que este índice permite identificar a presença de vegetação verde na superfície e caracterizar sua distribuição espacial bem como sua evolução no decorrer do tempo. Destacando ainda que, para uma melhor interpretação dos dados recebidos é necessário considerar os ciclos fenológicos anuais para se distinguir as oscilações naturais do estado da vegetação. O NDVI, segundo Rouse et al. (1973) e Silva et al. (2009) é um índice de vegetação mais tradicional, mas tende a saturar em florestas, dependendo do índice de área foliar (IAF). Huete et al. (2002) e Justice et al. (1998) contribuem afirmando que o *Enhanced Vegetation Index* (EVI) foi desenvolvido para amenizar esse problema, melhorando a sensibilidade em regiões com maiores densidades de biomassa, minimizando a influência do substrato para dosséis esparsos e auxiliando na redução de influências atmosféricas.

Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho é a análise da variação dos índices de vegetação NDVI e EVI no fragmento florestal do Parque Florestal de Nonoai (PFN) (Terra Indígena de Nonoai – TIN), no noroeste do RS, com o uso de imagens do sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) e dados pluviométricos.

2. Metodologia

2.1 Área de estudo

A área de estudo compreende o Parque Florestal de Nonoai (Figura 1). O parque florestal abrange os municípios de Nonoai, Planalto, Alpestre, Rio dos Índios e Gramado dos Loureiros, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2014). Segundo informações do plano ambiental do município de Nonoai (2014) o parque ocupa uma área de 17.000 ha de mata virgem, uma das maiores reservas florestais do estado do Rio Grande do Sul. Possui grande importância ecológica por conservar o encontro da floresta subtropical latifoliada e a floresta ombrófila mista, que apresenta extraordinária riqueza faunística.

A área do Parque Florestal de Nonoai é coberta em parte por uma floresta mista de araucárias latifoliadas, com extrato dominante e formado pela primeira. O restante da floresta é formado por floresta latifoliada subtropical do Vale do Uruguai, composta por espécies perenifólias e caducifólias. Trata-se, portanto de uma floresta densa, com exemplares que alcançam até 30 metros de altura, segundo dados do plano ambiental do município de Nonoai (2014).

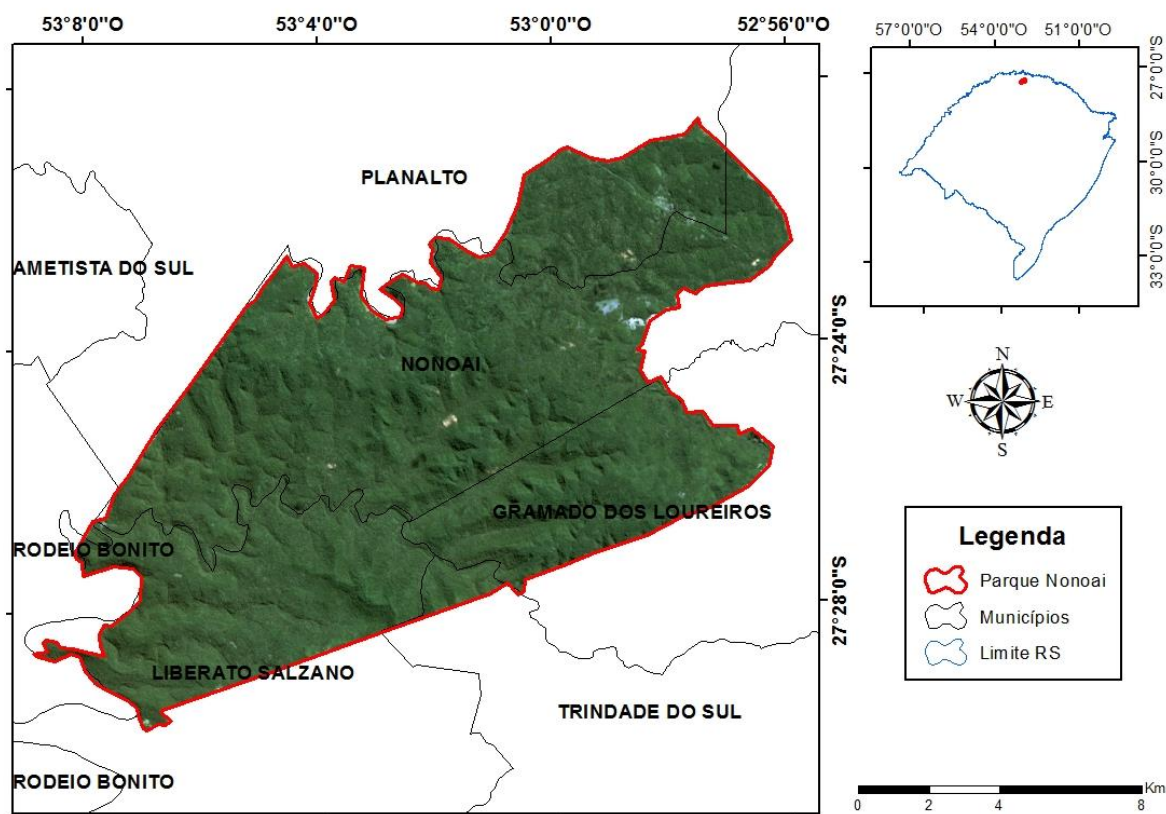


Figura1: Área de estudo.

2.2 Aquisição e processamento dos dados

Para análise da região de estudo, foram utilizadas as imagens MODIS/Terra, produto MOD13Q1 (*Vegetation Indices 16-Day L3 Global 250 m*), que contém os índices de vegetação EVI e NDVI. As séries de índices de vegetação foram analisadas no aplicativo ENVI.

O NDVI e o EVI são calculados através das Equações 1 e 2, respectivamente:

$$NDVI = \frac{(\rho_{IVP} - \rho_V)}{(\rho_{IVP} + \rho_V)} \quad (1)$$

$$EVI = \frac{(\rho_{IVP} - \rho_V)}{\rho_{IVP} + C_1 \cdot \rho_V - C_2 \cdot \rho_A + L} \quad (2)$$

Em que: ρ_{IVP} , ρ_V e ρ_A = valores de reflectância das bandas do infravermelho próximo, vermelho e do azul, respectivamente; L = fator de ajuste do solo, adotado no produto MOD13Q1 como igual a 1, valor considerado adequado pela equipe do MODIS para o monitoramento global dos biomas, segundo Huete et al. (1992); C_1 (6) e C_2 (7,5) = coeficientes de ajuste para efeito de aerossóis da atmosfera; G (2,5) = fator de ganho, conforme Miura et al. (2001).

Na medida em que o produto MOD13Q1 refere-se a uma composição de 16 dias, foram adquiridas aproximadamente duas imagens mensais para o período de setembro de 2012 a julho de 2014, totalizando 22 meses. Posteriormente, foi criada uma máscara para extração da área correspondente ao Parque Florestal de Nonoai. Para a determinação das médias de NDVI e EVI, foi feita uma amostragem computacional aleatória na região de estudo, com um percentual de amostragem de 10% da área de estudo. Feito isso, foram computadas as

estatísticas para cada índice de vegetação. Para a análise dos dados NDVI e EVI, foram obtidos os valores das duas imagens de cada mês e utilizado um valor médio mensal, uma vez que os dados de precipitação são mensais.

Para a obtenção de dados pluviométricos da região de estudo, foi realizada uma interpolação pela Ponderação do Inverso da Distância (IDW) a partir dos dados pluviométricos das estações mais próximas da área de estudo (Iraí, Passo Fundo, Lagoa Vermelha, Cruz Alta e São Luiz Gonzaga). As informações de precipitação foram obtidas através das séries históricas do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa, do Instituto Nacional de Meteorologia. O procedimento de interpolação foi adotado devido à ausência de dados pluviométricos próprios da região de estudo. Assim, foram obtidas precipitações mensais para a área de estudo, no período entre setembro de 2012 a julho de 2014.

De posse dos dados, os resultados foram apresentados em forma de gráficos, figuras e tabelas. Para a análise estatística, utilizou-se o coeficiente de correção de Person para averiguar a presença de relações entre os índices de vegetação e os dados de precipitação acumulada.

3. Resultados

3.1 Padrão de precipitação

As estimativas de precipitação mensal interpoladas para a área de estudo podem ser observadas na Figura 2. As maiores concentrações pluviométricas ocorrem nos meses de outubro e dezembro de 2012 e no mês de março de 2013, todos com cerca de 300 milímetros mensais, e as menores concentrações pluviométricas encontram-se nos meses de julho de 2013 e 2014, apresentando 49,7 mm e 29,7 mm, respectivamente.

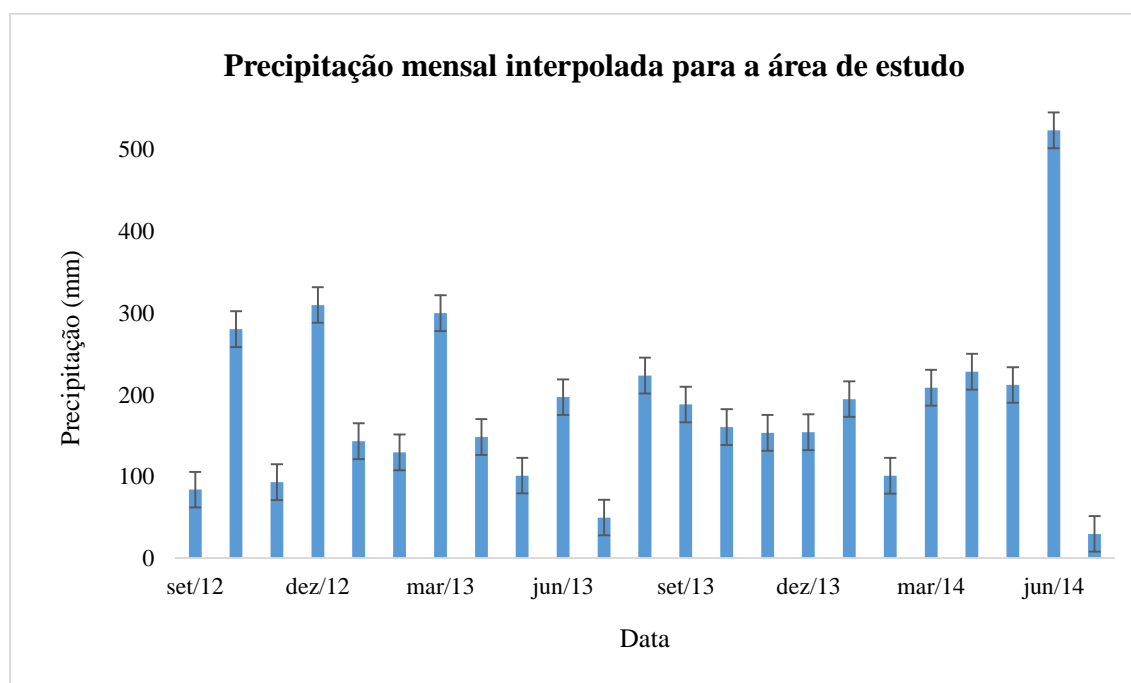


Figura 2: Estimativas de precipitação mensal interpoladas para a área de estudo.

Analisando a Figura 2, observamos um comportamento pluviométrico muito variável entre setembro de 2012 a julho de 2013, ou seja, uns meses apresenta precipitações em torno de 250 a 300 mm, em outros apresenta precipitações entre 100 a 150 mm. Já em relação a agosto de 2013 a julho de 2014 observamos um cenário diferente, caracterizado por um

comportamento semelhante nas precipitações mensais, variando entre 150 a 220 mm mensais, exceto no mês de junho de 2014, onde apresentou um brusco aumento da precipitação, em razão da ocorrência de eventos climáticos extremos que assolaram a região de estudo.

3.2 Padrão dos índices de vegetação

O padrão temporal dos índices de vegetação calculados para o estudo são apresentados na Figura 3. Os índices de vegetação NDVI e EVI são sensíveis às variações biofísicas do dossel, como a redução do Índice de Área Foliar (IAF). Essa redução de IAF pode esta associada a perda de folhas das espécies decíduas, que em muitos casos, são representadas por indivíduos arbóreos emergentes.

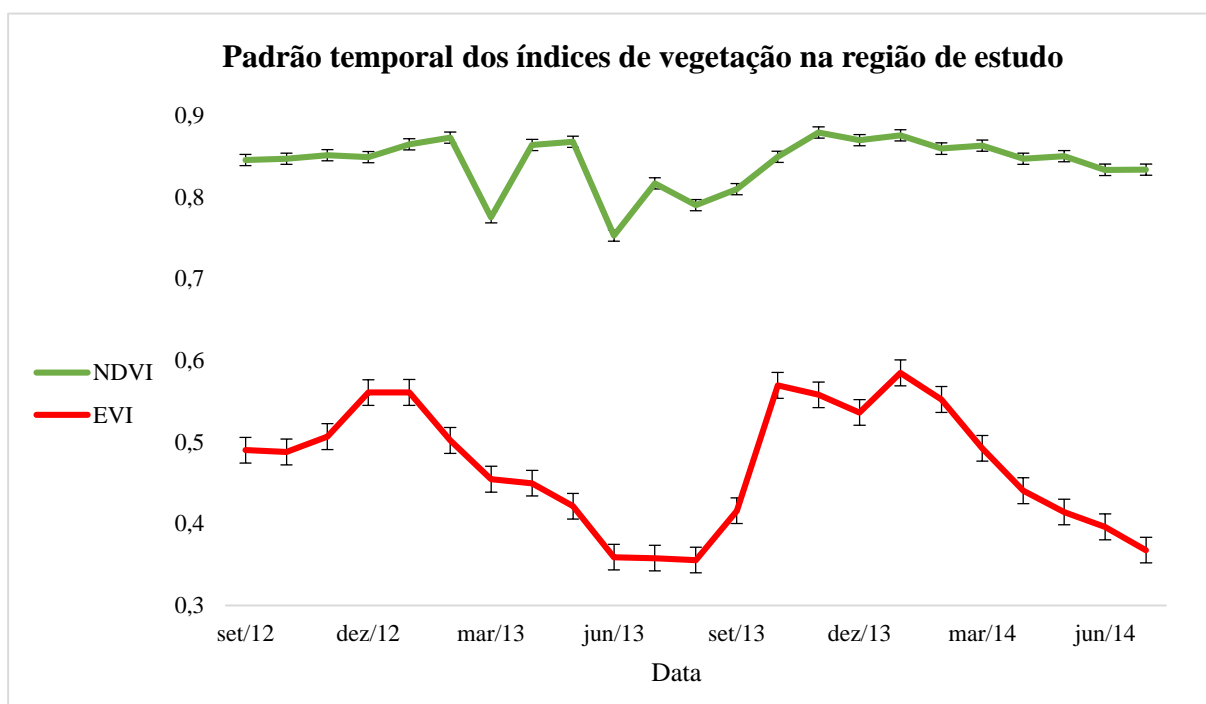


Figura 3: Padrão temporal de NDVI e EVI calculados a partir das composições 16 dias do MODIS, usando 10% dos pixels selecionados aleatoriamente no PFN.

Observando os valores do NDVI na figura acima, destacamos um comportamento semelhante na maioria do período de estudo, apresentando apenas uma ligeira queda de seus índices entre o mês de fevereiro e março (0,87 – 0,77) e entre maio e junho de 2013 (0,87 – 0,75), e um aumento gradual de seus índices entre o mês de agosto a novembro de 2013 (0,79 – 0,88). Nos demais meses de estudo, foi constatado pequenas variações, na escala de 0,1 de diferença entre os meses. As variações podem estar associadas indiretamente às diferenças nos índices de precipitação, aos efeitos atmosféricos, à geometria de iluminação e de aquisição dos dados, ao sombreamento interno do dossel e ao dia selecionado para a geração da composição 16-dias (produto MOD13Q1), entre outros fatores.

Em relação ao EVI, o mesmo apresentou variações mais acentuadas que o NDVI. Esse fato pode ser resultante da maior sensibilidade do EVI às variações de reflectância da banda do infravermelho próximo (Galvão et al., 2013). Podemos observar, comparando com o NDVI, que o EVI apresentou uma queda bastante significativa de seus índices nos períodos sazonais do verão e outono de 2013, diminuindo de 0,56 em dezembro de 2012 para 0,36 em junho de 2013. No mês de agosto a outubro de 2013, período compreendido entre o inverno e a primavera, o índice apresentou um aumento de 0,36 a 0,57. Novamente os índices apresentaram uma queda de 0,22 em seus índices no período entre janeiro a julho de 2014.

3.3 Relação dos índices de vegetação com a estimativa de precipitação

Na Figura 4 são apresentados os comportamentos dos índices de vegetação e da precipitação. Observa-se que na maior parte do período estudado não há um comportamento semelhante entre os parâmetros analisados, ou seja, o aumento da precipitação não resulta em aumento dos valores dos índices de vegetação.

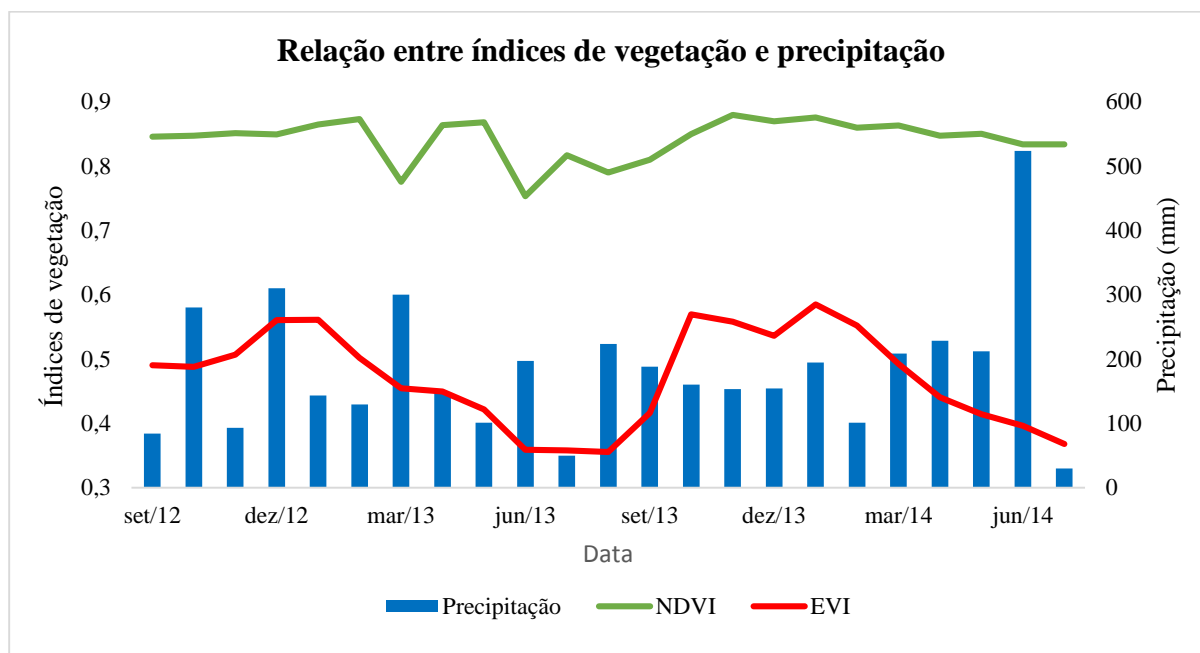


Figura 4: Variação dos índices de vegetação em função das estimativas de precipitação.

Ainda observando a figura acima, no período entre novembro de 2013 a junho de 2014, a variação do NDVI acompanha a variação da precipitação, ambos apresentando uma comportamento constante em seus índices no decorrer do tempo. Em relação ao EVI, no período de março a junho de 2013, há um decréscimo do índice juntamente com o decréscimo da precipitação. Entretanto, no período entre março a junho de 2014, os valores de EVI decrescem mesmo com os valores constantes de precipitação. Isso pode ser decorrente do frio intenso, onde a floresta do PFN perde folhas, o que causa diminuição nos valores dos índices de vegetação. Assim, os resultados indicam que os meses com menor precipitação podem intensificar a perda de folhas induzida pelo frio.

Na Figura 5 são apresentados as medidas de correlação entre os valores de precipitação e os valores de NDVI e EVI. Os resultados da correlação de Pearson apontaram um valor de $-0,22231$ entre os valores de precipitação e o NDVI. Já a correlação entre a precipitação e o EVI apontou um coeficiente de $-0,05778$. Esses valores indicam que as variações nos índices de vegetação não são explicados pelos valores de precipitação, em outras palavras, os valores nos índices de vegetação não variam em relação à precipitação.

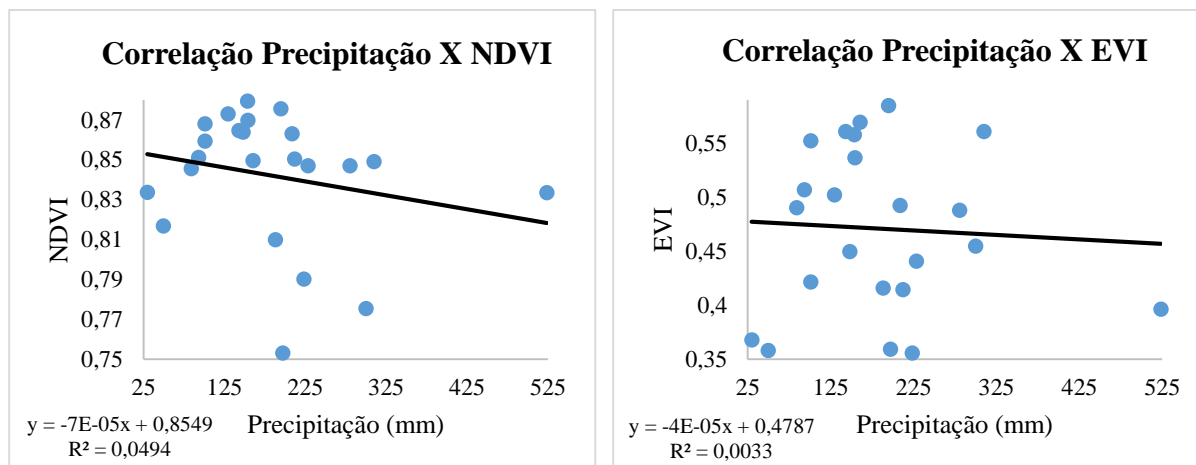


Figura 5: Coeficiente de correlação de Pearson calculados entre os índices de vegetação e a precipitação.

4. Conclusões

Com o presente trabalho, conclui-se que no período estudado, houve oscilações significativas da precipitação no primeiro ano de estudo (2012/2013), passando a apresentar uma distribuição mais uniforme no segundo ano de estudo (2013/2014). Com base nos 2 anos avaliados, não foi identificada uma dependência clara da floresta em relação às estimativas de precipitação. O padrão pluviométrico não afetou as características do dossel em termos de reflectância dentro do período analisado.

Os índices de vegetação analisados (NDVI e EVI) apresentaram um comportamento distinto. O NDVI apresentou um comportamento mais estável durante o período estudado. O EVI apresentou maiores oscilações em todo o período de estudo.

As correlações Pearson para os índices NDVI e EVI em relação a precipitação apresentaram uma correlação fraca e nula, respectivamente. Isso confirma que as variações dos índices de vegetação não dependem dos índices de precipitação.

Os resultados apresentados requerem novas análises que avaliem o comportamento da vegetação em um maior período de estudo, vindo a permitir uma maior compreensão da dinâmica inter e intraanual da floresta do PFN.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, processo n° 478085/2013-3) e à Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

Referências

Albuquerque, E. M.; Andrade, S. C. P.; Morais, H. F.; Diniz, J. M. T.; Santos, C. A. C. Análise do comportamento do NDVI e NDWI sob diferentes intensidades pluviométricas no município de Souza – PB. **Estudos geoambientais**, Rio Tinto, v. 01, n. 01, p. 1-11, jan/abr 2014.

Araújo, T.L. **Estimativa da temperatura e do saldo de radiação à superfície terrestre em Maceió-Al utilizando imagens TM/LANDSAT 5** (2006). 86 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Programa de Pós-Graduação em Meteorologia. Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2006.

Epiphânio, J. C. N.; Gleriani, J. M.; Formaggio, A. R.; Rudorff, B. Índices de vegetação no sensoriamento remoto da cultura do feijão. **Pesq. Agrop. Bras.** Brasília, v. 31, n. 6, p. 445-454, 1996.

Galvão, L. S.; Breunig, F. M.; Santos, J. R.; Moura, Y. M. View-illumination effects on hyperspectral vegetation indices in the Amazonian tropical forest. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 21, p. 291-300, 2013.

Huete, A. R.; Hua, H.; Qi, J.; Chehbouni, A.; Van Leeuwen, W. J. D. Normalization of multidirectional red and NIR reflectances with the SAVI. **Remote Sensing of Environment**, v. 41, p. 143-154, 1992.

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, n. 1-2, p. 195-213, 2002.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Histórico Nonoai, Rio Grande do Sul**. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=35185>. Acesso em: 21 out. 2014.

Jensen, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Tradução: José Carlos Neves Epiphânio. Sao Jose dos Campos: Parentese, 2009. 604 p.

Justice, C. O.; Vermote, E.; Townshend, J. R. G.; De Fries, R.; Roy, D. P.; Hall, D. K.; Salomonson, V. V.; Privette, J. L.; Riggs, G.; Strahler, A.; Lucht, W.; Myneni, R. B.; Knyazikhin, Y.; Running, S. W.; Nemani, R. R.; Zhengming, W.; Huete, A. R.; Van Leeuwen, W.; Wolfe, R. E.; Giglio, L.; Muller, J. P.; Lewis, P.; Barnsley, M. J. The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS): Land Remote Sensing for Global Change Research. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 34, n. 4, p. 1228-1249, 1998.

Miura, T.; Huete, A. R.; Yoshioka, H.; Holben, B. N. An error and sensitivity analysis of atmospheric resistant vegetation indices derived from dark target-based atmospheric correction. **Remote Sensing of Environment**, v. 78, n. 3, p. 284-298, 2001.

Município de Nonoai/RS. **Plano ambiental**. Disponível em: <http://www.nonoai.rs.gov.br/attachments/article/84/plano%20ambiental.pdf> . Acesso em: 21 out. 2014.

Ponzoni, F. J.; Shimabukuro, Y. E.; Kuplich, T. M. **Sensoriamento Remoto da Vegetação**. 2. Ed. Atualizada e ampliada – São Paulo: Oficina de textos, 2012. 164 p.

Ramos, R. R. D.; Lopes, H. L.; Júnior, J. C. F. M.; Candeias, A. L. B.; Filho, J. A. S. Aplicação do índice da vegetação por diferença normalizada (NDVI) na avaliação de áreas degradadas e potenciais para unidades de conservação. In: Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. **Anais...** Recife: UFPE, 2010, p. 1-6. Disponível em: https://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIII/IIISIMGEO_CD/artigos/Todos_Artigos/A_157.pdf. Acesso em: 21 out. 2014.

Rouse, J. W.; Haas, R. H.; Schell, J. A.; Deering, D. W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In: Proceedings of the Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium; 1973; Washington. Washington: NASA; 1973.

Silva, L.; Costa, J. F. F.; Lima, V. E. R.; Almeida, H. A. Análise do albedo e do índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) em uma bacia hidrográfica, usando o SEBAL - Surface Energy Balance Algorithm for Land. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 13, 2009, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV; 2009.