

Análise da sazonalidade da vegetação de caatinga do município de Petrolina (Pernambuco) a partir de imagens do satélite Landsat 8 – OLI

Pedro Vinícius da Silva Brito^{1*}, Tayran Oliveira dos Santos², Ygor Cristiano Brito Morais³

¹Graduando em Licenciatura em Matemática, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil.

²Graduanda em Licenciatura em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.

³Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Docente da Prefeitura de Jaboatão dos Guararapes, Brasil.

RESUMO

A região semiárida brasileira tem passado por diversas modificações nas últimas décadas, sobretudo em relação ao uso e cobertura da terra. A vegetação caatinga, típica da região, está perdendo espaço principalmente para as atividades agropecuárias. Portanto, faz-se necessário o monitoramento da vegetação e de suas respostas às variações naturais e antrópicas. Nesse contexto, o sensoriamento remoto adquire um papel preponderante por permitir o estudo de grandes áreas com heterogeneidade espacial e a custo financeiro baixo. Sendo assim, este estudo tem como objetivo analisar a variação espaço-sazonal da cobertura vegetal do município de Petrolina em Pernambuco, através de técnicas de sensoriamento remoto. Foram utilizadas duas imagens do satélite Landsat 8 – OLI, com passagens no dia 30/05/2013 e 03/09/2013, sendo processadas para obtenção do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada – NDVI e Índice de Vegetação Ajustado ao Solo – SAVI). Os resultados evidenciaram uma sensibilidade da vegetação à sazonalidade da precipitação, em que o NDVI e o SAVI das áreas de caatinga foram mais elevados no mês de maio (0,4 a 0,5 e 0,3 a 0,4, respectivamente), corroborando com a literatura.

Palavras-Chaves: semiárido; sensoriamento remoto; caatinga.

Analysis of the seasonality of caatinga vegetation in the municipality of Petrolina (Brazil) from Landsat 8 satellite images – OLI

ABSTRACT

The Brazilian semiarid region has undergone several changes in recent decades, mainly in relation to land use and coverage. The caatinga vegetation, typical of the region, is losing space mainly for agricultural activities. Therefore, it is necessary to monitor vegetation and its responses as natural and anthropic changes. In this context, remote sensing requires a preferential role to allow the study of large areas with spatial heterogeneity and low financial cost. Therefore, this study aims to analyze the spatial and temporal variation of vegetation cover in the municipality of Petrolina, in Pernambuco, using remote sensing techniques. Two Landsat 8 - OLI satellite images were used, with passages on 05/30/2013 and 09/03/2013, being processed for tests of the Normalized Difference Vegetation Index - NDVI and Soil Adjusted Vegetation Index - SAVI). The results showed a sensitivity of the vegetation to the seasonality of the impacts, in which NDVI and SAVI of the caatinga areas were higher in the month of May (0.4 to 0.5 and 0.3 to 0.4, respectively), corroborating with a literature.

Keywords: semiarid; remote sensing; caatinga.

Brito, P.V.S., Santos, T.O., Morais, Y.C.B. (2020). Análise da sazonalidade da vegetação de caatinga do município de Petrolina (Pernambuco) a partir de imagens do satélite Landsat 8 – OLI. *Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto*, v.1, n.1, p.29-37.



1. Introdução

O monitoramento da dinâmica da vegetação através de técnicas de sensoriamento remoto em regiões semiáridas tem possibilitado modelar variações sazonais e interanuais da cobertura vegetal, tanto sob condições climáticas normais como sob influência de eventos periódicos ou extremos (CRAMER; FISCHER; 1996). Esse tipo de avaliação vem auxiliando em decisões no âmbito de políticas públicas e gestão ambiental (SPIES et al. 2002).

O nordeste brasileiro corresponde a 18% do território nacional, sendo aproximadamente 75% desta área classificados como semiárido e árido (LIMA et al. 2009). As temperaturas médias variam de 23 °C a 27 °C (Nascimento & Alves 2008), e o regime anual de chuvas é concentrado num período de 3 a 4 meses e marcado por forte irregularidade, variando de 240 a 900 mm/ano (PRADO, 2003; SAMPAIO et al., 2005). O solo é altamente salino devido ao alto nível de evaporação e a pobre drenagem, resultando na acumulação de sais na superfície edáfica (DANTAS et al., 2006; SAMPAIO et al., 2005). A vegetação dominante nessa região é a Caatinga (SAMPALIO et al., 2005), a qual é constituída por um complexo vegetacional de florestas secas e vegetações arbustivas (LEAL et al., 2005; SANTOS et al. 2011), sendo reconhecida desde 2003 como um dos últimos lugares selvagens na terra, e como uma das 37 áreas selvagens do mundo (ALBUQUERQUE et al., 2012), por possuir uma biodiversidade que compreende mais de 1000 espécies de plantas vasculares. (LEAL et al., 2003).

Várias populações utilizam o ecossistema não só para subsistência, mas como fonte de renda através de sua exploração sustentável. As espécies vegetais são amplamente utilizadas na medicina, na alimentação e no turismo local, gerando milhares de empregos. Ademais a lenha advinda da floresta corresponde por grande parte da demanda energética dos domicílios da região (SOARES et al., 2011; BEZERRA et al. 2011). Por causa desse potencial, indústrias de todo o país, em especial dos setores agropecuários, se instalaram na região, e estão convertendo a vegetação nativa em terras agrícolas de curta duração, ou pasto para gados e caprinos (MITTERMEIER et al., 2003; SANTOS & TABARELLI, 2002), o que vem provocando intensas modificações na cobertura vegetal, e conseqüentemente nos padrões regionais do clima, na disponibilidade hídrica e de nutrientes, e na biodiversidade (Marengo 2008; MMA 2002; SANTOS & TABARELLI 2002).

Dessa forma, além da Caatinga ser um dos ecossistemas brasileiros mais ameaçados pela ação humana, com mais de 51,7% de sua área já afetada (LEAL et al., 2003; LEAL et al., 2005), ela se destaca como a região do país mais impactada pelas possíveis mudanças climáticas, com previsões de aumento da temperatura do ar de 2 a 4°C até o final deste século (MARENGO, 2008). Nesse sentido, a fim de embasar ações de prevenção e controle de desmatamentos ilegais neste bioma e de subsidiar políticas públicas de conservação da biodiversidade e de mitigação das mudanças climáticas, o Ministério do Meio Ambiente (MMA) e o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA), firmaram um acordo de cooperação em 2008 para a realização de um monitoramento sistemático e contínuo da cobertura vegetal dos ecossistemas brasileiros por sensoriamento remoto (MMA & IBAMA 2011).

Os sensores mais utilizados para a obtenção de dados atualmente são o TM Landsat 5, ETM Landsat 7 e MODIS Terra e Aqua (KERR & OSTROVSKY, 2003; LIU 2006), devido à gratuidade de suas imagens e altas resoluções espacial, temporal e espectral. Para gerar índices que permitam avaliar a dinâmica da cobertura vegetal e a degradação antropogênica, as imagens advindas dos sensores são processadas a partir da combinação de suas bandas espectrais. NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), proposto por Rouse et al. (1974), é um dos mais utilizados, e utiliza comprimentos de ondas sensíveis ao teor de clorofila da vegetação; SAVI (*Soil Adjusted Vegetation Index*) foi elaborado por Huete (1988) e possui o mesmo mecanismo do NDVI com adição de uma correção dos efeitos de fundo do solo; NDWI (*Normalized Difference Water Index*), desenvolvido por Gao (1996), mensura o conteúdo de umidade interno da vegetação; LAI (*Leaf Area Index*), é um indicador de densidade da biomassa recomendado por Allen et al. (2007).

Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo analisar a variação espaço-sazonal da cobertura vegetal

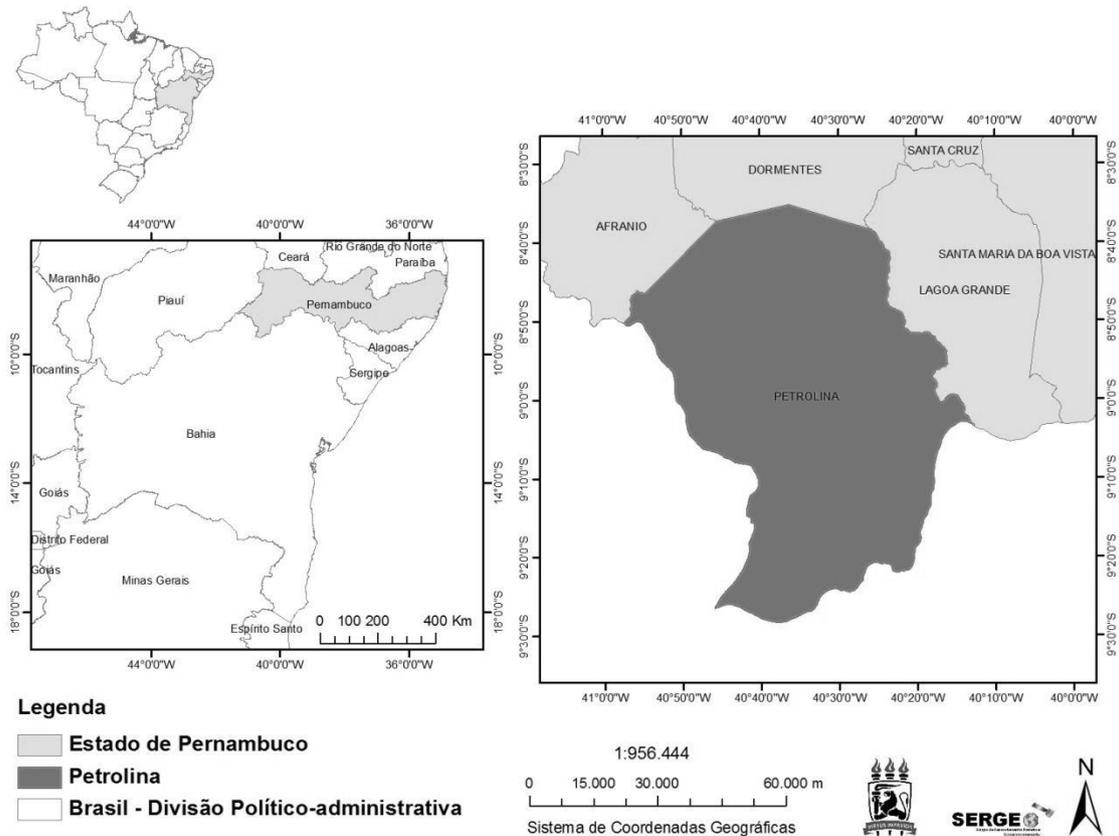
em um curto período temporal do município de Petrolina em Pernambuco, através de técnicas de sensoriamento remoto clássicas da literatura sobre o tema (NDVI e SAVI).

2. Material e Métodos

2.1 Área de estudo

O município de Petrolina está localizado nas coordenadas 9° 23' 54" S e 40° 30' 02" O (Figura 1), estando inserido na mesorregião do São Francisco do Estado de Pernambuco e microrregião de Petrolina. Faz parte da Bacia hidrográfica do Rio São Francisco, especificamente no sub-médio curso do mesmo.

Figura 1. Localização da área de estudo.



O uso e cobertura das terras do município de Petrolina é caracterizado pela presença de Savana Estépica Arborizada (Ta), Agropecuária (Ag), Área urbana (Iu), Influência fluvial (Pa) e áreas de Savana estépica com presença de agropecuária (Ta+Ag), conforme mapeamento realizado pelo Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira – PROBIO (2008).

2.2 Dados Utilizados

Foram utilizadas duas imagens do satélite Landsat 8 – OLI, com passagens no dia 30/05/2013 e 03/09/2013, referentes à órbita 217 e pontos 66 e 67. As imagens estão disponíveis gratuitamente na página eletrônica do Serviço Geológico dos Estados Unidos – USGS. Diferentemente dos demais de sua série, o Landsat 8-OLI possui 11 bandas espectrais, sendo duas delas na região do infravermelho termal, além de uma banda de aerossóis e outra de qualidade do pixel (Quadro 1).

Quadro 1- Descrição das bandas do Landsat 8 – OLI e seus respectivos comprimentos de onda e resoluções.

Bandas	Comprimento de onda (μm)	Resolução (m)
Banda 1 - aerossóis	0,43 – 0,45	30
Banda 2 - azul	0,45 – 0,51	30
Banda 3 - verde	0,53 – 0,59	30
Banda 4 – vermelho	0,64 – 0,67	30
Banda 5 – infravermelho próximo	0,85 – 0,88	30
Banda 6 – infravermelho médio 1	1,57 – 1,65	30
Banda 7 – infravermelho médio 2	2,11 – 2,29	30
Banda 8 – pancromática	0,5 – 0,68	15
Banda 9 - cirrus	1,36 – 1,38	30
Banda 10 – infravermelho termal	10,6 – 11,19	100
Banda 11 – infravermelho termal	11,5 – 12,51	100

Fonte: Adaptado USGS (2013).

2.3 Processamento da imagem

Os Números Digitais (ND) da imagem foram transformados para Radiância no Topo da Atmosfera através de seus valores de radiância e meio da Equação 1:

$$L_{\lambda} = M_L Q_{cal} + A_L \quad (1)$$

onde:

L_{λ} é a radiância espectral no topo da atmosfera (W m^2); M_L é o fator multiplicativo de redimensionamento específico para cada banda; A_L corresponde ao fator de redimensionamento aditivo específico para cada banda e Q_{cal} aos valores dos Números Digitais de cada pixel.

Após o processamento da radiância, utiliza-se a equação 2 de conversão para Refletância no Topo da Atmosfera:

$$\rho\lambda' = M_{\rho} Q_{cal} + A_{\rho} \quad (2)$$

onde:

$\rho\lambda'$ é a refletância planetária no topo da atmosfera sem correção para o ângulo solar; M_{ρ} é o fator multiplicativo de redimensionamento específico para cada banda; A_{ρ} é o fator de redimensionamento aditivo específico para cada banda e Q_{cal} corresponde aos valores dos Números Digitais de cada pixel.

A partir dos valores da refletância, obteve-se os índices de vegetação NDVI e SAVI. O Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (Normalized Difference Vegetation Index - NDVI), é obtido através da razão entre a diferença da refletância da região do infravermelho próximo e do vermelho pela soma de ambas (Equação 3).

$$NDVI = \frac{\rho_{IV} - \rho_V}{\rho_{IV} + \rho_V} \quad (3)$$

onde ρ_{IV} e ρ_V são as refletâncias nas bandas 5 e 4 do Landsat 8 – OLI.

Já o Índice de Vegetação Ajustado ao Solo – SAVI foi calculado a partir da refletância da região do infravermelho próximo e no vermelho, tendo como diferença em relação ao NDVI, a inserção de um fator de correção ao efeito...’ (Equação 4)

$$SAVI = \frac{(1+L)(\rho_{IV} - \rho_V)}{(L + (\rho_{IV} + \rho_V))} \quad (4)$$

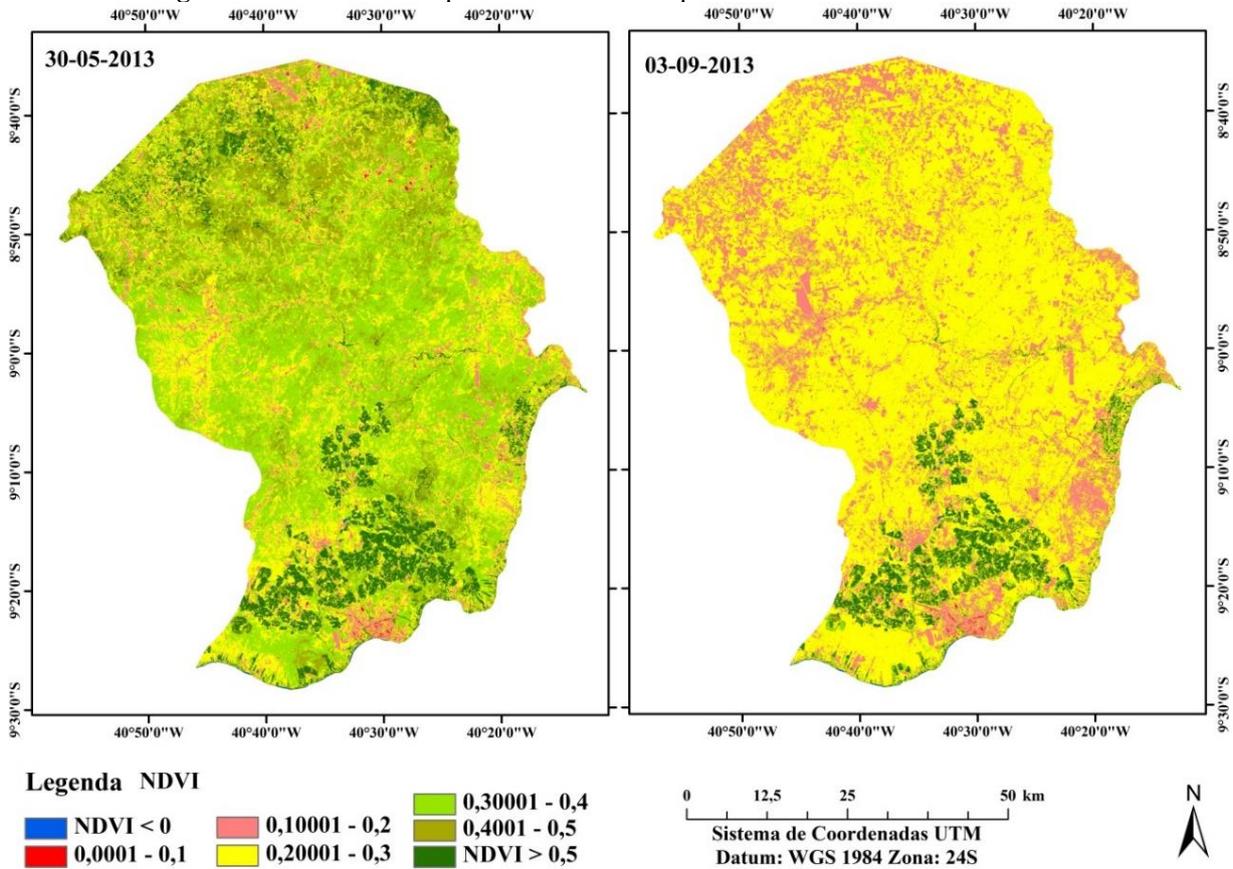
onde ρ_{IV} e ρ_V são as refletâncias nas bandas 5 e 4 do Landsat 8 – OLI.

Uma vez esses índices processados, foi possível obter a variação espacial da região em questão.

3. Resultados e Discussão

A análise da variação espacial e temporal do NDVI foi realizada para os dias 30/05/13 e 03/09/13, estando ambas as datas inseridas no período seco da região. Sendo assim, nota-se que os valores de NDVI das áreas de caatinga foram superiores no mês de maio, apresentando valores entre 0,3 e 0,4, enquanto que em setembro houve uma redução para 0,2 a 0,3. Nos dois meses analisados, destacam-se as áreas de agricultura irrigada ao sul do município, as quais possuíram predominância de NDVI maior que 0,5 (Figura 2).

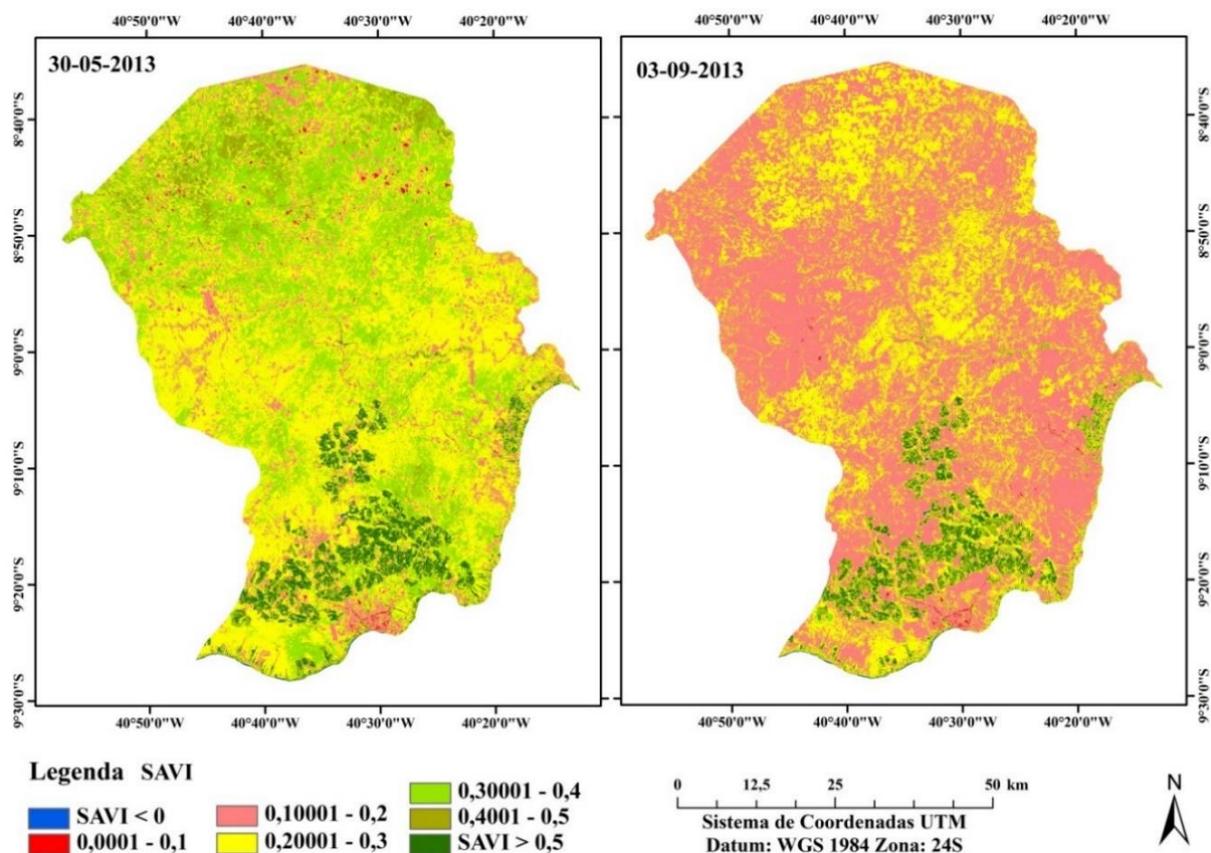
Figura 2. NDVI do município de Petrolina – PE para os dias 30/05/2013 e 03/09/2013.



Segundo Liu (2006), os valores de NDVI próximos a zero representam solo nu ou sem vegetação, enquanto que o NDVI mais alto revela o grau de verde da superfície mais alto, o qual pode ser usado para indicar a presença de vegetação mais densa ou em pleno vigor vegetativo. Em relação ao vigor vegetativo, Pozzoni et al. (2012), destacam que os valores de NDVI podem ser superiores em áreas que estão em processo de regeneração, quando comparadas a áreas florestadas, como consequência da alta atividade fotossintética. Nesse sentido, as áreas de caatinga arborizada que possuem influência de atividades agropecuárias, apresentaram em geral valores mais baixos de NDVI.

A figura 3 mostra a variação espacial e temporal do SAVI no município de Petrolina para os dias 30/05/13 e 03/09/13. Com isso, verifica-se que a inserção do fator L para levar em consideração os efeitos que a refletância do solo exerce sobre o índice de vegetação, resultou na redução dos valores de SAVI nas áreas de caatinga, em comparação com o NDVI. Nesse sentido, observa-se que as áreas de caatinga localizadas na porção central do município apresentaram em maio SAVI variando de 0,2 a 0,3. Enquanto que em setembro predominou valores entre 0,1 e 0,2.

Figura 3. SAVI do município de Petrolina – PE para os dias 30/05/2013 e 03/09/2013.



Os índices de vegetação NDVI e SAVI evidenciaram bem a área de agricultura irrigada, localizada ao sul e leste do município de Petrolina. Nestas áreas, a disponibilidade de água durante todo o ano favorece uma maior atividade fotossintética das culturas agrícolas.

Nas áreas de caatinga, observou-se que na imagem do NDVI de 30/05/2013, algumas áreas de caatinga menos antropizadas apresentaram valores mais elevados (entre 0,4 e 0,5). No SAVI, essas áreas apresentaram valores um pouco mais baixos em decorrência da correção de ajuste aos efeitos do solo sobre a refletância.

Na imagem de 03/09/2013, as áreas de caatinga registraram valores de NDVI entre 0,2 e 0,3 em praticamente toda sua extensão. Em relação ao SAVI de 03/09/2013, algumas áreas mais ao centro da imagem e na porção norte do município apresentaram valores um pouco mais elevados do que o entorno, podendo ser em decorrência das variações fisionômicas da caatinga e seu nível de antropização ou pela ocorrência de precipitações localizadas em determinadas áreas.

Por mais que sejam imagem de anos anteriores, a utilização de formulações para a observação das dinâmicas temporais em ambientes de interesse, podendo ser utilizados em conjunto sob informações climatológicas, para que se entenda melhor as respostas da caatinga às mudanças ambientais e à variabilidade climática. Vale ressaltar que essa forma pode trazer uma melhor atratividade no ensino das Ciências Ambientais, sob o âmbito universitário, uma vez que entrega ao pesquisador produtos possíveis de intervenção.

4. Conclusão

Os índices de vegetação aplicados para o município de Petrolina em Pernambuco, captaram bem a sazonalidade da vegetação da caatinga no ano de 2013. Além da influência sazonal da precipitação, os índices se comportaram de forma diferente de acordo com o uso e cobertura da terra e do nível de antropização da caatinga. Em áreas mais antropizadas, os valores de NDVI e SAVI foram mais baixos no mês de maio, enquanto na imagem do mês de setembro os valores foram mais homogêneos, devido à perda das folhas por parte da vegetação nativa.

Por fim, o estudo mostrou a importância do sensoriamento remoto na análise e monitoramento da dinâmica da vegetação, porém outros estudos podem utilizar mais variáveis, inclusive dados climatológicos, para entender melhor as respostas da caatinga às mudanças ambientais e à variabilidade climática.

5. Referências

- Albuquerque, U.P. de et al., 2012. Caatinga revisited: ecology and conservation of an important seasonal dry forest. **The Scientific World Journal**, 2012, pp.1–18. Available at: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3415163&tool=pmcentrez&rendertype=abstract> [Accessed October 29, 2012].
- Allen, R.G., Tasumi, M. & Trezza, R., 2007. **Satellite-Based Energy Balance for Mapping Evapotranspiration with Internalized Calibration** ,, METRIC ... — Model. , (August), pp.380–394.
- Bezerra, J.M. et al., 2011. Utilização de Geotecnologias na Determinação de Áreas Susceptíveis a Desertificação no Estado do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 4(3), pp.543–561.
- Cramer, W. & Fischer, A., 1996. Data requirements for global terrestrial ecosystem modeling. In B. Walker & W. Steffen, eds. **Global Change and Terrestrial Ecosystems**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, pp. 529–565.
- Dantas, J.A. et al., 2006. Efeito da salinidade sobre o crescimento e composição mineral de seis clones de *Pennisetum*. **Revista Ciência Agrônoma**, 37(1), pp.97–101. Available at: <http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/228> [Accessed October 29, 2012].
- Gao, B.C., 1996. NDWI—A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. **Remote Sensing of Environment**, 58, pp.257–266.
- Huete, A.R., 1988. A soil adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*1, 17, pp.37–53.
- Kerr, J.T. & Ostrovsky, M., 2003. From space to species: ecological applications for remote sensing. **Trends in ecology & evolution**, 28(6), pp.299–305.
- Leal, I.R. et al., 2005. Changing the Course of Biodiversity Conservation in the Caatinga of Northeastern Brazil. **Conservation Biology**, 19(3), pp.701–706. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1523-1739.2005.00703.x> [Accessed October 12, 2012].
- Leal, I.R., Tabarelli, M. & Silva, J.M.C., 2003. **Ecologia e conservação da Caatinga** I. R. Leal, M. Tabarelli, & J. M. C. Silva, eds., Recife: Editora Universitária da UFPE.

- Lima, L.C.M., Barbosa, M.C.A. & Barbosa, D.C.A., 2009. **Calendário didático de floração de espécies lenhosas da caatinga de Pernambuco, com base em coleções do Herbário UFP - Geraldo Mariz**, Recife: Editora Universitária da UFPE.
- Liu, W.T.H., 2006. **Aplicações de sensoriamento remoto** 1st ed., Campo Grande, BRA: Editora UNIDERP.
- Marengo, J.A., 2008. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semi-árido do Brasil. **Parcerias Estratégicas**, 13(27), pp.149–176. Available at: http://seer.cgeeg.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/view/329.
- Mittermeier, R.A. et al., 2003. **Wilderness: Earth's Last Wild Places** 1st ed., Chicago: University of Chicago Press.
- MMA & IBAMA, 2011. Projeto do Monitoramento do Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Satélite - PMDBBS. Available at: <http://siscom.ibama.gov.br/monitorabiomas/>.
- MMA, M. do M.A., 2002. **Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da caatinga**, Brasília: Universidade Federal de Pernambuco/Fundação de Apoio ao desenvolvimento da conservação do Brasil. Fundação Biodiversidade. Brasília, Embrapa Semi-árido.
- Nascimento, S.S. do & Alves, J.J.A., 2008. Ecoclimatologia do Cariri Paraibano. **Revista Geográfica Acadêmica**, 2(3), pp.28–41. Available at: <http://www.doaj.org/doaj?func=abstract&id=337171> [Accessed October 12, 2012].
- Prado, D.E., 2003. As Caatingas da América do Sul. In I. R. Leal, M. Tabarelli, & J. M. C. Silva, eds. **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife: Editora Universitária da UFPE, pp. 3–76.
- Rouse, J.W. et al., 1974. **Monitoring the Vernal Advancement and Retrogradation Greenwave Effect of Natural Vegetation**, Greenbelt, USA.
- Sampaio, E.V.S.B., Araújo, M. do S.B. & Sampaio, Y.S.B., 2005. Impactos ambientais da agricultura no processo de desertificação no Nordeste do Brasil. **Revista de Geografia (Recife)**, 22(1), pp.90–112.
- Santos, A.M. & Tabarelli, M., 2002. Distance from roads and cities as a predictor of habitat loss and fragmentation in the caatinga vegetation of Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, 62(4b), pp.897–905.]
- Santos, J.C. et al., 2011. Caatinga: the scientific negligence experienced by a dry tropical forest. **Tropical Conservation Science**, 4(3), pp.276–286.
- Soares, D.B., Filho, F. de O.M. & Nóbrega, R.S., 2011. Sobre o Processo de Desertificação. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 4(1), pp.174–188.
- Spies, T.A. et al., 2002. Assessing the ecological consequences of forest policies in a multi-ownership province in Oregon. In J. Liu & W. W. Taylor, eds. **Integrating Landscape Ecology into Natural Resource Management**. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, pp. 179–207.