

ANÁLISE DA VARIABILIDADE DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO NDVI EM DIFERENTES TIPOS DE COBERTURA VEGETAL NA BACIA DO RIACHO JARDIM/CE

M. J. F. Dantas¹, F. D. D. Arraes², D. C. B. Sousa³, J. J. Ferreira Júnior⁴

RESUMO: Os índices de vegetação são uma importante ferramenta gerada pela relação entre bandas do espectro eletromagnético e tem sido amplamente empregado em diversos trabalhos que buscam relacionar as informações captadas pelos sensores de satélites como o LANDSAT 5 e 8 com a vegetação presente nas cenas obtidas. Desse modo, este trabalho teve como objetivo analisar a variabilidade do índice de vegetação (NDVI), na bacia hidrográfica do riacho Jardim/CE, com base em imagens do satélite LANDSAT 5 e 8 TM. O índice normalizado para a região da Chapada do Araripe teve valores que variaram de 0.56 a 1.00 para a vegetação rala, já em áreas de caatinga densa o NDVI variou de 0,27 a 0,47. Para a classe de áreas sem vegetação o intervalo encontrado foi de 0.0 a 0.20, muito característica em regiões semiáridas. Essa magnitude de NDVI caracteriza os meses com ausência completa de precipitação. Os valores médios de NDVI apresentaram valores superiores nas imagens adquiridas no mês de agosto em comparação aos valores obtidos nas imagens do mês de novembro.

PALAVRAS-CHAVE: Sensoriamento remoto, SIG, Manejo e conservação de bacias hidrográficas.

ANALYSIS OF THE VARIABILITY OF THE NDVI VEGETATION INDEX IN DIFFERENT TYPES OF VEGETABLE COVERAGE IN THE WATERSHED RIACHO JARDIM/CE

ABSTRACT: The vegetation indexes are an important tool generated by the relation between bands of the electromagnetic spectrum and it has been widely used in several studies that seek to relate the information captured by satellite sensors such as LANDSAT 5 and 8 to the vegetation

¹ Doutora em Energia na Agricultura, Professora da Universidade de Fortaleza- UNIFOR, Fortaleza/CE. E-mail: jorgiana@unifor.br.

² Doutor em Física do Ambiente Agrícola, Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano. E-mail:

³ Mestre em Manejo e Conservação de Bacias Hidrográficas – UFC, Professora da Universidade de Fortaleza- UNIFOR, Fortaleza/CE. E-mail: deborabarboza@unifor.br.

⁴ Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade de Fortaleza- UNIFOR, Fortaleza/CE

present in the scenes obtained. The objective of this work was to analyze the vegetation index variability (NDVI) in the Jardim / CE stream basin, based on images from the LANDSAT 5 TM satellite. NDVI, when evaluated in a seasonal and long-term manner, can be an indicator of desertification and biomass reduction. The normalized index for the region of Chapada do Araripe had values that ranged from 0.56 to 1.00 for the sparse vegetation, and in areas of dense caatinga the NDVI ranged from 0.27 to 0.47. For the class of areas without vegetation the interval found was 0.0 to 0.20, very characteristic in semiarid regions. This magnitude of NDVI characterizes the months with complete absence of precipitation. The mean values of NDVI presented higher values in the images acquired in the month of August in comparison to the values obtained in the images of the month of November.

KEYWORDS: Remote sensing, GIS, Watershed management and conservation.

INTRODUÇÃO

O emprego de imagens de satélite vem se estabelecendo como um instrumento de fundamental importância em vários estudos, proporcionando informações com variado grau de sucesso e precisão sobre: área irrigada, tipo de cultura, desenvolvimento de biomassa, produtividade das culturas, necessidade de água das culturas (evapotranspiração), salinidade, perdas de água, balanço de energia, identificação de áreas em processo de degradação, desmatamento de reservas entre outros (MAXWELL e SYLVESTER, 2012).

Ações de degradação à natureza, provocadas pelo homem, fazem com que esta tenha reações que prejudicam ao próprio agente causador. No entanto, nota-se que o homem está adquirindo novo posicionamento com relação aos recursos naturais, passando a apresentar maior preocupação com essa questão (SOUSA, 2009). A conscientização dessas mudanças cresceu e os estudos sobre mudanças globais e seus impactos têm sido destacados no campo das ciências da natureza (COMBER et al., 2012).

Os índices de vegetação são uma importante ferramenta gerada por técnicas de sensoriamento remoto que têm sido amplamente empregados em diversos trabalhos que buscam relacionar as informações captadas pelos sensores com a vegetação presente na área imageada (MARTÍNEZ-LÓPEZ et al., 2014). Através destes índices, como o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), são obtidas informações a respeito da quantidade de biomassa verde e dos parâmetros de crescimento e desenvolvimento da vegetação. A detecção de mudanças na cobertura e uso da terra envolve o emprego de conjuntos de dados multitemporais para

discriminar áreas imageadas em diferentes datas.

Uma poderosa ferramenta para análise ambiental em escala de bacias hidrográficas é o uso do SIG (Sistema de Informações Geográficas) usado efetivamente para investigar regiões vulneráveis. Sabe-se que a alteração no padrão do uso do solo promove mudanças na quantidade das componentes do balanço de energia. Na região semiárida do Nordeste brasileiro, a situação não é diferente, a exploração predatória da região atribuída, em parte, a má utilização dos recursos naturais, decorrente de práticas inadequadas e rudimentares como também a falta de planejamento do uso das terras, afetando a cobertura vegetal.

Desse modo, este trabalho teve como objetivo analisar a variabilidade do índice de vegetação NDVI, em diferentes tipos de cobertura vegetal na bacia do riacho jardim/CE.

METODOLOGIA

A área de estudo (Figura 1) corresponde à bacia hidrográfica do Riacho Jardim, localizada no sul do Estado do Ceará divisa com o estado de Pernambuco, entre as coordenadas UTM 9131500 m e 9197800 m N; 421000 m e 510000 m E, zona 24 S, DATUM WGS 84, com uma área de 1398,73 km²

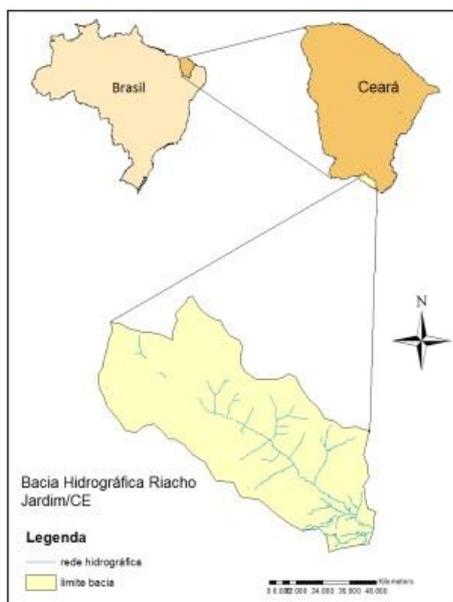


Figura 1. Mapa de localização da Sub-bacia hidrográfica do Riacho Jardim/CE.

A construção de uma base cartográfica da área de estudo foi realizada através do programa ARCGIS 10.1. Para isso foram utilizados dados SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), com resolução espacial de 90 metros, fornecidos gratuitamente por www.embraparelevo.br. Para tratamento e análise dos dados, foi realizado o delineamento da bacia na área abrangida

pelo mapa do Modelo Digital de Elevação (DEM).

Para a realização do estudo foram obtidas oito imagens do LANDSAT 5 TM em dias de céu claro, na órbita 217/65 correspondente aos dias 24/08/1992, 02/11/1994, 12/08/1999, 01/08/2001, 15/10/2005, 21/09/2008, 27/11/2009, 29/08//2011, tendo seu horário de passagem ocorrido às 09 h e 30 min, horário local. A aquisição das imagens foi a partir do site de geração de imagens do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) em formato geotiff com projeção/datum WGS/1984. O satélite Landsat 5 possui uma resolução espacial de 30 x 30 metros exceto a banda 6, com 120 x 120 metros cobrindo cada pixel uma área de 900 m², resolução temporal de 16 dias e radiométrica de oito bits. Foi realizado um pré-processamento, que consistiu no empilhamento das sete bandas, registro das imagens empregando a correção geométrica com polinomial de 1ª ordem através da utilização de uma imagem de referência ortorretificada obtida no site <http://www.landsat.org>. Em seguida foi feito o processo de recorte de acordo com o limite da bacia estudada.

Para manuseio e processos entre as bandas, recorte, classificação, realce e outras tarefas, fez-se necessário a utilização do software Erdas IMAGINE 11 por meio de seu módulo model maker, depois de disponibilizados todos os dados necessários, procederam-se às etapas computacionais para a obtenção dos componentes do Balanço de Energia empregando-se o algoritmo SEBAL.

Calibração Radiométrica: O cálculo da radiância espectral de cada banda $L_{\lambda i}$, em que o número digital (ND) é convertido em radiância espectral monocromática, representando a energia solar refletida, por unidade de área, de tempo, de ângulo sólido e de comprimento de onda, medida ao nível do satélite TM Landsat 5. Para isso foi utilizada a equação proposta por Chander e Markhan (2003):

$$L_{\lambda i} = a_i + \frac{b_i - a_i}{255} \times ND$$

Em que: $L_{\lambda i}$ é a radiância espectral de cada banda ($W m^{-2} st^{-1} \mu m^{-1}$); a_i o coeficiente de calibração (radiância mínima) de cada banda ($W m^{-2} st^{-1} \mu m^{-1}$); b_i o coeficiente de calibração (radiância máxima) de cada banda ($W m^{-2} st^{-1} \mu m^{-1}$); i são as bandas (1, 2, ..., 7) do Landsat 5 e ND é o número digital de cada pixel na imagem.

Reflectância: O cálculo da reflectância monocromática de cada banda $\rho_{\lambda i}$, foi obtida segundo a equação (ALLEN et al., 2002):

$$\rho_{\lambda i} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda i}}{k_{\lambda i} \cdot \cos Z \cdot d_r}$$

Em que: L_{λ_i} é a radiância espectral de cada banda; k_{λ_i} é a irradiância solar espectral de cada banda no topo da atmosfera ($Wm^{-2}\mu m^{-1}$); Z é o ângulo zenital solar (obtido por meio do cabeçalho das imagens adquiridas, e depende da órbita/ponto e da época do ano) e d_r é o quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol e a distância Terra-Sol em dado dia do ano.

O parâmetro d_r é determinado, segundo Tasumi (2003), pela equação:

$$d_r = 1 + 0,033 \cos\left(DJ \frac{2\pi}{365}\right)$$

Onde: DJ–Dia Juliano do ano das imagens de satélite cujos valores correspondentes ao dia da geração das imagens, bem como o d_r e o $\cos Z$.

Albedo planetário: O cálculo do albedo planetário α_{toa} , foi obtido pela combinação linear das reflectâncias monocromáticas dos canais reflectivos do TM – Landsat 5 (SILVA et al., 2005):

$$\alpha_{toa} = 0,293\rho_1 + 0,274\rho_2 + 0,233\rho_3 + 0,157\rho_4 + 0,033\rho_5 + 0,011\rho_7$$

Em que: ρ_1 ; ρ_2 ; ρ_3 ; ρ_4 ; ρ_5 e ρ_7 são as reflectâncias monocromáticas das bandas 1; 2; 3; 4; 5 e 7, respectivamente.

Albedo de Superfície: O albedo de superfície tem grande importância na determinação do balanço de radiação e carece de correções. O cálculo do albedo de superfície ou albedo corrigido para os efeitos atmosféricos (α) foi obtido pela equação (SILVA et al., 2005).

$$\alpha = \frac{\alpha_{toa} - \alpha_p}{\tau_{sw}^2}$$

Na qual: α_{toa} albedo no topo da atmosfera; α_p é a radiação solar refletida pela atmosfera que varia de 0,025 a 0,04, mas para o SEBAL é recomendado usar 0,03 segundo Bastiaanssen (2000); τ_{sw} é a transmissividade atmosférica.

Índice de Vegetação (NDVI): O valor do NDVI foi obtido por meio da razão entre a diferença da reflectância do infravermelho próximo (ρ_4) e a do vermelho (ρ_3), normalizada pela soma de ambas (ALLEN et al., 2002), ou seja:

$$NDVI = \frac{\rho_4 - \rho_3}{\rho_4 + \rho_3}$$

Em que: ρ_4 , ρ_3 correspondem, respectivamente, as reflectâncias das bandas 4 e 3 do sensor TM Landsat 5.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição espacial do NDVI sobre a área de estudo nas diferentes imagens analisadas está presente na Figuras 2 e 3.

O NDVI quando avaliado de forma sazonal e em longo prazo, é um importante indicador de desertificação e redução da biomassa. Observa-se para a região da Chapada do Araripe que os valores variaram de 0,56 a 1,00 na área de Floresta onde há vegetação mais densa pertencente à reserva florestal, estando presente também no topo da chapada, na vegetação semi-densa e nas proximidades da reserva. O NDVI oscilou entre 0,51 a 0,65 estando presente em grande parte do espaço estudado. Esses resultados foram semelhantes aos de Brandão et al. (2007), que estudaram o NDVI da mesma área aplicando imagens de 2005 e obtiveram os seguintes resultados para vegetação: Vegetação Densa (Chapada) com NDVI de 0,718, Vegetação Semi-densa que apresentou NDVI de 0,452, Vegetação Nativa com NDVI 0,272 e Vegetação Rala apresentando NDVI de 0,177.

Na área classificada como vegetação rala o NDVI variou de 0,27 a 0,47 em áreas consideradas como de caatinga densa. Os valores entre 0,0 a 0,21 estão dentro do intervalo de classe característica de áreas com vegetação rala ou sem vegetação, muito característica em regiões semiáridas. Essa magnitude de NDVI apenas é encontrada para os meses com ausência completa de precipitação, conforme averiguações de Barbosa et al. (2006), em análise sobre o NDVI empregando técnicas de sensoriamento remoto na região Nordeste do Brasil. De acordo com Nicácio (2008) os valores de NDVI próximos a 0,15 representam solo nu. Segundo Huete e Tucker (1991), os valores do NDVI para solo exposto estão geralmente entre 0,05 e 0,30, porém, devido a grande variabilidade das propriedades ópticas do solo, os mesmos autores citam que não se pode definir uma faixa rigorosa de valores de NDVI para solos com pouco ou nenhuma cobertura vegetal.

A influência do regime pluviométrico nos valores de NDVI não foi tão relevante nesse estudo quando se compara todos os anos talvez pelo fato de ter sido considerado apenas as médias anuais, porém nos anos de 2001 e 2005 esse fator influenciou nos resultados de NDVI, pois como pode-se notar esses anos apresentaram visualmente uma área representativa de valores na faixa de 0,30 e de acordo com Gurgel et al. (2003), valores de NDVI menores que 0,30 é um indicativo de áreas secas com baixas precipitações anuais. Fato esse confirmando neste estudo.

Os valores negativos do NDVI estão associados a nuvens, água ou neve, esses alvos refletem mais intensamente no canal do vermelho quando comparados com a refletividade no

canal do infravermelho próximo, por isso, apresentam valores negativos. Outro ponto a ser considerado é o fato das imagens estudadas, embora representativas do início da estação seca, sejam de meses distintos a partir de agosto.

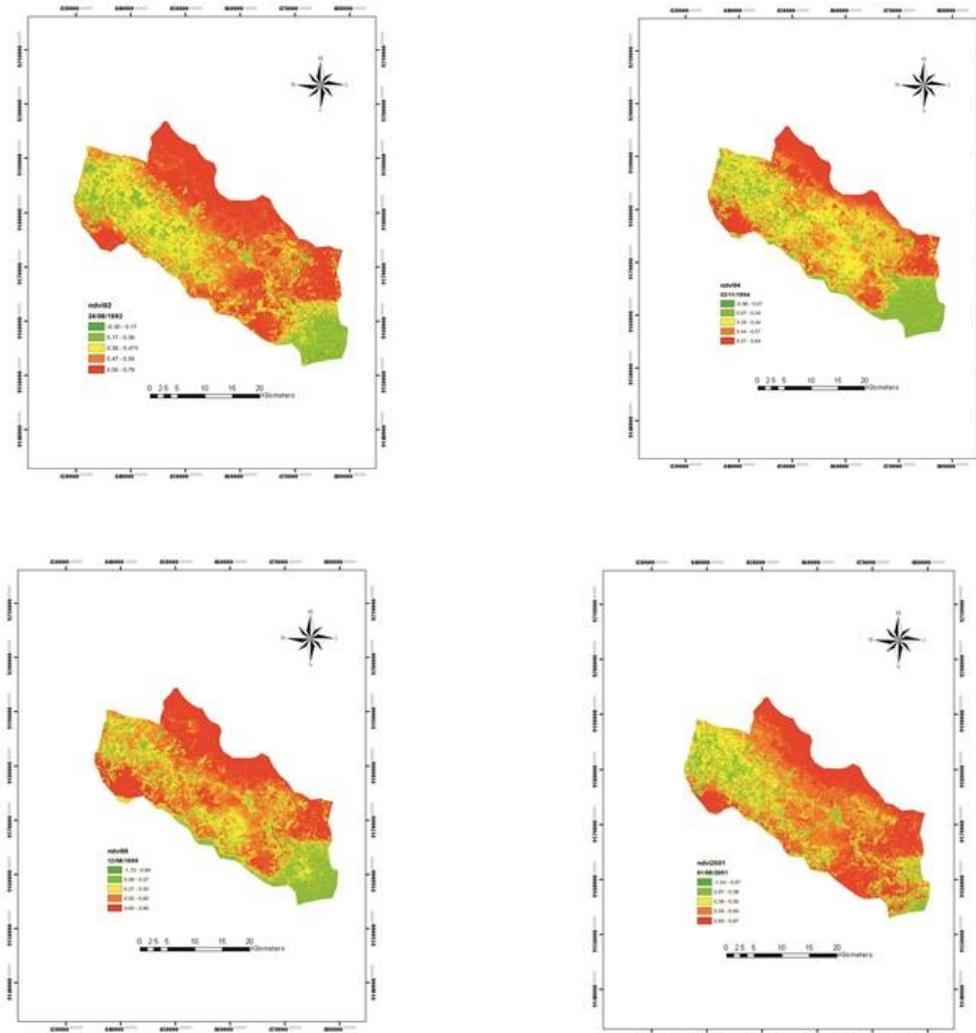


Figura 2. Mapas de NDVI na Sub-Bacia do Riacho Jardim/CE nos anos de 1992, 1994, 1999 e 2001.

CONCLUSÕES

Os valores médios de NDVI foram superiores na área de vegetação nativa floresta densa em comparação aos valores obtidos na área antrópica. Tal comportamento era esperado tendo em vista que o NDVI é um índice vegetação, portanto, tem maiores valores em área com vegetação. Os valores médios de NDVI apresentaram valores superiores nas imagens adquiridas no mês de agosto em comparação aos valores obtidos nas imagens do mês de novembro. Tal fato pode ser justificado pelo período de imageamento (agosto) coincidir em alguns anos com o final do período chuvoso, onde uma pequena altura pluviométrica ocorre em áreas isoladas

fazendo com que ainda exista um extrato herbáceo e presença marcante de dossel foliar da vegetação, contribuindo de maneira expressiva na elevação do NDVI.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; Tasumi, M.; Trezza, R. **SEBAL** (Surface Energy Balance Algorithms for Land). Kimberly: University of Idaho, Advanced Training and Users Manual, 98p. 2002.

COMBER, Alexis et al. **Spatial analysis of remote sensing image classification accuracy**. Remote Sensing of Environment, v. 127, p. 237–246, Dec. 2012.

Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **IPECE**. Fortaleza, 2013.

JUNGES, Amanda H e FONTANA, Denise C e PINTO, Daniele G. **Identification of Croplands of Winter Cereals in Rio Grande do Sul State, Brazil, Through Unsupervised Classification of Normalized Difference Vegetation Index Images**. Journal of Brazilian Association of Agricultural Engineering, v. 33, n. 4, p. 883–895, 2013.

MARTÍNEZ-LÓPEZ, J. et al. **Remote sensing of plant communities as a tool for assessing the condition of semiarid Mediterranean saline wetlands in agricultural catchments**. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, v. 26, p. 193–204, Feb. 2014.

MAXWELL, Susan K e SYLVESTER, Kenneth M. **Identification of “ever-cropped” land (1984-2010) using Landsat annual maximum NDVI image composites: Southwestern Kansas case study**. Remote sensing of environment, v. 121, p. 186–195, 1 Jun. 2012.

SOUSA, B. F. S. **Aprendizado de máquina na detecção do uso do solo no bioma caatinga via sensoriamento remoto**. Fortaleza – CE. 2009. 90 f. Dissertação (mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Ceará.

MARTÍNEZ-LÓPEZ, J. et al. Remote sensing of plant communities as a tool for assessing the condition of semiarid Mediterranean saline wetlands in agricultural catchments. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, v. 26, p. 193–204, Feb. 2014.