

## ÍNDICES DE VEGETAÇÃO EM BACIA REPRESENTATIVA NO ESTADO DE PERNAMBUCO

*Ana Claudia Villar e Luna Gusmão<sup>1\*</sup>; Suzana Maria Gico Lima Montenegro<sup>2</sup>; Bernardo Barbosa da Silva<sup>3</sup>; Leidjane Maria Maciel de Oliveira<sup>4</sup>; Diogo Francisco Borba Rodrigues<sup>5</sup>; Bruno e Silva Ursulino<sup>6</sup>; Victor Hugo Rabelo Coelho<sup>7</sup> & Diego César dos Santos Araújo<sup>8</sup>*

**Resumo** – O mapeamento dos índices de vegetação é de grande importância nos estudos em bacias hidrográficas, ajudando a estabelecer usos e ocupações sustentáveis. A utilização das técnicas de sensoriamento vêm contribuindo de forma significativa para a geração dessas informações. O sensor MODIS tem ganhado cada vez mais destaque no monitoramento ambiental. Através dos produtos desse sensor, o presente estudo tem como objetivo determinar os índices de vegetação SAVI e EVI2 na bacia hidrográfica do rio Tapacurá, localizada no estado de Pernambuco, região Nordeste do Brasil. Os índices de vegetação utilizados neste estudo foram obtidos a partir do produto de reflectância MOD09Q1 para os dias 05/08/2011 e 04/08/2012. Estes anos foram escolhidos por possuírem regimes pluviométricos distintos, ou seja, 2011 (ano chuvoso) e 2012 (ano seco). Com os resultados obtidos, constataram-se valores mais baixos dos índices de vegetação nos aglomerados urbanos inseridos na bacia hidrográfica, contrastando com as áreas agrícolas e os fragmentos de floresta tropical nativa que apresentaram valores mais elevados. Comparando as imagens estudadas para os dois anos, percebeu-se uma diminuição dos índices de vegetação para o ano de 2012, cuja precipitação foi bem inferior ao ano anterior.

**Palavras-Chave** – EVI2; SAVI; MODIS.

## VEGETATION INDICES IN A REPRESENTATIVE BASIN IN THE STATE OF PERNAMBUCO

**Abstract** – The mapping of vegetation indices is of great importance in studies in river basins, helping to establish sustainable uses and occupations. The use of remote sensing techniques has contributed significantly to the generation of this information. The MODIS sensor has gained increasing prominence in environmental monitoring. Through the products of this sensor, the present study aims to determine the vegetation indices SAVI and EVI2 in the catchment area of the Tapacurá river, located in the state of Pernambuco, Northeastern region of Brazil. The vegetation indexes used in this study were obtained from the product of reflectance MOD09Q1 for August 5, 2011 and August 4, 2012. These years were chosen for having different rainfall regimes, 2011 (rainy year) and 2012 (dry year). With the results obtained, lower values of vegetation indices were observed in the urban agglomerates inserted in the watershed, contrasting with the agricultural areas and the fragments of native tropical forest that presented higher values. Comparing the studied images for the two years, there was a decrease in the vegetation index for the year 2012, in which rainfall was well below the previous year.

**Keywords** – EVI2; SAVI; MODIS.

<sup>1\*</sup>Bolsista de Pós-Doutorado da CAPES/FACEPE em Engenharia Civil na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), e-mail: villareluna@yahoo.com.br.

<sup>2</sup> Professora do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), e-mail: suzanam@ufpe.br.

<sup>3</sup> Professor do Departamento de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), e-mail: bbdasilva.ufpe@gmail.com.

<sup>4</sup> Professora do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), e-mail: leidjaneoliveira@hotmail.com

<sup>5</sup> Bolsista de Pós-Doutorado do CNPq em Engenharia Civil na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), e-mail: diogo.borbar@gmail.com.

<sup>6</sup> Mestrando da pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), e-mail: brunosenga@gmail.com.

<sup>7</sup> Bolsista de Pós-Doutorado do CNPq em Engenharia Civil na Universidade Federal da Paraíba (UFPB), e-mail: victor-coelho@hotmail.com.

<sup>8</sup> Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife – PE, e-mail: diego@agro.eng.br.

## INTRODUÇÃO

O mapeamento dos índices de vegetação é de grande importância nos estudos em bacias hidrográficas, ajudando a estabelecer usos e ocupações sustentáveis. Como as mudanças climáticas e o uso e ocupação da terra vem ocorrendo de forma acelerada, o monitoramento contínuo através de dados de satélites são extremamente necessários para verificar e quantificar tais mudanças. Nas últimas décadas, as utilizações das técnicas de sensoriamento vêm contribuindo de forma significativa para a geração dessas informações, tendo em vista a rapidez, eficiência e confiabilidade na identificação de alterações que ocorrem na superfície terrestre.

Com essa finalidade, o sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), a bordo dos satélites Terra (MOD) e Aqua (MYD), tem ganhado cada vez mais destaque, pois a sua resolução temporal diária compensa a média resolução espacial de seus produtos (que variam entre 250, 500 e 1000 m).

Nunes e Roig (2015) descreveram a importância do monitoramento em bacias hidrográficas, pois através da ocupação desordenada ocorrem processos erosivos, assoreamento de rios e reservatórios, diminuição da infiltração e conseqüentemente na recarga de aquíferos, contaminação das águas, entre outros. O que torna o planejamento do uso e ocupação do solo em bacias hidrográficas de grande relevância.

Os Índices de Vegetação respondem à densidade da vegetação, cor e diferentes estados de umidade do solo e práticas de cultivo, devido à intensa absorção na região visível do espectro eletromagnético, em 0,475  $\mu\text{m}$  e 0,65  $\mu\text{m}$ , por parte da clorofila. A reflectância espectral da superfície terrestre fornece informações a respeito da presença da clorofila e também das condições da vegetação (PAIVA *et al.*, 2011). Dentre vários índices de vegetação destaca-se o Índice de Vegetação Ajustado aos efeitos do Solo (SAVI) e o Índice de Vegetação Melhorado (EVI).

Para avaliar o desempenho do SAVI, Rêgo *et al.* (2012) utilizaram imagem do sensor TM do satélite Landsat 5 para os anos de 2009 e 2010, onde encontraram resultados satisfatórios no que diz respeito a representação da vegetação da região estudada. Zhang (2015) determinou o Índice de Vegetação Melhorado utilizando duas bandas espectrais, vermelho e infravermelho (EVI2) usando uma série temporal a longo prazo (1982-1999) do sensor AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) em que reconstruiu um conjunto de dados global, onde obteve-se boas observações de campo.

A bacia hidrográfica do rio Tapacurá é destaque em gestão de recursos hídricos de Pernambuco. Nesta bacia, localiza-se o reservatório de mesmo nome e considerado o manancial mais importante para o abastecimento público da Região Metropolitana do Recife (RMR), como também, a contenção de cheias na RMR em aglomerados populacionais. Estudos de índices de vegetação são importantes na gestão de recursos hídricos em bacias hidrográficas.

Diante disso o objetivo do presente trabalho é determinar o SAVI e o EVI2 na bacia hidrográfica do rio Tapacurá, localizada no estado de Pernambuco, região Nordeste do Brasil, avaliando o monitoramento em períodos com regime pluviométrico diferentes.

## MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo do presente trabalho está localizada na bacia hidrográfica do rio Tapacurá (Figura 1), integrante da Rede de Hidrologia do Semiárido (REHISA), com área de drenagem aproximada de 470,50  $\text{km}^2$ , abrangendo uma área de transição entre a Zona da Mata e o Semiárido.

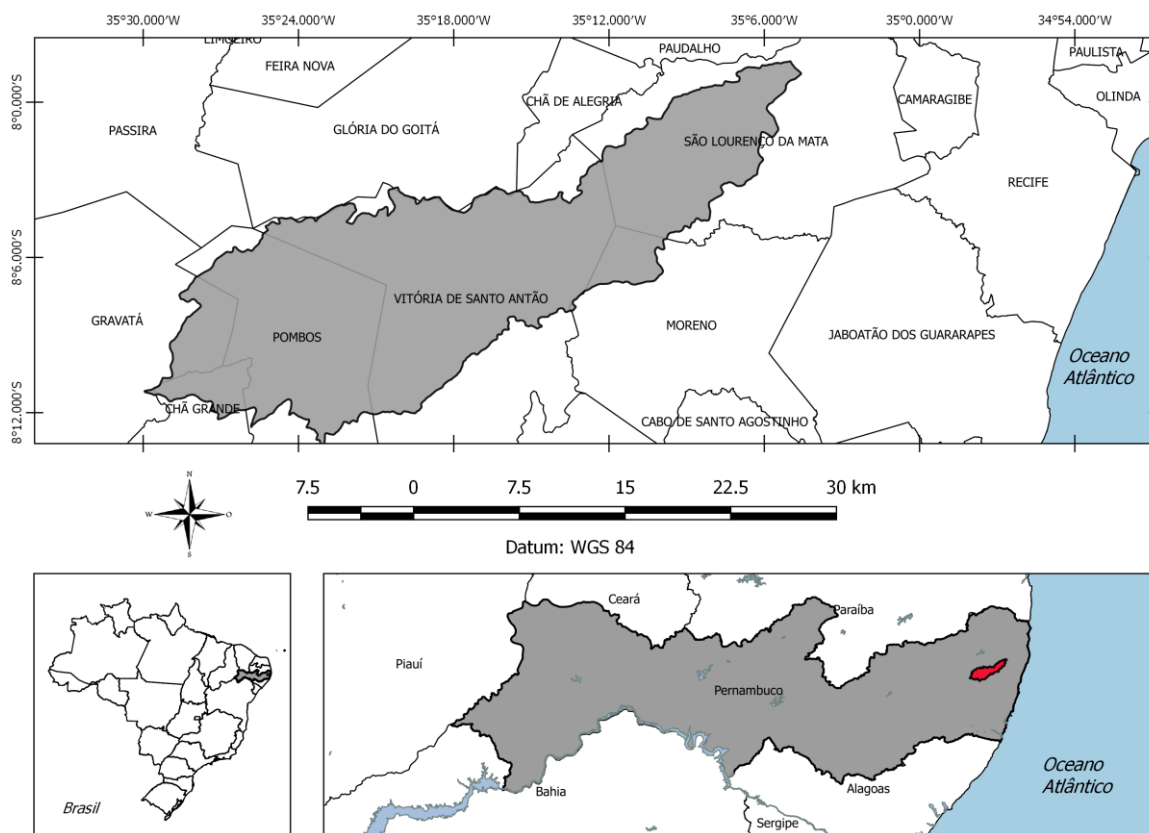


Figura 1 - Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Tapacurá, PE, Brasil.

A bacia do rio Tapacurá abrange seis municípios (Vitória de Santo Antão, Pombos, São Lourenço da Mata, Gravatá, Moreno e Chã Grande), apresentando conflitos de uso da água (abastecimento público, uso industrial, irrigação etc). Nesta bacia localiza-se o reservatório de Tapacurá que tem capacidade máxima de 94.200.000 m<sup>3</sup>, sendo de grande importância para o abastecimento da Região Metropolitana do Recife (RMR), pois representa 36% do volume distribuído na região, abrangendo a Cidade do Recife, São Lourenço da Mata, Camaragibe e Jaboatão (COMPESA, 2016).

Para a determinação dos índices de vegetação nesta pesquisa, foi utilizado o produto MOD09Q1 (reflectância) proveniente do satélite Terra, que contém, para cada *pixel*, a melhor observação possível durante um período de oito dias e possui uma resolução espacial de 250 m. Esse produto é disponibilizado gratuitamente pela ferramenta *EarthExplorer* do USGS (*United States Geological Survey*), através do site <https://earthexplorer.usgs.gov>.

Para manuseio, recorte e álgebra entre as imagens utilizou-se o software Erdas Imagine e para montagem final dos layouts o ArcGis, ambos com licença do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Os índices de vegetação foram processados para os dias 05/08/2011 e 04/08/2012. Os anos em estudo foram escolhidos devido ao comportamento hidrológico para região, onde para o ano de 2011 obteve-se precipitação acima da média histórica registrada no local e 2012 abaixo da média, levando-se em consideração os meses de janeiro a agosto dos referidos anos.

O Índice de Vegetação Ajustado aos efeitos do Solo (SAVI) é um índice que busca amenizar os efeitos do “background” do solo. Foi utilizada a equação proposta por Huete (1988), conforme a Equação 1:

$$SAVI = \frac{(1 + L)(\rho_2 - \rho_1)}{(L + \rho_2 + \rho_1)} \quad (1)$$

em que L é um fator de ajuste que depende do solo da área de estudo. Foi considerado L= 0,1, conforme Silva et al. (2011) e Allen et al. (2002);  $\rho_1$  e  $\rho_2$  correspondem às reflectâncias das bandas 1 e 2 do MOD09Q1.

O Índice de Vegetação Melhorado (EVI) fornece sensibilidade melhorada em regiões de biomassa alta, enquanto minimiza as influências do solo e atmosfera. Para o cálculo desse índice (Equação 2) foi utilizado o modelo proposto por Jiang *et al.* (2008) onde são utilizadas apenas duas bandas para o cálculo (banda 1 -vermelho e banda 2 - infravermelho próximo), excluindo da equação proposta anteriormente por Huete *et al.* (1988), a faixa do azul. Essa mudança na obtenção do EVI, para EVI2, é favorável pois ter-se-á imagens com uma melhor resolução espacial (de 500 m para 250 m).

$$EVI2 = 2,5 \times \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + 2,4\rho_1 + 1,0} \quad (2)$$

em que  $\rho_1$  e  $\rho_2$  são respectivamente as reflectâncias das bandas 1 (vermelho), 2 (infravermelho próximo) MOD09Q1.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados pluviométricos coletados na estação meteorológica experimental situada no interior da bacia do Tapacurá estão apresentados na Figura 2, com os totais mensais da precipitação para os anos de 2011 e 2012 em comparação com a média mensal histórica (1957 – 1993). Em relação ao ano de 2012 só foram registradas precipitações até o mês de agosto devido ao problema no dispositivo de armazenamento de dados. O período chuvoso compreende os meses de março a julho. Para o ano de 2011 os dados pluviométricos registrados se mostraram superiores em comparação com média histórica, já para o ano de 2012 percebe-se que teve registros inferiores para os meses de março a maio. Os totais precipitados até agosto de 2011 e 2012 foram de 1.670 mm e 802 mm, respectivamente.

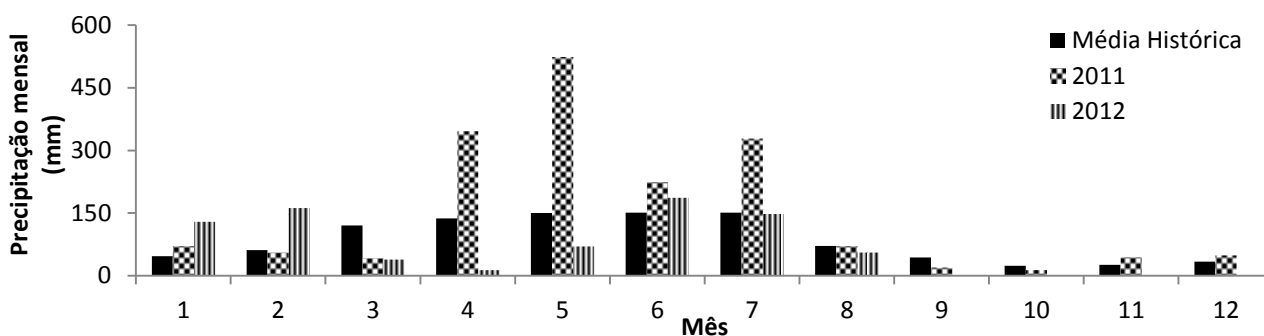


Figura 2 -Precipitação mensal para os anos de 2011 e 2012 em comparação com a média histórica.

Na Figura 3 apresentaram-se as cartas do EVI2 para as datas de 05/08/2011 e 04/08/2012. Através destas imagens pode-se verificar a resposta da vegetação ao diferente regime pluviométrico da bacia do Tapacurá.

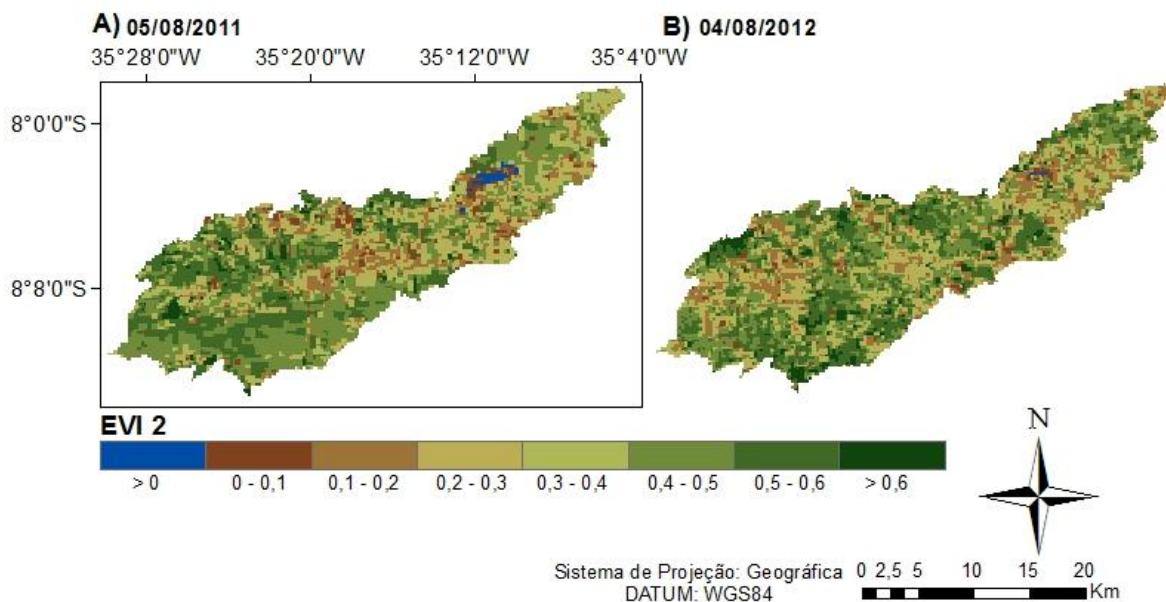


Figura 3 - EVI2 obtido através do sensor MODIS, em 05/08/2011 (A) e 04/08/2012 (B).

Os valores encontrados para água nas cartas de EVI2 foram menores que 1, que correspondem ao reservatório de Tapacurá, sendo mais evidenciado para o dia 05/08/2011 tendo em vista a maior lâmina d'água precipitada para este ano. Pode-se observar clara diferença entre os dias estudados, onde percebe-se sensível diminuição nos valores de EVI2.

Nas áreas urbanas os valores ficaram em sua grande maioria entre 0,1 e 0,3, onde observa-se o município de Vitória de Santo Antão na parte central da imagem. Valores semelhantes foram obtidos por Oliveira *et al.* (2012), que através do satélite TM/Landsat 5, encontraram para áreas urbanas o EVI entre 0,0 a 0,4 para os anos de 2005 e 2007. Valores que se apresentaram maiores que 0,6 representam fragmentos de mata atlântica e as áreas de agropecuária tiveram predominância entre os valores de 0,4 a 0,6 para o ano de 2011 e 0,2 a 0,5 para o ano de 2012. Valores semelhantes foram encontrados por Zhang (2015) ao determinar para toda a América do Norte o EVI2, evidenciando diferenças entre diferentes biomas por um longo período (entre 1982 a 1999) a partir de dados do sensor AVHRR/NOAA. Os valores variaram aproximadamente entre 0,15 a 0,45 para áreas de cultivo agrícola e em torno de 0,15 a 0,6 para áreas de pastagem.

Os padrões do SAVI (Figura 4) se mantiveram em relação ao EVI2, em que houve diminuição para o ano de 2012 em relação ao ano anterior. Pois, onde foram registrados maiores valores do EVI2 foram também registrados maiores valores do SAVI, da mesma forma ocorreu com o inverso. Os valores do SAVI menores que 0 encontrados nas imagens, correspondem a água do reservatório de Tapacurá, padrão semelhante ao obtido pelo EVI2.



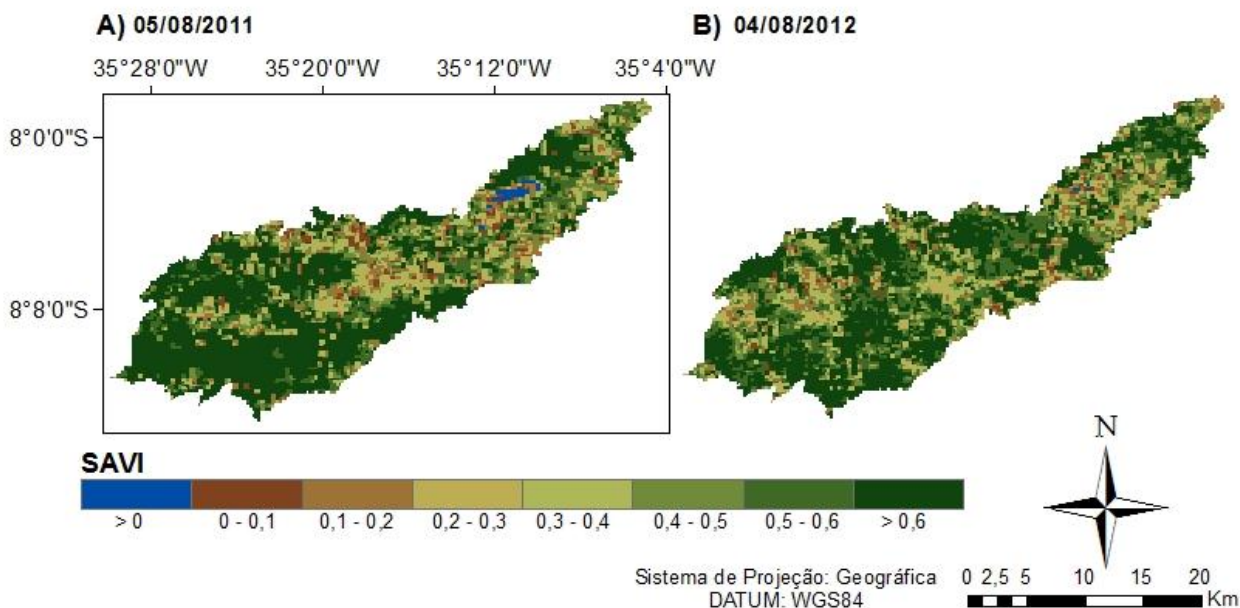


Figura 4 - SAVI obtido através do sensor MODIS, em 05/08/2011 (A) e 04/08/2012 (B).

Evidenciaram-se valores do SAVI para área urbana entre 0,2 a 0,4, em sua grande maioria, para os anos estudados. Alguns pontos das imagens se apresentam com valores entre 0,0 e 0,2, indicando solo exposto. Estes valores estão de acordo com Fernandes *et al.* (2016) que detectaram cicatrizes de queimadas em Área de Proteção Ambiental do Rio Pandeiros (MG), através dos valores do SAVI entre 0,03 a 0,19.

Grande parte da bacia está com valores maiores que 0,6 para o ano de 2011 e para o ano de 2012 houve uma ligeira diminuição, com valores entre 0,5 e 0,6. Estes valores foram superiores ao obtido por Demarchi *et al.* (2011), que encontraram para cobertura vegetal escassa, ocupados por pastagens, valores entre 0,2 e 0,3. Esta se diferença se baseia pelo alto índice pluviométrico da bacia para o ano de 2011. Ainda, mesmo para o ano de 2012 (que foi um ano mais seco) houve precipitação no período chuvoso (finalizado em julho) e que ainda teve uma quantidade significativa de chuva em agosto, sendo o mês do imageamento das duas imagens.

## CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos, foram constatados valores mais baixos dos índices de vegetação nos aglomerados urbanos inseridos na bacia hidrográfica, contrastando com as áreas agrícolas e os fragmentos de floresta tropical nativa que apresentaram valores mais elevados.

Comparando as imagens estudadas para os dois anos, percebeu-se uma diminuição dos índices de vegetação para o ano de 2012, cuja precipitação foi bem inferior ao ano anterior.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas PQ e PDJ, bem como pelo financiamento de projetos de pesquisa (Chamada Universal - MCTI/CNPq N° 14/2014 e MCTI/CNPq/ANA N.23/2015), Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), pelo financiamento do projeto REHIDRO 1830, à FACEPE/CAPES por bolsa PNPd, a USGS pelo fornecimento das imagens e à Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) pelo fornecimento de dados.

## REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G.; WATERS, R.; TREZZA, R.; TASUMI, M.; BASTIAANSSEN, W. (2002). Sebal - surface energy balance algorithms for land: Idaho implementation: advance training and users manual. Moscow: Idaho Department of Water Resources, 98p.

COMPESA – Companhia Pernambucana de Saneamento. Disponível em: <http://servicos.compesa.com.br/wp-content/uploads/2016/01/tapacura.pdf>. Acesso em: 19/10/2016.

DEMARCHI, J. C., PIROLI, E. L., & ZIMBACK, C. R. L. (2011). Análise temporal do uso do solo e comparação entre os índices de vegetação NDVI e SAVI no município de Santa Cruz do Rio Pardo–SP usando imagens LANDSAT-5. *Raega-O Espaço Geográfico em Análise*, 21.

FERNANDES, A. C. G., COUTINHO, M. A. N., SANTOS, V. G., & NASCIMENTO, C. R. (2016). Utilização de intervalos de índices de vegetação e temperatura da superfície para detecção de queimadas. *Caderno de Ciências Agrárias*, 8(2), 30-40.

HUETE, A. R. A soil adjusted vegetation index (SAVI) (1988). *Remote Sensing of Environment*, v.25, n.3, p.295-309.

JIANG, Z.; HUETE, A. R.; DIDAN, K.; MIURA, T. (2008). Development of a two-band enhanced vegetation index without a blue band. *Remote Sensing of Environment*, p. 112, n. 10, p. 3833-3845.

NUNES, J. F.; ROIG, H. L. (2015). Análise e mapeamento do uso e ocupação do solo da Bacia do Alto do Descoberto, DF/GO, por meio de classificação automática baseada em regras e lógica nebulosa. *Revista árvore*, v. 39, n. 1, p. 25-36.

OLIVEIRA, L. M. M.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; ANTONINO, A. C. D.; SILVA, B. B.; MACHADO, C. C. C.; GALVÍNCIO, J. D. (2012). Análise quantitativa de parâmetros biofísicos de bacia hidrográfica obtidos por sensoriamento remoto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 47, n. 9, p.1209-1217.

PAIVA, C. M.; FRANÇA, G. B.; LIU, W. T. H.; ROTUNNO FILHO, O. C. (2011). A comparison of experimental energy balance components data and SEBAL model results in Dourados, Brazil. *International Journal of Remote Sensing*, v. 32, p. 1731-1745.

RÊGO, S. C. A.; LIMA, P. P. S.; LIMA, M. N. S.; MONTEIRO, T. R. R.(2012). Análise comparativa dos índices de vegetação NDVI e SAVI no município de São Domingos do Cariri-PB. *Revista Geonorte*, v. 3, n. 5, p. 1217-1229.

SILVA, B. B. da, BRAGA, A. C.; BRAGA, C. C. (2011). Balanço de radiação no perímetro irrigado São Gonçalo – PB mediante imagens orbitais. *Revista Caatinga*, v.24, n.3, p.145-152.

ZHANG, X. (2015). Reconstruction of a complete global time series of daily vegetation index trajectory from long-term AVHRR data. *Remote Sensing of Environment*, v. 156, p. 457-472.