

# ANÁLISE TEMPORAL DA COBERTURA DO SOLO POR ÍNDICES DE VEGETAÇÃO NO MUNICÍPIO DE BELO JARDIM-PE

José Gustavo da Silva<sup>1</sup>, Leidjane Maria Maciel de Oliveira<sup>2</sup>, Evely Ferreira do Nascimento<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Graduando de Engenharia Civil - Universidade Federal de Pernambuco-UFPE, Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n, CDU, Recife-PE, e-mail: jgustavo.silva@outlook.com; <sup>2</sup> Professora do Departamento de Engenharia Civil e PPGCGTG da Universidade Federal de Pernambuco-UFPE, Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n, CDU, Recife-PE, e-mail: leidjaneoliveira@hotmail.com; <sup>3</sup> Graduando de Engenharia Cartográfica - Universidade Federal de Pernambuco-UFPE, Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n, CDU, Recife-PE, e-mail: evelyfnascimento@hotmail.com

## RESUMO

Dentre as técnicas de processamento de imagens, neste presente trabalho enfatiza-se o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e o Índice de Água por Diferença Normalizada (NDWI) com finalidade de análise espaço-temporal. O estudo foi realizado no município de Belo Jardim no Estado de Pernambuco, utilizando imagens do sensor TM-Landsat 5 referentes as datas 01/12/2004 e 29/09/2010. Esta análise do NDVI e NDWI promoveu a verificação da potencialidade dos índices na identificação da vegetação e dos aspectos biofísicos da paisagem.

**Palavras-chave** — NDVI, NDWI, Sensoriamento Remoto, Precipitação.

## ABSTRACT

*Among the techniques of image processing, this paper emphasizes the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and the Normalized Difference Water Index (NDWI) for the purpose of spatio-temporal analysis. The study was carried out in the city of Belo Jardim in the State of Pernambuco, using TM-Landsat 5 Sensor images referring to the dates 01/12/2004 and 29/09/2010. This analysis of the NDVI and NDWI promoted the verification of the potential of the indices in the identification of the vegetation and the biophysical aspects of the landscape.*

**Key words** — NDVI, NDWI, Remote Sensing, Precipitation.

## 1. INTRODUÇÃO

O Sensoriamento Remoto (SR) contribui para estudos voltados para gestão e monitoramento ambiental. As técnicas utilizadas em imagens orbitais permitem análises detalhadas sobre o dinamismo dos recursos naturais detectados na superfície terrestre [1].

Através de suas ferramentas, o sensoriamento remoto permite a observação dos parâmetros espectrais da vegetação e parâmetros biofísicos da paisagem [3], resultando na disseminação de pesquisas do uso do solo devido ao fornecimento de informações atualizadas

facilitando diagnósticos de ocupações e parâmetros biofísicos.

Dentre os diversos índices de vegetação existentes, destacam-se o NDVI e o NDWI. O NDVI e o NDWI foram utilizados por [13] para observar a variabilidade da cobertura do solo por índices de vegetação no Sertão de Pernambuco, verificando o crescimento das áreas com cobertura vegetal na região e baixo teor de presença de água para os índices já citados.

A precipitação e outros fatores climáticos quando sofrem variações, afetam significativamente as atividades de produção agrícola. Na maior parte das regiões tropicais, a alternância entre períodos chuvosos e secos apresenta um notável comportamento sazonal [5].

Como município integrante do estado de Pernambuco está Belo Jardim, situado na microrregião do Vale do Ipojuca, de suma importância para o monitoramento, devido ao prolongado período de chuva durante o ano. Desta forma, é importante pesquisas com SR para analisar temporalmente a cobertura do solo por índices de vegetação no município.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo, município de Belo Jardim (Figura 1), situa-se na mesorregião do Agreste Pernambucano. O município possui área de 647,697 km<sup>2</sup>, população estimada de 76.185 habitantes e densidade demográfica 111,83 hab/km<sup>2</sup> [7].

O município está localizado entre as bacias hidrográficas do rio Ipojuca e do rio Capibaribe. O clima é do tipo Tropical Chuvoso, com verão seco. A estação chuvosa se inicia em janeiro/fevereiro com término em setembro, podendo se adiantar até outubro [11].

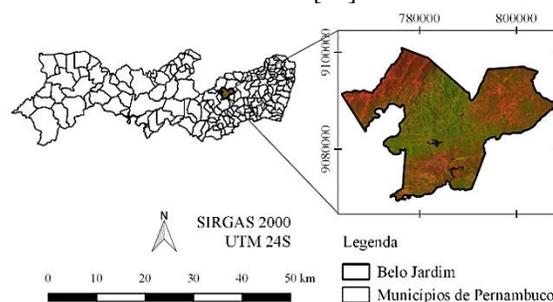


Figura 1. Localização do município de Belo Jardim – PE.

As imagens orbitais foram obtidas junto ao Serviço Geológico dos Estados Unidos [15], do Mapeador Temático (TM), satélite Landsat 5, órbita 215 e ponto 66, com resolução espacial de 30 m para as bandas 1,2,3,4,5,7 e 120 m para a banda 6, as quais foram processadas no software livre QGIS 2.14.18 com projeção UTM e datum SIRGAS 2000. As datas das imagens utilizadas foram 01/12/2004 e 29/09/2010, datas que pertencem ao período seco e chuvoso, respectivamente.

Para o reconhecimento dos índices pluviométricos na área de estudo, utilizaram-se dados de precipitação obtidos através do site da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) da estação Belo Jardim código 20 [2]. Foram analisados dados médios mensais de precipitação dos anos de 2004 e 2010, que correspondem as datas das imagens TM Landsat 5 utilizadas nesta pesquisa conforme visualização gráfica da Figura 2.

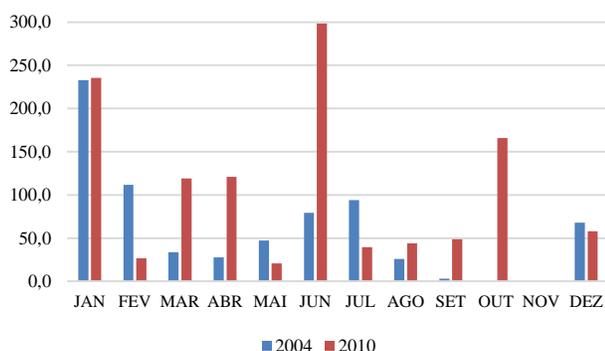


Figura 2. Precipitação mensal (mm) no município de Belo Jardim – PE. [2]

Observou-se que os meses de janeiro a dezembro dos anos de 2004 e 2010 totalizaram 723,4 mm e 1177,2 mm, respectivamente, sendo a precipitação mínima de 0,0 mm, ocorrida em novembro dos dois anos e a maior intensidade pluviométrica foi observada em junho de 2010, equivalendo a 298,4 mm. Nos meses de janeiro a outubro apresentaram as maiores magnitudes de eventos chuvosos.

Para processamento do NDVI e NDWI, utiliza-se a radiância espectral e a reflectância das bandas 2, 3 e 4 do TM Landsat5.

A primeira etapa para obtenção do NDWI e NDVI foi a calibração radiométrica, proposta por [9], dada pela equação:

$$L_{\lambda i} = a_i + \frac{b_i - a_i}{255} ND \quad (1)$$

onde:  $L_{\lambda i}$  = radiância espectral de cada banda ( $Wm^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$ ); “a” e “b” = radiância espectrais mínimas e máximas;  $ND$  = número digital (valor entre 0 e 255);  $i$  = cada banda do TM Landsat 5.

Sendo os valores de “a” e “b” retirados da Tabela 1 de descrição das bandas do TM Landsat 5, com os intervalos de comprimento de onda, coeficientes de calibração (radiância mínima – a; radiância máxima – b) e irradiancias espectrais no topo da atmosfera (TOA).

Tabela 1. Dados de comprimento de onda ( $\mu m$ ), coeficientes de calibração ( $Wm^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$ ) e irradiancia espectral no Topo da Atmosfera –  $k\lambda i$  ( $Wm^{-2} \cdot \mu m^{-1}$ ).

Fonte: Adaptado [4]

Bandas	Comprimento de onda ( $\mu m$ )	Coeficientes de Calibração ( $Wm^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$ )			Irradiância espectral no Topo da Atmosfera- $K\lambda i$ ( $Wm^{-2} \cdot \mu m^{-1}$ )
		a	b		
			05/05/2003	b depois de 02/04/2007	
2 (verde)	0,528-0,609	-2,84	365	333	1796
3 (vermelho)	0,626-0,693	-1,17	264	264	1536
4 (IV-próximo)	0,776-0,904	-1,51	221	221	1031

Em seguida, efetivou-se a determinação da reflectância espectral monocromática de cada banda ( $\rho_{\lambda i}$ ), que é dada em função da radiância espectral ( $L_{\lambda i}$ ), irradiancia 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 [12]:

$$\rho_{\lambda i} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda i}}{K_{\lambda i} \cdot \cos Z \cdot d_r} \quad (2)$$

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

$$d_r = 1 + 0,033 \cos\left(\frac{D_{SA} \cdot 2\pi}{365}\right) \quad (4)$$

O processamento do NDVI foi a partir da equação de [14] onde os resultados variam do -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. 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 ( $\rho_{IV}$ ) e a reflectância da banda do vermelho ( $\rho_V$ ), conforme:

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

O NDWI foi criado com o intuito de delinear ambientes de águas abertas, automatizando a determinação do limiar entre água e terra (vegetação terrestre e solos). Segundo [10], há a maximização da reflectância típica da água utilizando o comprimento de onda do verde, além de minimizar a baixa reflectância dos corpos de água no infravermelho próximo, realçando o contraste entre a água e a cobertura vegetal.

O NDWI MCF foi obtido através das reflectâncias das bandas do verde ( $\rho_2$ ) e do infravermelho médio ( $\rho_4$ ) do satélite Landsat 5, conforme:

$$NDWI = \frac{\rho_2 - \rho_4}{\rho_2 + \rho_4} \quad (6)$$

### 3. RESULTADOS

Nos anos de 2004 e 2010, o NDVI no município de Belo Jardim – PE apresentou valores menores que 0 e alcançou valores até 0.803. Os resultados de NDVI podem ser encontrados nas Figuras 3 e 4, e seus valores mínimos, máximos e médios na Tabela 2.

Segundo [6], os valores de NDVI para os solos expostos são, geralmente, na faixa de 0,05 a 0,30, entretanto devido às propriedades óticas do solo, não se pode definir uma faixa rigorosa de valores de NDVI para solos com pouca ou nenhuma vegetação. A região demarcada com NDVI entre 0,24 a 0,03 representam regiões com vegetação estressada ou área degradada pela ação antrópica, enquanto as áreas com NDVI maior que 0,44, de fato, são regiões de vegetação.

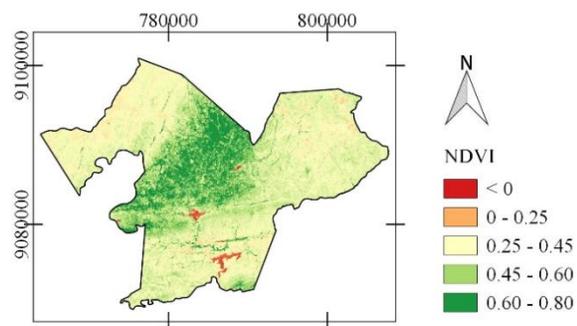


Figura 3. Cartas georreferenciadas de NDVI referente ao ano 2004.

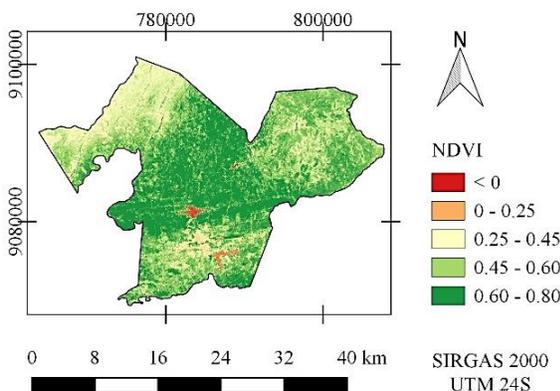


Figura 4. Cartas georreferenciadas de NDVI referente ao ano 2010.

Tabela 2. Valores estatísticos do NDVI.

Imagem	Mínimo	Máximo	Média
01/12/2004	-0,263	0,803	0,304
29/09/2010	-0,106	0,792	0,504

Para os anos analisados, notou-se que a área analisada apresenta uma diminuição nos valores médios do NDWI (Figura 5, Figura 6 e Tabela 3). Os valores de NDWI encontrados variaram entre menores que -0,726 até 0,404.

O valor de NDWI varia de -1 para 1. Conforme [10], o zero é definido como o limiar. Assim, o tipo de cobertura é água se NDWI apresentar valor maior que 0 e não é água se o valor for negativo.

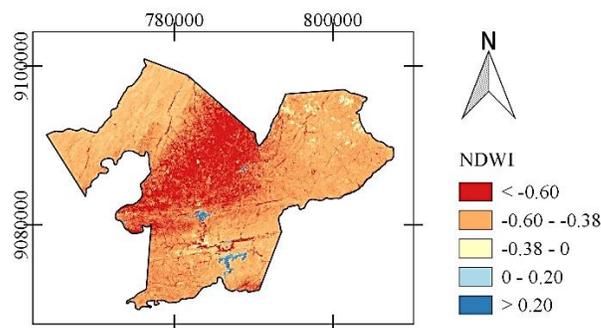


Figura 5. Cartas georreferenciadas de NDWI referente ao ano 2004.

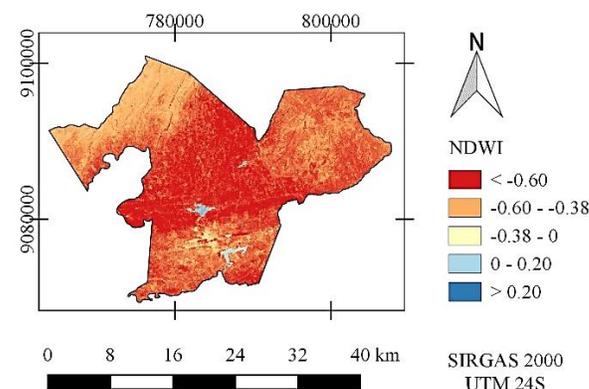


Figura 6. Cartas georreferenciadas de NDWI referente ao ano 2010.

Tabela 3. Valores estatísticos do NDWI.

Imagem	Mínimo	Máximo	Média
01/12/2004	-0,727	0,404	-0,333
29/09/2010	-0,726	0,177	-0,487

### 4. DISCUSSÃO

Com menor valor médio (0,304) para o dia 01/12/2004 no período de estiagem, e o maior valor médio (0,504) para o dia 29/09/2010 no período chuvoso, observou-se que houve crescimento na média do NDVI. Este aumento na média do

NDVI, no município de Belo Jardim – PE, é gerado pela alta precipitação no ano de 2010 (Figura 2) que favoreceu o crescimento da cobertura vegetal, causando uma maior expressão vegetativa para o ano de 2010 quando comparado ao ano de 2004.

Estes resultados corroboram com aumento do NDVI no sul do município de Petrolina – PE, nos anos de 2003 e 2011, encontrados por [13], cujo aumento foi gerado pelo crescimento das áreas com cobertura vegetal.

Através do NDVI observou-se valores negativos representados pela cor vermelha que correspondem presença de corpos hídricos, já valores acima de 0,45 representados pela cor verde indicam vegetação.

Os valores de NDWI apresentaram diminuição nos valores médios (Tabela 3), devido aos eventos chuvosos em cada ano. Ao analisar o NDWI MCF, observou-se uma homogeneidade de cores (cor vermelha), não permitindo a identificação exata de áreas territoriais irrigáveis. Entretanto, é observado na superfície do rio (cor azul) o delineamento do corpo hídrico.

Nos estudos de [8] também se destacaram esta homogeneidade de cores no perímetro irrigado de Nilo Coelho (Nordeste Brasileiro), o que ressalta o melhor uso para a identificação de fluxo de água, enfatizando as bordas do recurso hídrico como visto nas Figuras 5 e 6.

## 5. CONCLUSÕES

Entre os anos de 2004 e 2010 no município de Belo Jardim – PE, o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) apresentou um aumento enquanto o Índice de Água por Diferença Normalizada (NDWI), pelo método MCF, apresentou uma diminuição dos valores médios, ambos influenciados diretamente pelo regime de chuvas de cada ano estudado. Foi possível evidenciar configurações vegetativa no município pelo NDVI e melhor delineamento dos corpos hídricos pelo NDWI. As mudanças apresentadas pelos índices de vegetação demonstram maior influência da sazonalidade da precipitação quando analisado o efeito multitemporal no Agreste Pernambucano.

## 6. REFERÊNCIAS

- [1] Almeida, D.N.O.; Oliveira, L.M.M.; Silva, C.B.; Bezerra, U.A.; Farias, M.O. e 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, p.(711-715), 2017.
- [2] APAC – Agência Pernambucana de Águas e Climas. Sistema de Informação Geográfica. Disponível em: <<http://www.apac.pe.gov.br/sighpe/>>. Acesso em: 18 set. 2018.
- [3] Chagas, M.G.S.; Galvêncio, J.D. e Pimentel, R.M.M., “Avaliação da dinâmica espectral da vegetação da caatinga em Arcoverde-PE”. Revista de Geografia, v. (25), n. (2), p. (45-60), 2008.
- [4] Chander, G.; Markham, B.L.; Helder, D.L., “Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors”, Remote Sensing of Environment, v. (113), p. (893–903), 2009.
- [5] Filho, K.T.; Junior, J.Z.; Lima, P. R. S. R. “Análise da Transição entre Dias Secos e Chuvosos Usando Cadeias de Markov de Terceira Ordem”, Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. (41), n. (9), p. (1341-1349), 2006.
- [6] Huete, A.R.; Tucker, C.J, “Investigation of soil influence in AVHRR red and near infrared vegetation index imagery”. International Journal of Remote Sensing, v.(12), p. (1223-1242), 1991.
- [7] IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades: Belo Jardim - PE. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/belo-jardim/panorama>> Acesso em: 01 out. 2018
- [8] Leite, A.C.S.; Oliveira, L.M.M.; Bezerra, U.A., Almeida, D.N.O; Candeias, A.L.B. e Junior, J.R.T., “Comparison of methods of Humidity Index processing in the Irrigated Perimeter Nilo Coelho, Northeast of Brazil”, Journal of Hyperspectral Remote Sensing, v. (7), n.(6), p. (315-323), 2017.
- [9] Markham, B.L.; Barker, L.L., “Thematic mapper bandpass solar exoatmospherical irradiances”, International Journal of Remote Sensing, v. (8), n. (3), p. (517-523), 1987.
- [10] 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.
- [11] MME – Ministério de Minas e Energia. “Diagnóstico do Município de Belo Jardim”. Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrâneas, Recife-PE, 2005.
- [12] Oliveira, T.H.; Silva, J.S.; Machado, C.C.C.; Galvêncio, J.D.; Nóbrega, R.S. e Pimentel, R.M.M., “Detecção espaço-temporal de estresse hídrico na vegetação do semiárido do nordeste do Brasil utilizando NDVI e NDWI – Estudo de caso Serra da Capivara e Serra do Congo – PI”, in Anais do VI Semiárido Latino Americano de Geografia Física, Coimbra, 2010.
- [13] Rodrigues, A.B.; Oliveira, L.M.M; Cavalcanti, E.A.; Gouveia, J.F.M. e Almeida, D.N.O., “Variabilidade da Cobertura do Solo por Índices de Vegetação no Sertão de Pernambuco utilizando Geoprocessamento”, VI ENEC, Belo Horizonte-MG, 2017.
- [14] Rouse, J. W.; Haas, R. H.; Schell, J. A.; Deering, D. W. “Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation”, Prog. Rep. RSC 1978-1, Remote Sensing Cent., Texas A&M Univ., College Station, 1973.
- [15] USGS – Serviço Geológico dos Estados Unidos. Disponível em: <<https://www.usgs.gov/>>. Acesso em: 12 set. 2018.