

Análise da confiabilidade dos dados MODIS para estudo da vegetação em séries temporais

Rosane Gomes da Silva¹
Kaíse Barbosa de Souza¹
Ronie Silva Juvanhol¹
Telma Machado de Oliveira Peluzio^{1,2}
Alexandre Rosa dos Santos¹

¹ Universidade Federal do Espírito Santo - UFES/PPGCFL
Caixa postal 16 - 29550-000, Jerônimo Monteiro, ES, Brasil
{rosanegomes.eaa, roniejuvanhol}@gmail.com, tmpeluzio@hotmail.com, {kaisesusouza172, mundogeomatica}@yahoo.com.br

² Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia – Ifes/campus de Alegre
Caixa Postal 47 - Rive, Alegre - ES, Brasil

Abstract. MODIS vegetation index data has been widely used for the study of vegetation, and in preprocessing steps, is important to remove spurious pixels flagged as clouds or noise. The aim of this study was to analyze the quality of the product MOD13Q1 in native forest area, considering the rainy and dry seasons between 2010 and 2014. 115 VI Quality and Pixel Reliability images of MODIS sensor were used, corresponding to the period from January 2010 to December 2014. Masks were created, in which defective pixels received value 1 and the reliable pixels received 0. The masks were added and the analysis carried for the rainy season, from October to March and the dry season, from April to September. The results showed a higher presence of spurious pixels in the rainy season coming to occupy about 45% of the total area in some images, while in the dry season this value did not exceed 10%. The persistence of spurious pixels occurred in no more than 5 of the 60 images to a same pixel in the dry season. In the rainy season in some regions, 20 of 55 images have failed in same pixel. However, most of the area showed a failure of at most 10 pixels. Overall, the MODIS images MOD13Q1 product showed high quality and is suitable for the study of vegetation in time series. Furthermore, it is essential in the preprocessing step, the removal of spurious pixels and their replacing with interpolation techniques.

Palavras-chave: remote sensing, vegetation index, pré-processing, Caparaó National Park, sensoriamento remoto, índice de vegetação, pré-processamento, Parque Nacional do Caparaó.

1. Introdução

O *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) é um dos principais sensores a bordo do satélite Terra, lançado em dezembro de 1999, e do satélite Aqua, lançado em 2002. Integra o *Earth Observing System* (EOS), um programa da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) de longo prazo, que contribui para pesquisas e análises da terra, dos oceanos, da atmosfera e suas interações (NASA, 2016), cujo objetivo é determinar as mudanças que estão ocorrendo no planeta Terra e as consequências das mesmas (Justice et al., 2002). A principal característica do sensor MODIS é sua resolução espectral, que registra informações em 36 faixas do espectro, que são combinadas originando 44 produtos, destinados a diversos estudos e em diferentes níveis de processamento. A disponibilidade desses produtos pré-processados é uma grande vantagem, pois demanda menor necessidade de processamentos para utilização das imagens.

Dentre os produtos está o MOD13Q1, que fornece dados de *Enhanced Vegetation Index* (EVI) e *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) com resolução espacial de 250 m, sendo amplamente utilizado para o estudo da vegetação (Galvão et al., 2011; Moraes e Rocha, 2011; Antunes e Lamparelli, 2013). Essas imagens são processadas a cada 16 dias, sendo a primeira a partir das bandas 1 e 2; e a segunda a partir das bandas 1, 2 e 3, correspondentes às reflectâncias nas faixas do vermelho, infravermelho próximo e azul, respectivamente. Os valores de cada pixel são obtidos a partir da composição do máximo valor no período de 16

dias e, portanto, apresentam quantidade reduzida de nuvens e ruídos atmosféricos, mantendo informações da dinâmica da vegetação. Contudo, é importante nas etapas de pré-processamento dos dados, eliminar pixels ruidosos ou que foram afetados por nuvem (Huete et al., 2002; Yu et al., 2003).

As imagens de qualidade *VI Quality* e de confiabilidade *Pixel Reliability* são disponibilizadas juntamente com as imagens de EVI e NDVI no arquivo compactado em formato .HDF, e sinalizam a presença de ruídos e nuvens, além de informar sobre a qualidade do processamento das imagens. Segundo Colditz et al. (2002), essas imagens fornecem informações significativas para análise de dados e as imagens de *Pixel Reliability* são o único meio para execução de máscaras de nuvens para a coleção C5 (versão 4) dos dados MODIS.

A ocorrência de falhas deve ser considerada antes de proceder com as análises nas séries de imagens, uma vez que grande quantidade de dados faltantes inviabiliza o uso dos dados de vegetação. Os valores correspondentes a nuvens ou ruídos mascaram os valores reais da vegetação, fazendo com que o resultado final não corresponda à realidade. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi analisar a qualidade do produto MOD13Q1 do sensor MODIS em área de floresta nativa, para os períodos chuvoso e seco entre 2010 e 2014.

2. Metodologia de Trabalho

Para elaboração da pesquisa, foi selecionado o Parque Nacional do Caparaó (PARNA Caparaó) e sua Zona de Amortecimento (ZA) na porção leste, definida por seu plano de manejo como uma área de 10 km de extensão a partir dos seus limites. A área do estudo cobre uma superfície de cerca de 970 km², onde há ocorrência de vegetação nativa do bioma mata atlântica. Seus limites geográficos são os paralelos 20°12' e 20°42' de latitude Sul e os meridianos 41°52' e 41°38' de longitude Oeste.

Foram selecionadas imagens do produto MOD13Q1 do sensor MODIS de janeiro de 2010 a dezembro de 2014, totalizando 115 imagens de satélite. A Figura 1 mostra a área continental coberta pela tile h14v11, que abrange a área de estudo.

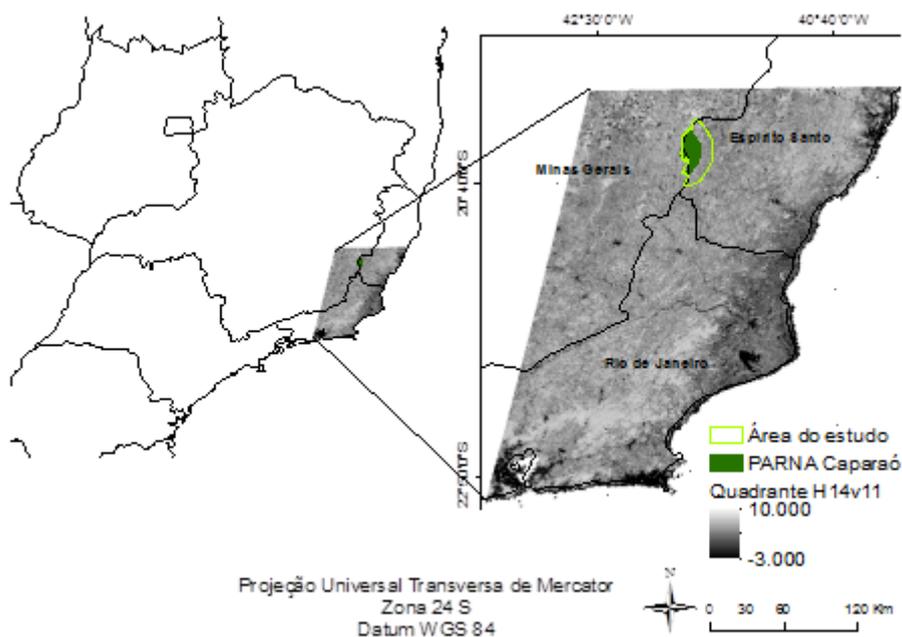


Figura 1. Área imageada pelo sensor MODIS, referente à tile h14v11, onde encontra-se inserido o PARNA Caparaó e sua zona de amortecimento.

As imagens de qualidade foram descompactadas, reprojetaadas para o sistema de projeção UTM (Universal transversa de Mercator), datum horizontal WGS 84 e armazenadas em

formato TIFF (*Tagged Image File Format*), com o auxílio do *software* MRT (*MODIS Reprojection Tools*). O recorte das mesmas foi realizado tendo como base arquivo vetorial em formato *shape*, representativo da área de estudo.

Os valores de confiabilidade das imagens *Pixel reliability* são descritos conforme a Tabela 1. Para as imagens *VI Quality*, os valores assumidos como de qualidade encontram-se entre 4 e 37.572 (Moraes e Rocha, 2011). Foram criadas máscaras das imagens de confiabilidade *Pixel reliability*, adotando o valor *NoData* para os valores a serem excluídos (-1, 2 e 3) e o valor 0 para os valores confiáveis (0 e 1). Esse procedimento não foi aplicado às imagens *VI Quality*, uma vez que as mesmas não acusaram pixels espúrios para a região de estudo.

Tabela 1. Valores de confiabilidade dos índices NDVI e EVI, obtidos a partir das imagens *Pixel Reliability*.

Valor do pixel	Qualidade	Descrição
-1	Sem dado	Não processado
0	Dado bom	Pode ser usado com confiança
1	Dado marginal	Pode ser usado, mas olhe outra informação de qualidade
2	Neve/gelo	Alvo coberto de gelo ou neve
3	Nuvem	Não há visibilidade, por causa da cobertura por nuvens

Adaptado de: Didan et al. (2015)

As etapas recomendadas para o pré-processamento das imagens MOD13Q1, são conforme a Figura 2. Após geração das máscaras, as mesmas devem ser somadas às imagens de índice de vegetação, por meio da álgebra de mapas, a fim de manter os valores de índice de vegetação para os pixels confiáveis e excluir os pixels espúrios. Para preenchimento desses espaços vazios, deve-se utilizar métodos de interpolação e, assim, as imagens poderão ser processadas para o objetivo do trabalho. Alguns métodos de interpolação que podem ser mencionados são interpolação espacial (Chen et al., 2014), interpolação harmônica (Fensholt e Rasmussen, 2011), regressão polinomial (Mishra et al., 2015).

Neste trabalho, o foco foi a análise da confiabilidade das imagens, por meio do manuseio das máscaras criadas. Essas máscaras foram reclassificadas, sendo atribuído o valor 0 aos pixels que corresponderam aos valores confiáveis de índices de vegetação (valor 0 nas máscaras), e o valor 1 aos pixels que apresentaram falhas (valor *NoData* nas máscaras). Foram quantificados os pixels falhos para o período chuvoso, entre os meses de outubro e março, e para o período seco, entre os meses de abril e setembro, na região de estudo. Por meio da soma das máscaras reclassificadas, obteve-se o número total de falhas por pixel em cada período considerado.

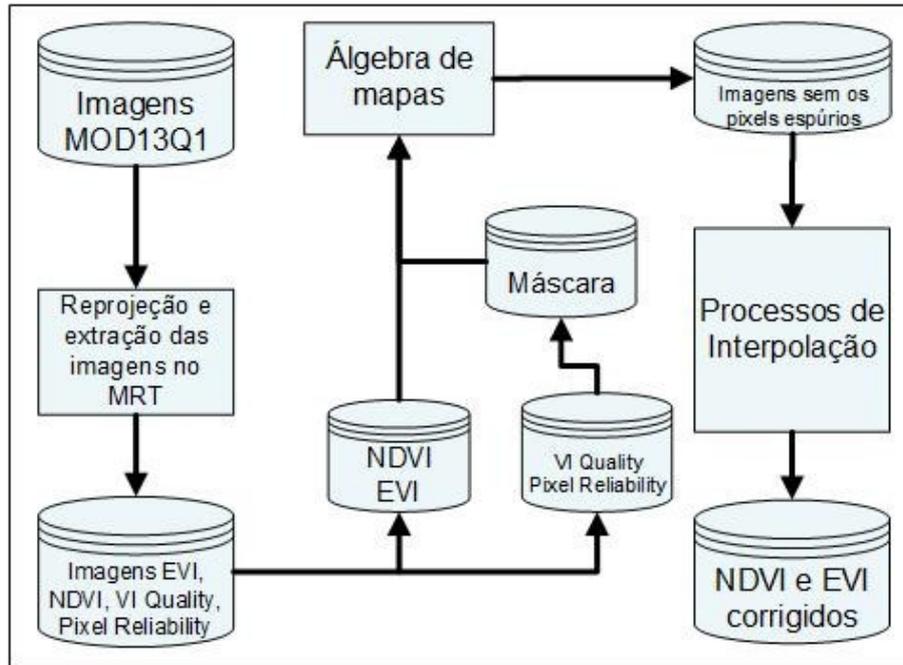


Figura 2. Fluxograma contendo as etapas a serem consideradas para o pré-processamento das imagens MOD13Q1.

3. Resultados e Discussão

A presença dos pixels espúrios nas imagens MODIS variou ao longo do tempo na área de estudo. A fim de associar esse comportamento à ocorrência de nuvens devido ao período chuvoso, analisamos o perfil temporal de distribuição das chuvas, obtido por meio de imagens de estimativa de precipitação mensal do satélite TRMM. A Figura 3 permite observar que, a porcentagem de pixels espúrios por imagem na série temporal seguiu o mesmo padrão da distribuição das chuvas na região. Algumas imagens apresentaram mais de 45% de falhas no período chuvoso, enquanto no período seco esse valor não ultrapassou 10%.

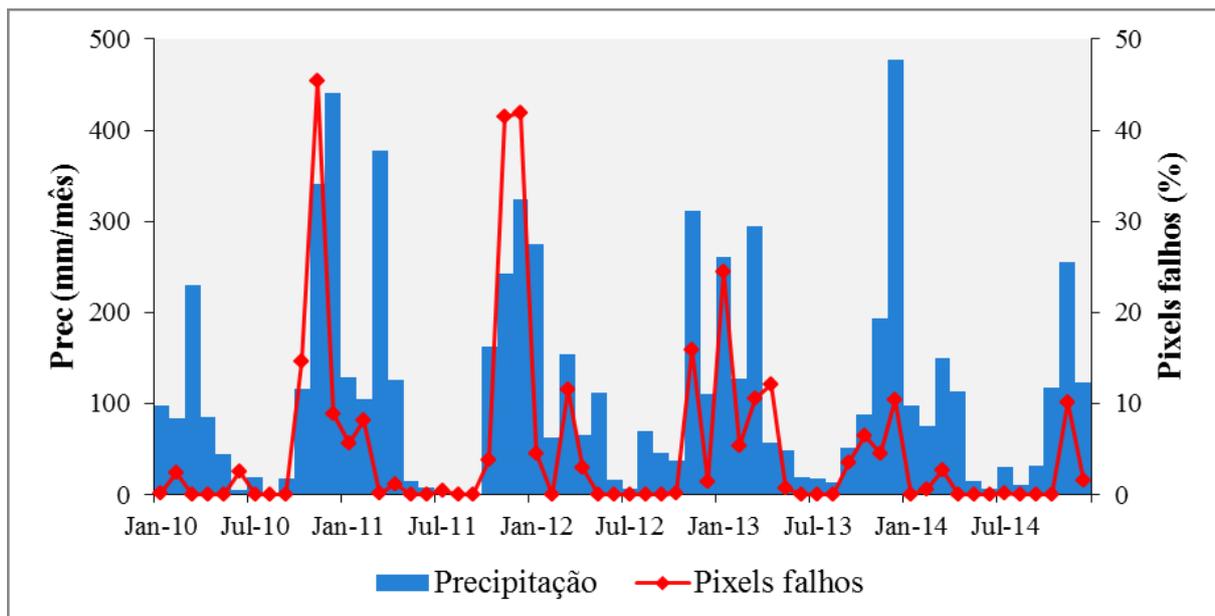


Figura 3. Padrão temporal da presença de pixels espúrios em imagens MODIS e comportamento da precipitação na área de estudo para o período de 2010 a 2014.

Tratando-se de imagens de máxima composição de pixel, esse elevado percentual de falhas em uma imagem sugere a presença de nuvens em boa parte da área de estudo, que prevaleceu por um período de pelo menos 16 dias consecutivos. Entretanto, deve-se ressaltar que, apesar de uma mesma imagem apresentar um percentual elevado de falhas, os estudos em séries temporais associados a técnicas adequadas de interpolação, pode contornar essa deficiência. Assim, outro fator a ser considerado, é a persistência de falhas ao longo da série temporal.

A Figura 4 possibilita visualizar a predominância espacial de falhas ao longo da série temporal para os períodos chuvoso (a) e seco (b).

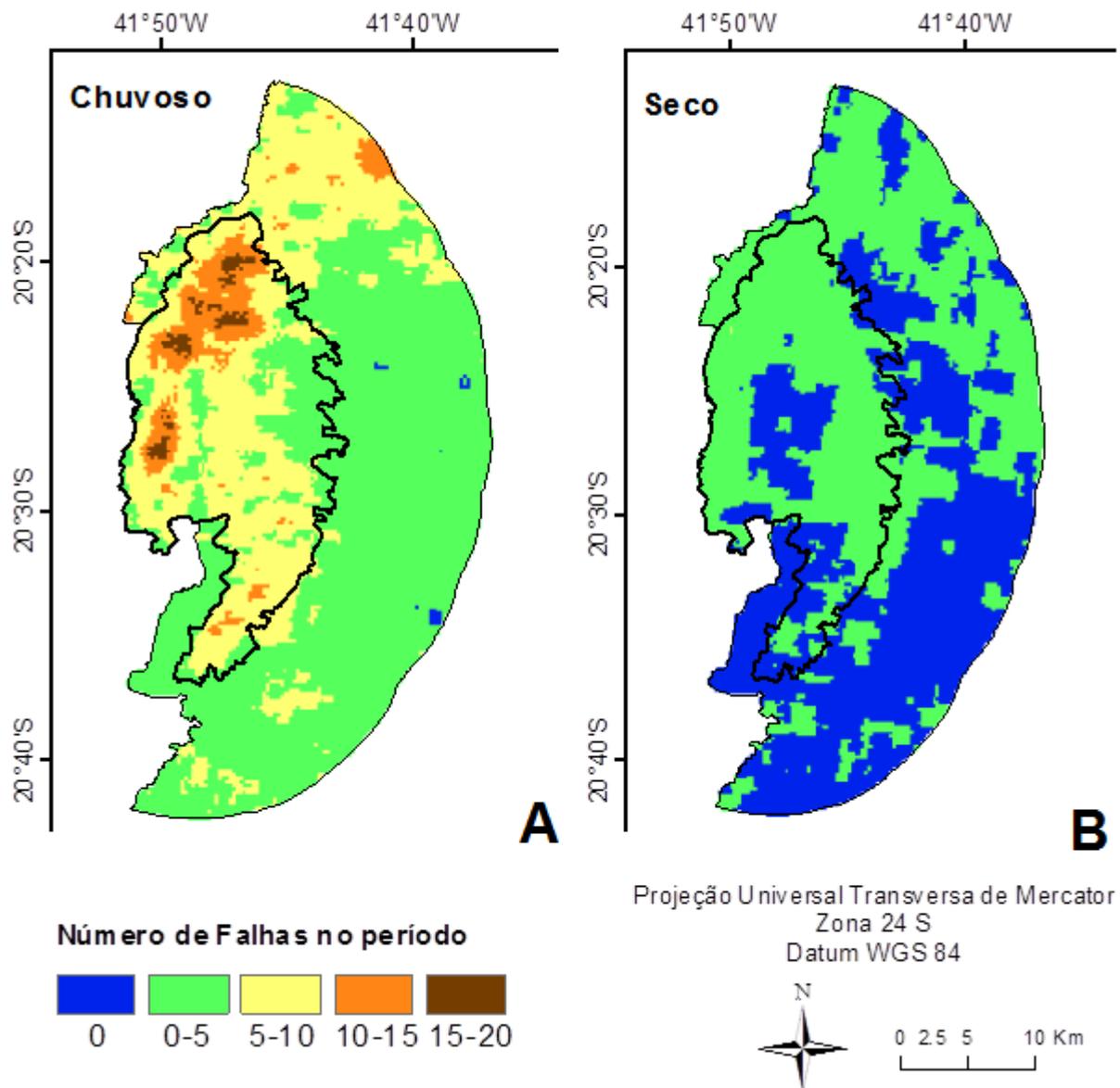


Figura 4. Ocorrência de pixels falhos na série temporal, considerando: a) período chuvoso e b) período seco.

Para o período seco, observa-se que o número de falhas foi no máximo de 5 em toda a área de estudo. Considerando que o período seco corresponde a 60 imagens na série, esse valor corresponde a aproximadamente 8% do total de imagens no período. Assim, considerando apenas o período seco, a qualidade das imagens é alta em toda a área de estudo.

Já para o período chuvoso, a região da ZA apresentou número reduzido de falhas, sendo em sua maior parte de até 5 falhas no período. Na área do PARNA Caparaó, a maior parte dos resultados esteve entre 5 a 10 imagens com falhas para um mesmo pixel, e em algumas regiões esse valor chegou a 20, o que corresponde a cerca de 40% das 55 imagens representativas do período chuvoso. Apesar desse elevado percentual de imagens com pixels espúrios no período, o mesmo é representado por uma pequena porção da área de estudo. Dessa forma, a associação de técnicas de interpolação pode ser uma estratégia adequada para obtenção de valores confiáveis no preenchimento desses pixels.

Outros trabalhos encontraram resultados de qualidade satisfatórios para as imagens MOD13Q1. Borges e Sano (2013) encontraram valores de confiabilidade de aproximadamente 96% para o período seco e 69% para o período chuvoso na região oeste da Bahia, considerando o período de 2001 a 2010. Moraes e Rocha (2011), observaram em 28 imagens para o estado de São Paulo, que a maior parte apresentou quantidade reduzida de pixels falhos. Esses autores encontraram que o período chuvoso determinou a maior ocorrência de nuvens e, conseqüentemente, pixels falhos nas imagens.

4. Conclusões

As imagens MODIS do produto MOD13Q1 apresentam qualidade elevada, sendo adequadas para o estudo da vegetação em séries temporais.

Para o estudo da dinâmica da vegetação por meio de séries temporais, é imprescindível na etapa de pré-processamento a retirada dos pixels espúrios e sua substituição com técnicas de interpolação, em especial no período chuvoso, uma vez que é o período de maior resposta da vegetação e coincide com maior ocorrência de nuvens.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Espírito Santo (FAPES), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal do Espírito Santo (PPGCFL/UFES) e ao grupo de pesquisa *Geotechnology Applied to Global Environment* (GAGEN).

Referências Bibliográficas

- Antunes, J. F. G.; Lamparelli, R. A. C. Monitoramento da cultura da cana-de-açúcar utilizando a Transformada de Wavelet em séries temporais de dados EVI/MODIS. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 15, 2011, Curitiba. *Anais...* São José dos Campos: INPE, 2011. Artigos, p. 0315-0322. On-line. Disponível em: < <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p0671.pdf> >. Acesso em: 07 out. 2016.
- Beck, H.E., McVicar, T.R., van Dijk, A.I.J.M., Schellekens, J., de Jeu, R.A.M., Bruijnzeel, L.A., Global evaluation of four AVHRR-NDVI data sets: Intercomparison and assessment against Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment*, v. 115, n. 10, p. 2547-2563, 2011.
- Borges, E. F.; Sano, E. E. Análise da confiabilidade dos dados MODIS e do seu potencial para a discriminação de cobertura de terras no Oeste da Bahia. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 16, 2013, Foz do Iguaçu. *Anais...* São José dos Campos: INPE, 2013. Artigos, p. 1634-1641. On-line. Disponível em: < <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p1317.pdf> >. Acesso em: 27 jul. 2016.
- Campo-Bescós, M., Muñoz-Carpena, R., Southworth, J., Zhu, L., Waylen, P., Bunting, E. Combined Spatial and Temporal Effects of Environmental Controls on Long-Term Monthly NDVI in the Southern Africa Savanna. *Remote Sensing*, v. 5, n. 12, p. 6513-6538, 2013.
- Chen, B., Xu, G., Coops, N.C., Ciais, P., Innes, J.L., Wang, G., Myneni, R.B., Wang, T., Krzyzanowski, J., Li, Q., Cao, L., Liu, Y. Changes in vegetation photosynthetic activity trends across the Asia-Pacific region over the last three decades. *Remote Sensing of Environment*, v. 144, p. 28-41, 2014.
- Didan, K.; Munoz, A. B.; Solano, R.; Huete, A. **MODIS Vegetation Index User's Guide** (MOD13 Series)

Version 3.00, 2015. Disponível

em: <http://landweb.nascom.nasa.gov/QA_WWW/forPage/MOD13_VI_C5_Changes_Document_06_28_06.pdf> Acesso em: 15 dez. 2015.

Fensholt, R., Rasmussen, K., Nielsen, T.T., Mbow, C. Evaluation of earth observation based long term vegetation trends — Intercomparing NDVI time series trend analysis consistency of Sahel from AVHRR GIMMS, Terra MODIS and SPOT VGT data. **Remote Sensing of Environment**, v. 113, n. 9, p. 1886–1898, 2009.

Fensholt, R.; Rasmussen, K. Analysis of trends in the Sahelian “rain-use efficiency” using GIMMS NDVI, RFE and GPCP rainfall data. **Remote Sensing of Environment**, v. 115, n. 2, p. 438–451, 2011.

Galvão, L. S. et al. On intra-annual EVI variability in the dry season of tropical forest: A case study with MODIS and hyperspectral data. **Remote Sensing of Environment**, v. 115, n. 9, p. 2350–2359, 2011.

Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E. 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.

Moraes, R. A.; Rocha, J. V. Imagens de coeficiente de qualidade (Quality) e de confiabilidade (Reliability) para seleção de pixels em imagens de NDVI do sensor MODIS para monitoramento da cana-de-açúcar no estado de São Paulo. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 15, 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. Artigos, p. 0547-0552. On-line. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p0376.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2016.

Mishra, N.B., Crews, K.A., Neeti, N., Meyer, T., Young, K.R. MODIS derived vegetation greenness trends in African Savanna: Deconstructing and localizing the role of changing moisture availability, fire regime and anthropogenic impact. **Remote Sensing of Environment**, v. 169, p. 192–204, 2015.

NASA. **National Agency Space Administration**. Disponível em: <<https://www.nasa.gov/>>. Acesso em: 18 ago. 2016.

Yu, F., Price, K.P., Ellis, J., Shi, P. Response of seasonal vegetation development to climatic variations in eastern central Asia. **Remote Sensing of Environment**, v. 87, n. 1, p. 42–54, 2003.