

Avaliação de índices de vegetação e características fisiográficas no Sertão Pernambucano

Clayton Barbosa de Andrade^{1*}, Leidjane Maria Maciel de Oliveira²; José Augusto Machado Omena³, Ana Cláudia Villar e Luna Gusmão⁴, Diogo Francisco Borba Rodrigues⁵

¹ Departamento de Engenharia Civil, Graduando em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil. (*Clayton Barbosa de Andrade:cbandrade@gmail.com).

² Departamento de Engenharia Civil, Professora, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.

³ Departamento de Engenharia Civil, Graduando em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.

⁴ Departamento de Engenharia Civil, Pós-doutorando em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.

⁵ Departamento de Engenharia Civil, Pós-doutorando em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.

Histórico do Artigo: Submetido no VI Encontro de Desenvolvimento e Meio Ambiente, sendo aceito e indicado para publicação

RESUMO

Atualmente os dados de sensoriamento remoto estão sendo primordiais em pesquisas voltadas a estudos do comportamento da vegetação, assim como no monitoramento de fenômenos meteorológicos e ambientais. Utilizando imagens TM – Landsat 5 referentes aos municípios de Exu e Moreilândia localizados no Sertão pernambucano, foram gerados o relevo sombreado e declividades em grau a fim de avaliar o relevo da região, também foram processados o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e o Índice de Água por Diferença Normalizada (NDWI), com objetivo de avaliar a situação da superfície vegetativa das bacias em questão. O estudo dos Índices de Vegetação no sertão Pernambucano, através de imagens disponibilizadas pelo INPE e USGS, apresentou predominância de solo exposto e vegetação rasteira, compatíveis com outros estudos nesta região, confirmando a eficiência na aplicabilidade da técnica.

Palavras-Chaves: Sensoriamento Remoto, Relevo, Superfície Vegetativa.

Avaluation of vegetation indexes and physiographic characteristics at Pernambuco's Semi-arid

ABSTRACT

Currently the remote sensing data are primordial in reasearches focused in the comportament of vegetation as well as the monitoring of metereologic and ambiental phenomena which is done through satellite images. Using TM – Landsat 5 images that reffer to the counties of Exu and Moreilândia located in the Sertão Pernambuco, it was possible to generate the shaded relief and declivities in degrees, the intention was to avalue the region relief. It were also processed the Vegetation Index through Normalitie Diference (NDVI) and the Water Index through Normalitie Diference (NDWI) to avaluate the situation of the vegetative surface of the bacias in question. The study of the Vegetation Indexes in the Backlands of Pernambuco, through images provided by INPE and USGS, showed predominance of exposed soil and undergrowth, compatible with other studies in this region, confirming the efficiency in the applicability of the technique.

Keywords: Remote Sensing, Relief, Vegetative Surface.

1. Introdução

A região do semiárido Pernambucano é marcada por longos períodos de secas, com um regime pluviométrico inconstante e irregular. A escassez de água é uma das principais problemáticas dos municípios e um grande empecilho para o desenvolvimento socioeconômico dos mesmos. A ausência do desenvolvimento de técnicas bem elaboradas para irrigação aliada à irregularidade do ciclo hidrológico proporciona alterações consideráveis na superfície vegetal destes locais, como resultado, o próprio ciclo pode ser afetado causando mais alterações negativas.

O Sensoriamento Remoto (SR) é um importante instrumento para mapeamentos e modelagens, pois o desenvolvimento de diversos satélites e dados derivados destes possibilitou o acompanhamento da mudança do uso e cobertura do solo (Andrade et al., 2011). O monitoramento da vegetação por SR pode ser realizado a partir de Índices de Vegetação (IVs), que são medidas radiométricas que indicam a quantidade e atividade da vegetação verde (JENSEN, 2011).

Segundo Leivas et al. (2013) o Índice de Água por Diferença Normalizada (NDWI) é um método desenvolvido por McFeeters (1996) com o intuito de delinear feições na água presentes no ambiente e realçar a presença das mesmas na imagem digital obtida por sensoriamento remoto. Este índice derivou do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), o qual se baseia na assinatura espectral característica de uma vegetação verde e sadia que mostra um evidente contraste entre a combinação das bandas do vermelho e do infravermelho próximo.

O NDWI tem se destacado no monitoramento do estresse hídrico em ambiente semiárido, pois as bandas do infravermelho próximo e do infravermelho médio são altamente correlacionadas com o conteúdo de água do dossel vegetal, conseguindo acompanhar melhor a estimativa da quantidade de água em culturas agrícolas. Por essas características esses dois índices se destacam nas análises, espaciais e temporais, de vegetação e recursos hídricos. (OLIVEIRA et al., 2010).

A escolha da área de estudo foi motivada pela importância dos municípios no pólo econômico nordestino, principalmente na agricultura, além da grande influência da Chapada do Araripe para o clima e vegetação da Bacia do Rio Brígida. Desta forma, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a superfície vegetativa de Exu e Moreilândia, a partir da utilização de índices de vegetação aplicados a uma imagem TM (Thematic Mapper) / Landsat 5, datada de 21 de setembro de 2008.

2. Material e Métodos

2.1 Caracterização da área de estudo

A Figura 1 detalha a localização da área de estudo que compreende os municípios de Exu e Moreilândia em Pernambuco.

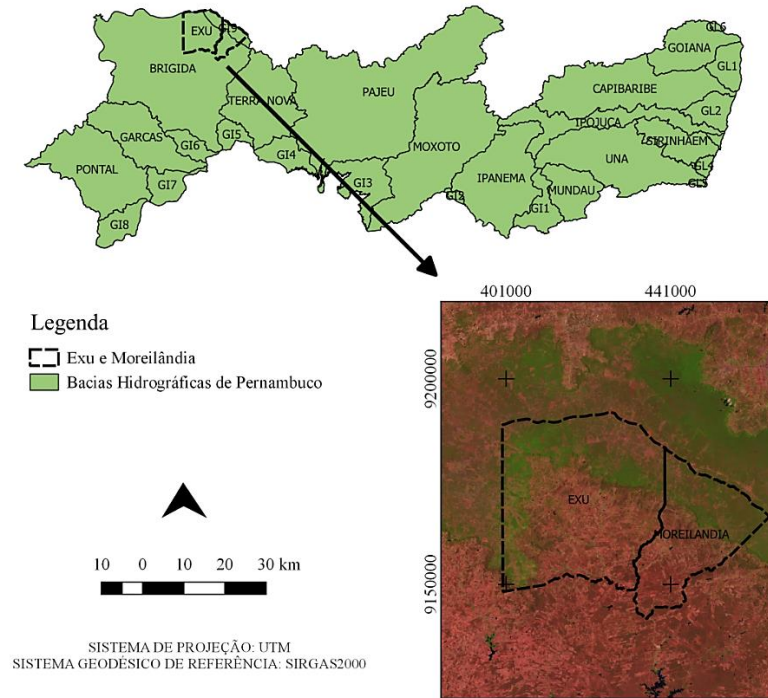
Exu é um município brasileiro do estado de Pernambuco, situado à altura da Serra do Araripe, na divisa entre os estados de Pernambuco e Ceará. Localiza-se a uma latitude 07° 30' 43" Sul e a uma longitude 39° 43' 27" Oeste, estando a uma altitude de 523 metros, com população de 30.569 habitantes (IBGE, 2007). A vegetação é predominantemente de Floresta Caducifólia e Caatinga Hipoxerófila.

Moreilândia é um município brasileiro do estado de Pernambuco, localizado na latitude 07° 37' 51" Sul e a uma longitude 39° 33' 04" Oeste, estando a uma altitude de 502 metros. Sua população estimada em 2015 era de 11 132 habitantes (IBGE, 2015). Possui uma área de 638 km². A vegetação nativa é composta por floresta subperenifólia.

Ambos os municípios estão inseridos na bacia hidrográfica do Rio Brígida, como exposto na Figura 1, que abrange uma área de 13.495,73 km², o que corresponde a 13,73% da superfície total de Pernambuco. A bacia engloba um total de 15 municípios, dentre os quais Bodocó, Granito, Ipubi e Trindade estão completamente inseridos na bacia; os com sede na bacia são Exu, Moreilândia Araripina, Ouricuri e

Parnamirim; e os municípios parcialmente inseridos na bacia são os de Cabrobó, Orocó, Santa Cruz, Santa Maria da Boa Vista, Santa Filomena e Serrita (APAC, 2017).

Figura 1 – Localização dos Municípios de Exu e Moreilândia.



2.2 Metodologia

Utilizou-se o software de livre acesso QGIS versão 2.14.18, para o processamento das cartas georeferenciadas de índices de vegetação e declividade.

Inicialmente foram processadas as imagens TM – Landsat 5, geradas através de um sistema de satélites sob gerência da NASA e disponibilizadas na rede a partir do banco de dados de órgãos como o USGS e INPE (2017). Estas imagens são, geralmente, compostas por sete bandas que apresentam diferentes intervalos espectrais e definem os diferentes elementos da superfície.

Logo após foi gerado o Modelo Digital de Elevação (MDE), alinhado e sobreposto de curvas de nível para a geração do relevo sombreado em 3D e da declividade em graus. O MDE é um arquivo do tipo raster, ou seja, ele é formado por um conjunto de pixels, onde cada pixel possui uma informação, que neste caso se refere a um conjunto de coordenadas (x,y) somados a uma elevação (z), o que permite o processamento de imagens de superfícies contínuas da área de estudo em questão em coordenadas UTM.

O processamento do NDVI e NDWI foi realizado a partir da radiância espectral e a reflectância das bandas 3, 4 e 5 do TM – Landsat 5. A primeira atividade para a obtenção do NDVI e NDWI consiste na calibração radiométrica, cuja equação é descrita abaixo, apresentada por Markham e Baker (1987).

$$L\lambda_i = ai + \frac{bi-ai}{255} ND \quad (1)$$

Onde os índices representam: $L\lambda_i$ (radiância espectral de cada banda ($Wm^{-2} \cdot \mu m^{-1} \cdot sr^{-1}$)), a (radiância espectral máxima), b (radiância espectral mínima), i (referência a banda do TM Landsat 5) e ND (número digital, valor entre 0 e 255), dispostos na Tabela 1.

Tabela 1 - Descrição das bandas do TM Landsat 5, com os intervalos de comprimento de onda, coeficientes de calibração (radiância mínima – a; radiância máxima – b) e irradiâncias espectrais no topo da atmosfera (TOA)

Bandas	Comprimento de onda (μm)	Coeficientes de calibração ($Wm^{-2} \cdot \mu m^{-1} \cdot sr^{-1}$)		Irradiância Espectral no topo da atmosfera – $k\lambda_i$ ($Wm^{-2} \cdot \mu m^{-1} \cdot sr^{-1}$)
		a	b	
3 (vermelho)	0,626 - 0,693	-1,17	264,0	1536
4 (IV-próximo)	0,776 - 0,904	-1,51	221,0	1031
5 (IV-médio)	1,567 - 1,784	-0,37	30,2	220

Fonte: Adaptado de Chandler et al. (2009)

Após o processamento das radiâncias, foi realizada a determinação da reflectância espectral monocromática de cada banda ($\rho\lambda_i$), que é dada em função da radiância espectral ($L\lambda_i$), irradiância solar espectral de cada banda no topo da atmosfera ($k\lambda_i$), do ângulo zenital (Z), e distância Terra-sol (d_r), conforme a equação obtida por (BASTIAANSEN, 1995; ALLEN et al., 2002; SILVA et al., 2005):

$$\rho\lambda_i = \frac{\pi L\lambda_i}{k\lambda_i \cos Z d_r} \quad (2)$$

$$\cos Z = \cos\left(\frac{\pi}{2} + E\right) \quad (3)$$

$$d_r = 1 + 0,33 \cos\left(\frac{D_{SA} 2\pi}{365}\right) \quad (4)$$

O processamento do NDVI é a partir da equação de Rouse et al. (1973) onde os resultados variam de -1 a +1, sendo que, em superfícies com vegetação verde, os valores variam de 0 a 1 e, na água ou nuvens, os valores são geralmente menores que zero. A função do índice é determinar as mudanças sazonais e interanuais no desenvolvimento e atividades da vegetação, possibilitando o perfil temporal de crescimento e pico de verde, ele é determinado como uma função da reflectância da banda do infravermelho próximo (ρ_{IV}) e a reflectância da banda do vermelho (ρ_V), conforme:

$$NDVI = \frac{(\rho_{IV} - \rho_V)}{\rho_{IV} + \rho_V} \quad (5)$$

O NDWI, proposto por Gao (1996), foi utilizado por ser um método mais recente e completo quando comparado a McFeeters (1996), permitindo detectar com mais qualidade a mudança da biomassa vegetal no que concerne a quantidade de água em culturas agrícolas, pela configuração do estresse hídrico no ambiente, através da relação entre as bandas do infravermelho próximo e do infravermelho médio, pela equação:

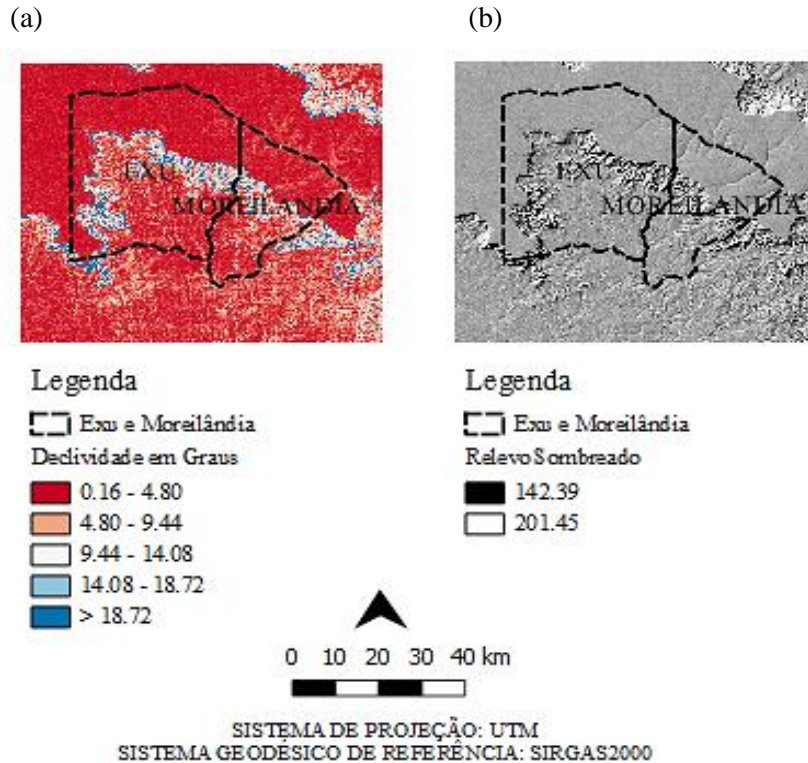
$$NDWI = \frac{(\rho_{IV} - \rho_{IVM})}{\rho_{IV} + \rho_{IVM}} \quad (6)$$

3. Resultados e Discussão

A partir do MDE foram analisadas características fisiográficas dos municípios referentes a este estudo e foi possível processar a declividades em grau e o relevo sombreado 3D, indicados na Figura 2 (a, b).

Através da Figura 2 foi possível observar as variações de cota do terreno na região estudada, onde a variação de cores na Figura 2 (a) representa o aumento ou diminuição da declividade do local. A região mais azulada possui alto valor de declividade (> 18,72 graus) tendo em vista que está próxima a borda da Chapada do Araripe. Na Figura 2 (b) temos uma representação em relevo sombreado da mesma região, que permite a melhor visualização dos valores apresentados na Figura 2 (a), onde observou-se a classe em cor vermelha (0,16 a 4,80 graus) sendo o platô da Chapada do Araripe.

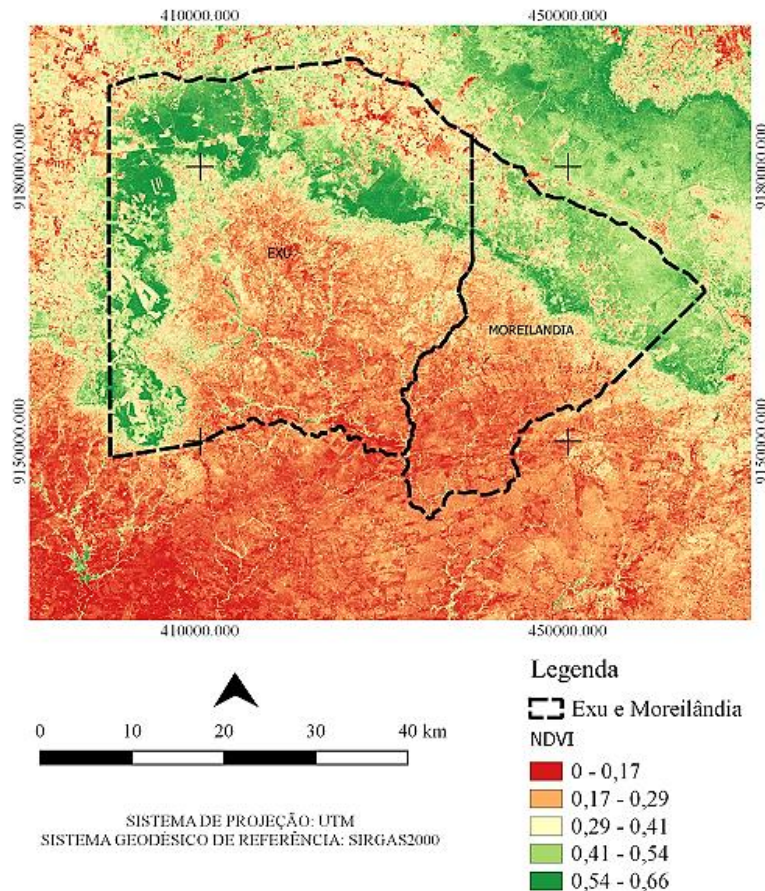
Figura 2 – (a) Declividade em Graus dos municípios de Exu e Moreilândia – PE. (b) Relevo Sombreado dos municípios de Exu e Moreilândia – PE.



A Figura 3 representa o NDVI das regiões de Exu e Moreilândia processado utilizando imagem de satélite LAndsat 5 coletada no dia 21 de setembro de 2008. Os valores encontrados variam entre 0,17 e 0,66, representados nas cores vermelho, laranja, amarelo e verde. O resultado obtido nesta pesquisa com a classe de 0,54 – 0,66 configurando o vigor da vegetação, condiz com Rosendo et al. (2007), quando afirmaram que o NDVI possui a propriedade de variar entre -1 a +1 e quanto mais próximo de 1 maior a densidade da cobertura vegetal.

Demarchi et al. (2011), em sua pesquisa, no que se refere aos tipos de vegetação, classificaram as classes dos pixel especificamente como: área de açude valores de NDVI que variaram entre -1,0 a -0,1; área de solo exposto, onde encontraram valores de -0,1 a 0,2; as áreas de cobertura “rala” do solo, concentraram-se nas classes de NDVI 0,2 a 0,4; a classe de NDVI 0,4 a 0,5 agrupou as áreas de alta densidade de cobertura vegetal; a classe de NDVI 0,5 a 0,6 agrupou as matas nativas, enquanto a classe de 0,6 a 0,9 reuniu outras áreas de mata nativa de elevada cobertura vegetal. Comparando os resultados obtidos com os referidos autores, observou-se que são predominantes valores entre 0,17 e 0,41, assim, verificou-se que prevalece a presença de solo exposto e vegetação rala nos municípios de Exu e Moreilândia.

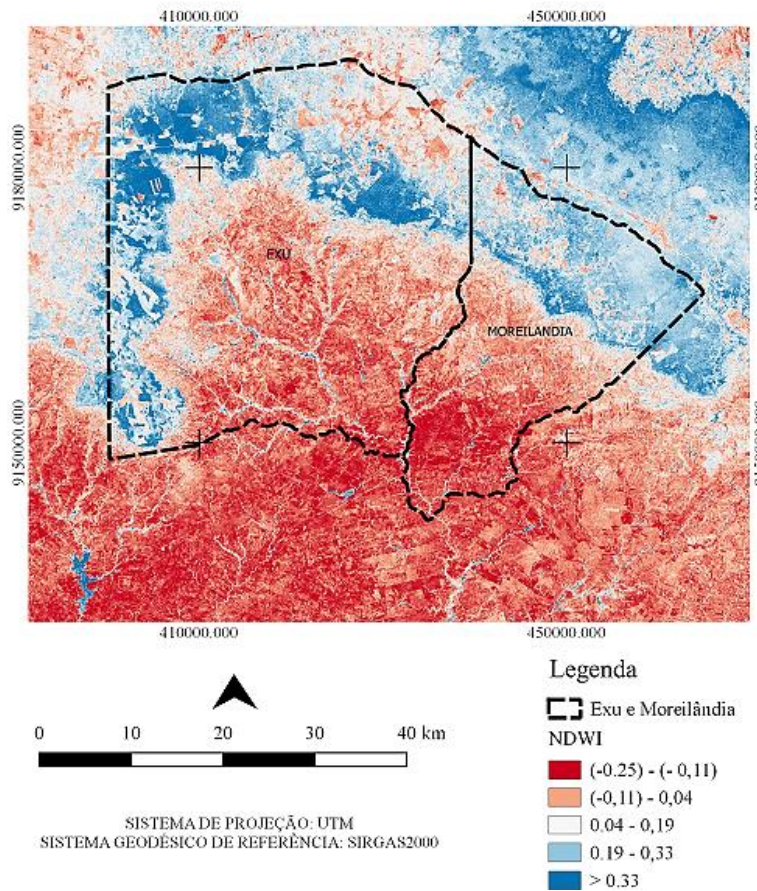
Figura 3 - Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI).



Na comparação do relevo da área de estudo (Figura 2) e o NDVI (Figura 3), observou-se a similaridade espacial na divisão entre os pixels que representam maior vigor da vegetação (0,54 – 0,66) e, o platô da Chapada do Araripe, com as maiores altitudes e menores declividades em graus. A análise espacial da área de estudo apresentou definição detalhada e segura entre os pixels, comprovando a eficiência da análise pelo Sensoriamento Remoto.

Para o mesmo dia o NDWI apresentou valores de -0,25 até 0,33, representados nas cores vermelho, rosa, branco e azul, respectivamente (Figura 4).

Figura 4 - Índice de Água por Diferença Normalizada (NDWI).



De acordo com os valores do NDWI pode-se identificar as áreas que apresentaram maior e menor estresse hídrico no meio ambiente. Segundo Oliveira (2013) os valores das classes 0,01 a 0,10 e 0,11 a 0,20 são as áreas identificadas como solo exposto e as classes 0,21 a 0,30 são as áreas caracterizadas como áreas de pastagem ou com a presença de uma vegetação rasteira com gramíneas. As classes de 0,31 a 0,40 são as áreas de vegetação esparsa, as árvores encontradas nesta classe correspondem as espécies de pequeno porte que estão

distribuídas de forma irregular no terreno. As classes representadas pelos valores de 0,41 a 0,50; 0,51 a 0,60 e 0,61 a 0,70 indicaram a presença de uma vegetação que alterou dos estágios de arbóreo arbustivo a uma vegetação mais densa indicada pela classe $> 0,71$. Nota-se que na região os valores de NDWI possuem um intervalo mais restrito em relação aos resultados encontrados por Oliveira (2013), onde coincidem o intervalo de 0,10 a 0,33 que indicam áreas de vegetação esparsa e árvores de pequeno porte.

Observou-se considerável presença de pixels com valores negativos, correspondendo a um baixo teor de umidade (áreas na cor vermelho e rosa). Este comportamento foi detectado também por Almeida et al. (2017) quando estudaram as bacias hidrográficas do Rio Brígida e G9 em 2011, abrangendo a mesma área desta pesquisa.

4. Conclusão

Os índices de vegetação NDVI, NDWI analisados neste estudo permitiram a análise da cobertura vegetal dos municípios de Exu e Moreilândia. O índice NDWI complementa a informação obtida do NDVI, pois, quanto maior os valores deste índice, maiores serão as taxas de biomassa e de substâncias fotossinteticamente ativas, estando os valores também relacionados diretamente ao teor de água existente na vegetação.

O estudo dos Índices de Vegetação utilizando imagens TM – Landsat 5 nos municípios de Exu e Moreilândia, sertão Pernambucano, apresentou resultados compatíveis com outros estudos nesta região confirmando a eficiência na aplicabilidade da técnica em Sensoriamento Remoto.

5. Agradecimentos

Ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) pela disponibilidade de imagens de satélite, ao Projeto Modelo de avaliação, quantificação e valoração dos serviços ambientais hidrológicos aplicados ao gerenciamento dos recursos hídricos em Pernambuco, aprovado no MCTI/CNPQ/Universal 14/2014, processo: 448236/2014-1, ao Projeto Estudos de Processos Hidrológicos como base para o Gerenciamento de Recursos Hídricos no Estado de Pernambuco - experimentação e modelagem, cenários atuais e futuros, aprovado pelo Edital MCTI/CNPq/ANA N.23/2015, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de Pós-doutorado do quarto autor e a Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pela bolsa de Pós-doutorado do terceiro autor.

6. Referências

ALMEIDA, D. N. O., OLIVEIRA, L. M. M., SILVA, C. B., BEZERRA, U. A., FARIAS, M.O., CANDEIAS, A.L.B. Análise das Bacias Hidrográficas do Rio Brígida, Rio Terra Nova e Grupo de Bacias de Pequenos Rios Interiores 9 (Gi9) de Pernambuco Usando Índices de Vegetação e de Umidade. **In: Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia**. Rio de Janeiro – RJ: INPE, 2017.

ANDRADE, R.G.; LEIVAS J. F.; GARÇON, E. A.M.; Silva, G.B.S.; LOEBMANN, D.G.S.W.; VICENTE, L.E.; BOLFE, E.L.; VICTORIA, D.C. Monitoramento de processos de degradação de pastagens a partir de dados Spot Vegetation. **Embrapa Monitoramento por Satélite-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, 2011.

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

APAC. Agência Pernambucana de Águas e Climas. Disponível em: <http://www.apac.pe.gov.br/>. Acesso em 19 dez. 2017.

BASTIAANSEN, W.G.M. Regionalization of surface flux densities and moisture indicators in composite terrain. **A remote sensing approach under clear skies in Mediterranean climates**. SC-DLO, 1995.

DEMARCHI, J.C.; PIROLI, E.L.; ZIMBACK, C.R.L. 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**, v. 21, 2011.

GAO, B.. NDWI - A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. **Remote sensing of environment**, v. 58, n. 3, p. 257-266, 1996.

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

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2007 e 2015). Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em 19 dez. 2017.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: <http://www.inpe.br/>. Acesso em 19 dez. 2017.

JENSEN, J.R.; EPIPHANIO, J.C.N. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Parêntese, 2011.

LEIVAS, J.F.; ANDRADE, R.G.; VICENTE, L.E.; TORRESAN, F.E.; VICTORIA, D.C.; BOLFE, E.L. Monitoramento da seca de 2012/11 a partir do NDWI e NDVI padronizado do SPOT-Vegetation. In: **Embrapa Monitoramento por Satélite-Artigo em anais de congresso In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 16., 2013, Foz do Iguaçu. Anais... São José dos Campos: INPE, 2013., 2013.

MARKHAM, B.L.; BARKER, J.L. Thematic Mapper bandpass solar exoatmospheric irradiances. **International Journal of remote sensing**, v. 8, n. 3, p. 517-523, 1987.

MCFEETERS, S.K. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. **International journal of remote sensing**, v. 17, n. 7, p. 1425-1432, 1996.

OLIVEIRA, J. S. Índices de vegetação (NDVI, IVAS, IAF, NDWI) como subsídio à gestão do uso e ocupação do solo na zona de amortecimento da Reserva Biológica de Saltinho. Dissertação de Mestrado, Recife, PE, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), 2013.

OLIVEIRA, T.H., SILVA, J.S., MACHADO, C.C.C., GALVÍNIO, J.D., NÓBREGA, R.S., & Pimentel, R.M.M. Detecção espaço-temporal de estresse hídrico na vegetação do semi-árido no nordeste do Brasil utilizando NDVI e NDWI – Estudo de caso Serra da Capivara e Serra do Congo–PI. **VI Seminário Latino Americano de Geografia Física-II Seminário Ibero Americano de Geografia Física. Universidade de Coimbra**, 2010.

ROSENDO, S. J., ROSA, R. **Análise da detecção de mudanças no uso da terra e cobertura vegetal utilizando a diferença de índices de vegetação**. In: Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 4209-4216.

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., 1973, Washington. *Proceedings...* Washington: NASA, 1974. v.1, p.309-317.

SÁ, I.S., GALVÍNIO, J.D., BESERRA, M.S., Sá, I.B. Uso do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (IVDN) para Caracterização da Cobertura Vegetal da Região do Araripe Pernambucano. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 1, n. 1, p. 28-38, 2008

SILVA, B.B., LOPES, G.M., AZEVEDO, P.V. Albedo of irrigated áreas based on LANDSAT 5-TM images. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 13, n.2, p.11-21, 2005.

USGS. United States Geological Survey (Serviço Geológico dos Estados Unidos). Disponível em: <https://www.usgs.gov/>. Acesso em 15 dez. 2017.