

Avaliação do uso e cobertura do solo na bacia do Pajeú – Pernambuco

Murilo Santos Freire¹
Ricardo Rivelino Dantas Ramos¹
Hélio Leandro Lopes¹
Maria do Carmo Sobral²
Suzana Maria Gico Lima Montenegro²
Luciano José de Oliveira Accioly³

¹Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF
48902-300 Juazeiro/BA.
{murilo.s.freire, ricardo.rdramos, heliovasf}@hotmail.com

²Universidade Federal de Pernambuco - UFPE,
50670-530 Recife/PE
{msobral, suzanam}@ufpe.br

³Embrapa Solos, UEP-Recife/PE,
luciano@uep.cnps.embrapa.br

Abstract. Remote sensing has contributed significantly in the studies of territorial analysis, because combine efficiency and quickness. In river basins, this technique has presented an important tool in scientific analysis, because they allow the spatialization of physical and biological parameters, which influence directly and indirectly on hydrological responses. Among others data, vegetation indices, NDVI and EVI, which are parameters of hydrological and ecological modelling, they allow to quantify the interception of rain by vegetation. In this work, it was used the vegetation indices to analyze the behavior of such indices in the caatinga biome, in order to generate images of NDVI and EVI, comparing them to various soil use and soil cover, using data from Landsat-TM, throughout the Pajeu river basin, the study area. Differences were seen between the two indexes and when compared with soil use and soil cover, it was observed that the lowest values for the basin is 0.1 to 0.2, corresponding to bare soil, verifying high exploitation of natural resources in the basin. The highest values were found in areas of dense vegetation that occur in mountainous locations and in southern and western boundaries of the basin. The areas with biophysical parameters around to 0.05 are at process of desertification.

Key words: Remote Sensing, EVI, NDVI, Sensoriamento remoto, EVI, NDVI.

1. Introdução

O sensoriamento remoto é um conjunto de instrumentos e técnicas empregados na aquisição e medidas de dados sem o contato físico com o alvo (NASA, 2010). Para isso, são usados sensores instalados a bordo de plataformas em altitude ou orbitais, que coletam a radiação eletromagnética emitida ou refletida por um alvo, convertendo-a em um sinal para geração de imagens (Almeida, 2010).

Há várias décadas, o sensoriamento remoto tem sido utilizado para o mapeamento da superfície terrestre. De acordo com Moreira (2003), a região do visível, presente na banda 3, compreende toda radiação eletromagnética da faixa espectral de 400 a 700 nm. A maior parte desta radiação que incide sobre o dossel vegetativo é absorvida pelos pigmentos fotossintetizantes no mesófilo das folhas. No entanto, seus primeiros produtos eram caros e apresentavam grande restrição temporal e espacial. A partir dos sensores orbitais, tornou-se viável a realização de estudos multitemporais em grandes áreas, e por determinado período de tempo (Freitas et al. 2007).

Através dos índices de vegetação, o sensoriamento remoto tem sido aplicado como uma ferramenta importante no monitoramento sistemático da dinâmica da vegetação. Esses índices resultam de combinações lineares de bandas espectrais, que realçam propriedades da vegetação, possibilitando comparações espaciais e temporais da atividade fotossintética terrestre (Carvalho et al., 2008).

O Índice da Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) é um modelo resultante da combinação dos níveis de reflectância em imagens de satélites, que provem da equação formulada pelas respostas das bandas espectrais do vermelho e infravermelho. As bandas 3 (vermelho - visível) e 4 (infravermelho – próximo) do sensor LANDSAT 5 TM. Portanto, o NDVI apresenta falhas quanto à saturação do LAI (Leaf Area Index), a FAPAR (Fraction Absorbed Photosynthetically Active Radiation), a estrutura do dossel vegetal, efeitos atmosféricos e sua geometria de aquisição (Carvalho et al., 2008). Dessa forma o EVI foi proposto como uma correção ao NDVI, que pôde reduzir efeitos atmosféricos, aumentar a sensibilidade à biomassa, entre outras implicações. Todavia, este índice mostrou-se mais susceptível a efeitos topográficos que o NDVI (Matsushita et al., 2007).

Sendo a vegetação um parâmetro importante nas respostas hidrológicas em uma bacia hidrográfica para o dimensionamento de sua densidade, composição fisionômica e condição conservacionista, a partir de técnicas de sensoriamento remoto e análises fotogramétricas, objetivou-se neste trabalho analisar o comportamento de índices na Bacia Hidrográfica do Rio Pajeú – Bioma Caatinga. Gerando matrizes que expressem o NDVI e EVI e em seguida efetivando a comparação desses índices com o uso e cobertura do solo através do sensor LANDSAT 5 TM.

2. Material e método

2.1 Área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Pajeú (Figura 1) localiza-se no Submédio do São Francisco, no estado de Pernambuco e está localizada geograficamente entre as latitudes 9°27' e 11°30' Sul e entre as longitudes 40°22' e 41°30' Oeste. A bacia ocupa uma área de 16.760 km², sendo integrada pelos municípios de Salgueiro, Belém de São Francisco, Verdejante, São José do Belmonte, Mirandiba, Carnaubeira da Penha, Itacuruba, Floresta, Serra Talhada, Tacaratu, Santa Cruz da Baixa Verde, Betânia, Calumbi, Triunfo, Flores, Inajá, Quixaba, Ibimirim, Custódia, Carnaíba, Solidão, Afogados da Ingazeira, Sertânia, Igaraci, Tabira, Ingazeira, Santa Terezinha, São José do Egito, Brejinho, Tuparetama e Itapetim. Tendo como rios principais o Riacho do Navio e o Rio Pajeú, este com 286 km de extensão.

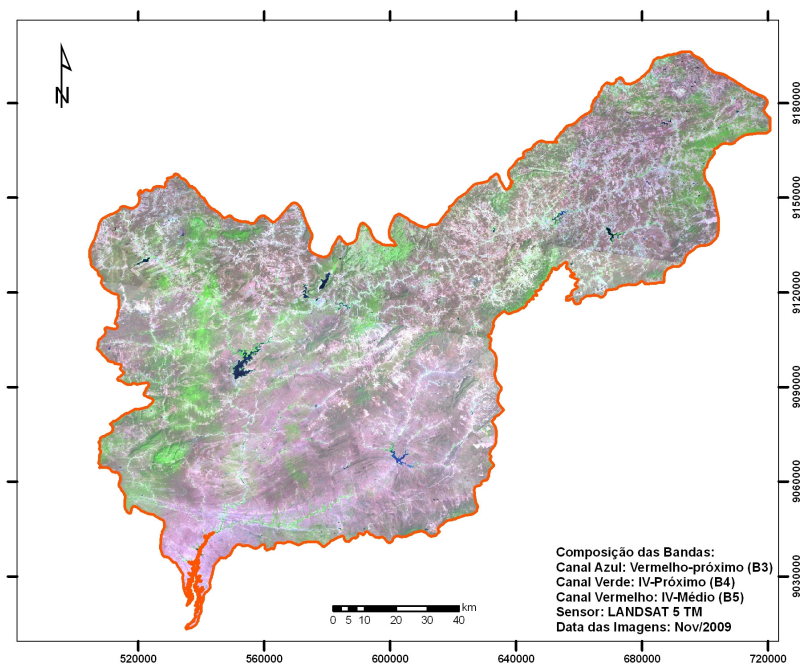


Figura 1. Limite da bacia do Pajeú e imagem Landsat 5 TM composição 5R,4G e 3B.

2.2 Modelagem dos dados

Para a espacialização dos índices de vegetação, foram utilizadas imagens TM da data de 13/11/2009 e 20/11/2009, orbitas/pontos 215, 216/65, 216, 215/66. Essas imagens foram georreferenciadas, utilizando o software Erdas 9.2, e em seguida, foi realizado o mosaico das mesmas.

Para a determinação do NDVI, calculou-se, inicialmente, a radiância (equação 1) e, em seguida, a reflectância (equação 2) para as bandas 3 e 4 do sensor Landsat 5 TM.

$$L_{\text{rad}} = L_{i,\text{min}} + \left(\frac{L_{i,\text{max}} - L_{i,\text{min}}}{255} \right) \times NC_i \quad (1)$$

Em que, L_i é a radiância espectral na banda i em $\text{Wm}^{-2}\text{sr}^{-1}\mu\text{m}^{-1}$; $L_{i,\text{max}}$ e $L_{i,\text{min}}$ os valores de radiância máxima e mínima na banda i , respectivamente; NC_i o nível de cinza na banda i . As constantes de calibração L_{max} e L_{min} TM, cujos valores, válidos para imagens geradas após 5 de maio de 2003, de acordo com Chander e Markham (2003).

Após a determinação da radiância para cada banda, calcula-se a reflectância de cada banda ($\rho_{o,i}$) (equação 2), que é obtida pela razão entre a radiação solar refletida e radiação solar incidente em cada pixel. Em outras palavras, $\rho_{o,i}$ representa a porção da radiação solar de cada banda que é refletida por cada pixel da imagem e o seu cômputo é efetivado pela equação (Allen *et al.*, 2002):

$$\rho_{o,i} = \frac{L_{\text{rad}} \times \pi}{E_{o,i} \times \cos\theta \times d_r} \quad (2)$$

Em que, $\rho_{o,i}$ é a reflectância espectral na banda i ; d_r o inverso do quadrado da distância Terra-Sol em unidade astronômica; $E_{o,i}$ o valor médio da irradiância solar exoatmosférica na banda i em $\text{W.m}^{-2}\mu\text{m}^{-1}$ (constante solar); θ o ângulo zenital solar (calculado a partir da informação do ângulo de elevação solar, β , disponível no arquivo cabeçalho da imagem: $\theta = (90^\circ - \beta)$ e L_i é a radiância espectral na banda i em $\text{Wm}^{-2}\text{sr}^{-1}\mu\text{m}^{-1}$.

Em seguida, realizou-se a correção atmosférica pelo método DOS (Dark Object Subtraction), usando o histograma de cada banda para selecionar o pixel mais escuro (Gürtler *et al.*, 2005).

2.3 Cálculo dos índices

A partir da determinação da reflectância para cada banda, foi possível calcular os índices.

O NDVI para cada imagem foi determinado pela equação 3, o qual foi proposta por Tucker (1979), de acordo com Tasumi (2003), e é um indicativo das condições, da densidade e porte da vegetação, sendo obtido pela razão entre a diferença das reflectâncias do infravermelho próximo (ρ_{NIR}) e do vermelho (ρ_{RED}) e a soma das mesmas reflectâncias (Allen *et al.*, 2002):

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}} \quad (3)$$

O EVI determinado para cada cena, foi calculado utilizando a equação 4, a seguir

$$EVI = 2,5 \times \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + 6 \times \rho_{RED} - 7,5 \times \rho_{BLUE} + 1} \quad (4)$$

onde ρ_{BLUE} é a reflectância na banda do azul.

Após a determinação do NDVI e EVI para cada cena realizou-se o mosaico das três cenas e em seguida o recorte dos parâmetros no formato da bacia.

3. Resultados e discussão

Neste trabalho procurou-se analisar os índices de vegetação NDVI e EVI para a bacia do Pajeú destacando sua resposta em relação a diferentes usos e coberturas do solo. Para isso foi gerado uma Tabela contendo as estatísticas descritivas de cada uso e cobertura do solo para cada índice de vegetação conforme visto na Tabela 2.

Tabela 2. Estatística descritiva das variáveis EVI e NDVI para bacia do Pajeú referente a algumas classes de uso do solo.

Uso e Cobertura do Solo	EVI			
	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Área de Várzea	0,24	0,60	0,50	0,60
Área Degradada	0,09	0,15	0,12	0,01
Área Irrigada	0,30	0,59	0,47	0,06
Caatinga Aberta	0,08	0,14	0,11	0,01
Caatinga Arbórea	0,11	0,29	0,18	0,02
Caatinga Florestada	0,15	0,21	0,17	0,01
Solo Exposto	0,13	0,18	0,16	0,01
Uso e Cobertura do Solo	NDVI			
	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Área de Várzea	0,42	0,69	0,57	0,05
Área Degradada	0,11	0,17	0,14	0,01

Área Irrigada	0,36	0,62	0,53	0,05
Caatinga Aberta	0,12	0,17	0,14	0,01
Caatinga Arbórea	0,19	0,43	0,29	0,03
Caatinga Florestada	0,25	0,32	0,28	0,01
Solo Exposto	0,15	0,20	0,17	0,01

Em relação a Tabela 2, observa-se que os valores do NDVI para todas as classes de uso obtiveram maiores amplitudes nos intervalos, quando comparadas com o EVI, apresentando maiores valores máximos e mínimos. O valor médio dos índices NDVI e EVI (Figura 2) para áreas degradadas foi 0,14 e 0,12 respectivamente, localizadas em classes de planossolo (Figura 3) (Silva, 2001).

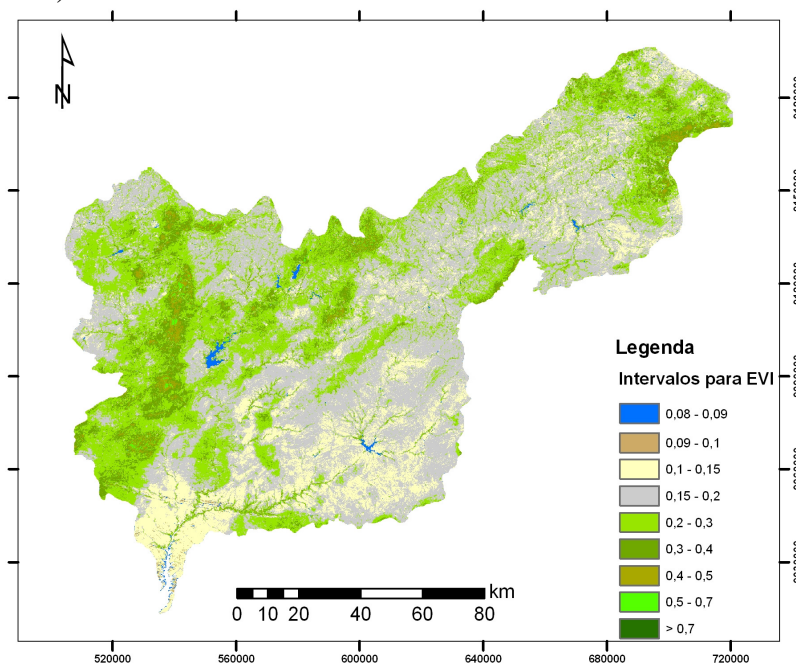


Figura 2. Espacialização do EVI na bacia do Pajeú

As áreas de solos expostos e áreas degradadas na bacia ocorrem mais nesse tipo de classe de solo, presente na foz do Rio Pajeú, que é uma área em processo de desertificação e pertencente ao núcleo de Cabrobó. A classe de uso e cobertura do solo do tipo Caatinga Florestada possui média de 0,28 e 0,17 para os valores do NDVI e EVI, respectivamente. Nessas áreas ocorrem solos do tipo Luvisolo Crômicos (Figura 3) com altitudes acima de 600 metros.

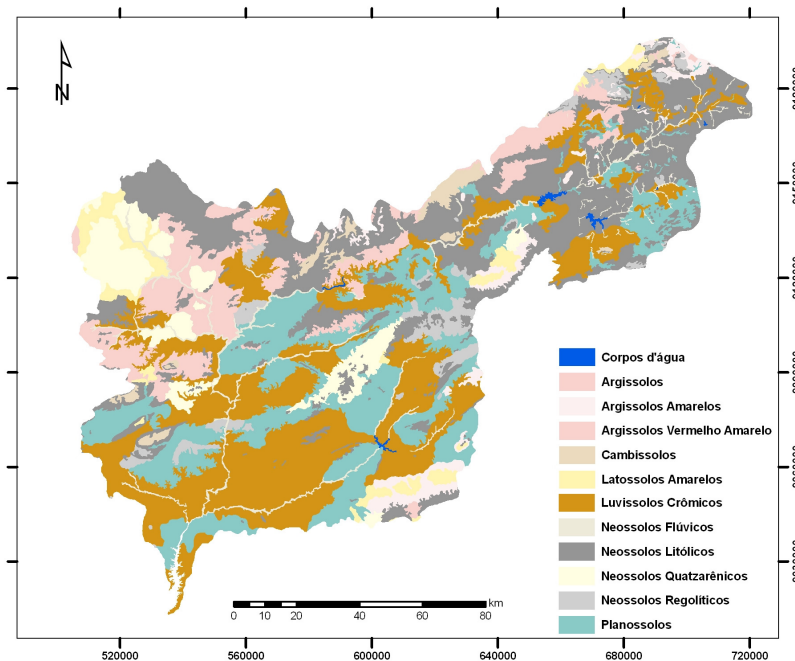


Figura 3. Mapa de classes de solo da bacia do Pajeú.

O solo exposto com ocorrência na foz do Rio Pajeú apresentou média de 0,17 e 0,16 para o NVI e EVI. A Figura a seguir traz informação sobre a distribuição espacial do NDVI onde encontram valores próximos do zero nas margens do rio Pajeú sendo características de solo exposto e áreas degradadas.

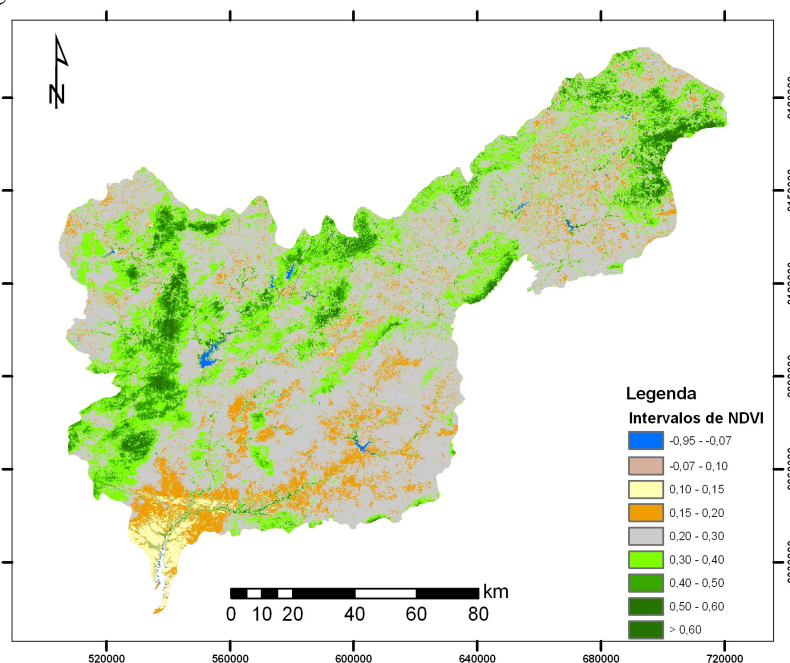


Figura 4. Mapa do índice de vegetação da diferença normalizada, Bacia do Pajeú.

4. Considerações finais

A partir da análise dos índices de vegetação modelados neste estudo para aplicação na Bacia Hidrográfica do Pajeú, observaram-se diferenças entre os índices considerando as classes de uso e cobertura dos solos avaliados. Conforme os valores encontrados, observa-se que a bacia encontra-se mais preservada nos seus limites nordeste e com maior interferência antrópica próximo às margens do curso d'água principal, principalmente na região sul da bacia, com ocorrência de planossolos e luvisolos crômicos.

Para solo exposto foram encontrados os menores índices e para vegetação florestada os maiores, evidenciando um gradiente de acordo com a cobertura e uso do solo, podendo usar esses índices para modelagem de interceptação florestal em bacias hidrográficas servindo de entrada nos diversos modelos de modelagem de deflúvio.

5. Bibliografia

Allen, R.G; Tasumi, M.; Trezza, R. "SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land)". Advanced Training and Users Manual – Idaho Implementation 1. 2002.

Almeida, C. M. "Aplicação dos sistemas de sensoriamento remoto por imagens e o planejamento urbano regional". Revista eletrônica de Arquitetura e Urbanismo (USJT) 3, pp. 98-123, 2010.

Chander, G.; Markham, B. "Revised Landsat-5 TM Radiometric Calibration Procedures and Postcalibration Dynamic Ranges". IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing v 41, 11 (2003).

Freitas, C. C.; Sant'anna, S. J. S.; Rennó C. D.; Correia, A. H. "Utilização de Imagens de Radar de Abertura Sintética na Classificação de Uso e Ocupação do Solo". INPE, São José dos Campos-SP, 54 p. 2007. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/livros.php>>. Acesso em: 25 março 2010.

Gürtler, S.; Epiphanyo, J. C. N.; Luiz, A. J. B.; Formaggio, A. R. "Planilha eletrônica para o cálculo da reflectância em imagens TM e ETM+ Landsat". Revista Brasileira de Cartografia v 57/02, 2005.

Matsushita, B.; Yang, W.; Chen, J.; Onda, Y.; Qiu, G. "Sensitivity of the Enhanced Vegetation Index (EVI) and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to Topographic Effects: A Case Study in High-Density Cypress Forest". Sensors, v.7, p. 2636-2651, 2007.

NASA. "Remote Sensing Tutorial". Goddard Space Flight Center. Disponível em: <http://rst.gsfc.nasa.gov/Intro/Part2_1.html>. Acesso em: 15 julho 2010.

Silva, F. B. R. Santos, J. C. P.; Silva, A. B.; Cavalcanti, A. C.; Silva, F. H. B. B.; Burgos, N.; Oliveira, L. B.; Araujo Filho, J. C.; Lopes, O. F.; Luz, L. R. Q. P.. Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco. Recife - PE: Embrapa Solos - UEP-Recife. 2001.

Tasumi, M. *Progress in operational estimation of regional evapotranspiration using satellite imagery*. PhD thesis, Dept. Biological and Agricultural Engineering, University of Idaho. 2003.

Yi, Y.; Yang, D.; Huang, J.; Chen, D. "Evaluation of MODIS surface reflectance products for wheat leaf area index (LAI) retrieval". *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, v. 63, p. 661–677, 2008.