

APLICAÇÃO DE ÍNDICES DE VEGETAÇÃO PARA IDENTIFICAÇÃO DE VEGETAÇÃO AQUÁTICA EM LAGOS URBANOS NA AMAZÔNIA

Paulo Amador Tavares¹, Vítor Abner Borges Dutra², Ariadne Reinaldo Trindade³, Jefferson Inayan de Oliveira Souto⁴, Norma Ely Santos Beltrão⁵ e Hebe Morganne Campos Ribeiro⁶

¹Universidade do Estado do Pará, atavares.paulo@gmail.com; ²Universidade do Estado do Pará, abner_dutra@hotmail.com;

³Universidade do Estado do Pará, dnetrindade@gmail.com; ⁴Universidade do Estado do Pará, inayansouto@gmail.com;

⁵Universidade do Estado do Pará, normaelybeltrao@gmail.com; e ⁶Universidade do Estado do Pará, hebemcr@gmail.com

RESUMO

Neste trabalho, investigou-se a possibilidade de aplicação de índices de vegetação para o monitoramento do crescimento de vegetação aquática na área abrangência do lago Bolonha, no município de Belém-Pará. O objetivo foi analisar o comportamento de dois índices de vegetação amplamente utilizados em comparação com a vegetação densa no local. Utilizou-se uma cena Sentinel-2, a qual foi pré-processada e após isso aplicou-se o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) e o Índice de Água de Diferença Normalizada (NDWI). O resultado mostrou que a aplicação de índices para dissociação dos dois tipos de vegetação apresentou melhores resultados para o NDVI. Os índices variam de acordo com o período do ano, devido as respostas espectrais dos alvos relacionados à vegetação; os mesmos podem possuir resultados diferenciados para macrófitas. Portanto, é importante testar diferentes técnicas de índices de vegetação para se adequar a diferentes áreas de estudo.

Palavras-chave — NDVI, NDWI, Sentinel-2, Macrófita, Lagos Amazônicos.

ABSTRACT

In this paper, we investigate the applicability of monitoring the aquatic vegetation growth through vegetation indexes in the coverage area of Bolonha Lake, located in the municipality of Belém-Pará. We aimed to analyze the behavior of two widely used vegetation indexes to compare with the dense vegetation within the study area. We used one Sentinel-2 scene, which was preprocessed to apply the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and the Normalized Difference Water Index (NDWI). Better results were found for NDVI when analyzed the difference between the two types of vegetation. These indexes vary during the year, due to the spectral signature of vegetation-related targets; the results for aquatic vegetation could change during the year. Therefore, it is important to test different techniques of vegetation indexes to suit better different study areas.

Key words — NDVI, NDWI, Sentinel-2, Macrophyte, Amazon Lakes.

1. INTRODUÇÃO

A interpretação de índices de vegetação gerados através de sensoriamento remoto foi iniciada na década de 1960 e pode estar vinculada a análises de fatores biofísicos específicos ou a análise de vegetação de uma forma geral [1]. A compreensão desses índices e a interpretação de seus resultados podem também contribuir na classificação de uso e cobertura da Terra a partir da classificação supervisionada com aprendizado de máquina [2], [3].

Resultados obtidos pela interpretação dos índices de vegetação podem variar de acordo com o período do ano [4], [5], podendo existir zonas homogêneas conforme a baixa variabilidade climática durante o ano da região analisada [6]. Isso ocorre devido a reposta espectral dos alvos relacionados à vegetação que podem mudar de acordo com a estação do ano e/ou a ocorrência de eventos extremos e intervenção humana em determinadas áreas [1]. Um exemplo é a possibilidade de se interpretar as consequências de eventos de queimada em uma determinada região a partir desses índices [7].

Nos centros urbanos brasileiros, que possuem baixa quantidade de esgoto tratado [8], é perceptível a proliferação de vegetação aquática nos corpos hídricos próximos à grandes áreas urbanas [9]. Nesse contexto, a cidade de Belém, estado do Pará, têm o seu principal corpo hídrico para abastecimento humano recoberto por esse tipo de vegetação, que se prolifera com o aumento da quantidade de matéria orgânica presente na água [10], [11], provenientes das mais diversas fontes.

Em alguns corpos hídricos, onde a massa d'água não é mais perceptível à olho nu por conta da elevada quantidade de vegetação aquática, a literatura mostra a possibilidade de aplicação de índices de vegetação para o monitoramento do crescimento dessa vegetação [12]–[14]. Tais índices devem possuir resultados diferenciados para as macrófitas, uma vez que é necessário a correta identificação de cada tipo de vegetação em áreas específicas. Assim, percebe-se a importância de avaliar a performance de alguns índices de vegetação para estas áreas diferenciadas e comparar seus resultados

Desta forma, o presente estudo teve por objetivo analisar o comportamento de dois índices de vegetação, amplamente utilizados na literatura, na área de abrangência

do lago Bolonha. Foi realizada a identificação da resposta desses dois índices com vegetação aquática (macrófita) da área em comparação com a vegetação densa no local.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A área escolhida para o presente estudo foi o lago Bolonha localizado no Parque Estadual do Utinga e compõe, em conjunto com o lago Água Preta, o principal sistema de abastecimento da região metropolitana de Belém [11]. O lago Bolonha caracteriza-se pela elevada presença de macrófitas aquáticas, que impedem a visualização da sua lâmina d'água [10]. A fim de comparar com valores de vegetação densa na área de estudo, selecionou-se uma área ao redor do lago, que é predominantemente constituída por esse tipo de classe de cobertura.

Para o processamento digital das imagens, foram utilizados os softwares gratuitos Sentinel Application Platform (SNAP) 6.0 e QGIS 2.17.18.

Para a derivação dos índices de vegetação, utilizou-se imagens do satélite orbital Sentinel-2, obtidas diretamente da plataforma Copernicus Open Access Hub (<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>). A cena escolhida foi do dia 20 de julho de 2017, pois possui 0% de cobertura de nuvem. Essa imagem foi corrigida atmosféricamente através do algoritmo Sen2Cor, e as bandas que não tinham resolução espacial de 10 metros, foram reamostradas para essa resolução [15]. As bandas utilizadas foram a 4 (red – 665nm), 8a (NIR – 842nm) e 12 (SWIR – 2190nm).

Os índices de vegetação utilizados foram o NDVI e o NDWI. Ambos estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Identificação dos índices de vegetação utilizados e suas respectivas equações.

Índice de Vegetação	Equação	Referências
NDVI	$\frac{NIR - Red}{NIR + Red}$	[1], [16]
NDWI	$\frac{NIR - MIR}{NIR + MIR}$	[1], [17]

3. RESULTADOS

3.1. NDVI

A figura 1 apresenta os resultados do NDVI aplicados na área de estudo onde, ao se observar os limites do lago Bolonha, constata-se uma vegetação aquática com tons e texturas diferentes da vegetação densa facilmente detectada na região circunscrita ao lago.

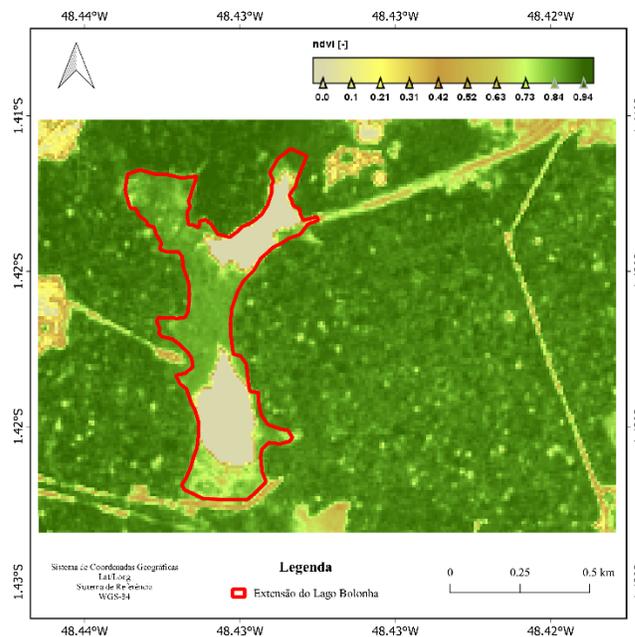


Figura 1. Mapa da distribuição dos valores positivos encontrados para o cálculo do NDVI.

O histograma presente na Figura 2 destaca a frequência de ocorrência de valores de pixels entre 0 e 1 para o NDVI calculado. Na análise pixel a pixel da área dentro dos limites do lago Bolonha, percebeu-se que as macrófitas foram encontradas com valores acima de 0,75 e abaixo de 0,9. A partir desse valor, destacaram-se somente as áreas de vegetação densa. Abaixo de 0,75 a quantidade de pixels encontrada foi baixa, de tal forma que na área amostrada há uma elevada cobertura vegetal. Os valores da lâmina d'água, por serem inferiores a 0, não foram identificados no histograma.

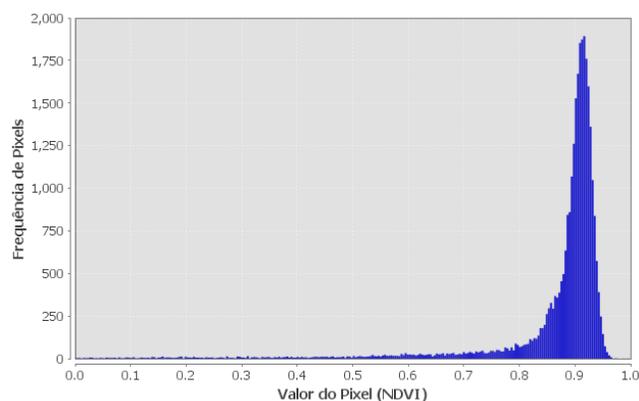


Figura 2. Histograma de distribuição e frequência de pixels encontrados para o cálculo do NDVI.

3.2. NDWI

Os valores de NDWI referentes a vegetação aquática se aproximaram dos valores obtidos para a vegetação densa,

como representados na figura 3, indicando que ambas estão em zonas de alta umidade. Foram encontrados valores positivos para trechos de lâmina d'água, o que pode gerar imprecisão na interpretação dos dados na análise da vegetação que está no topo do lago.

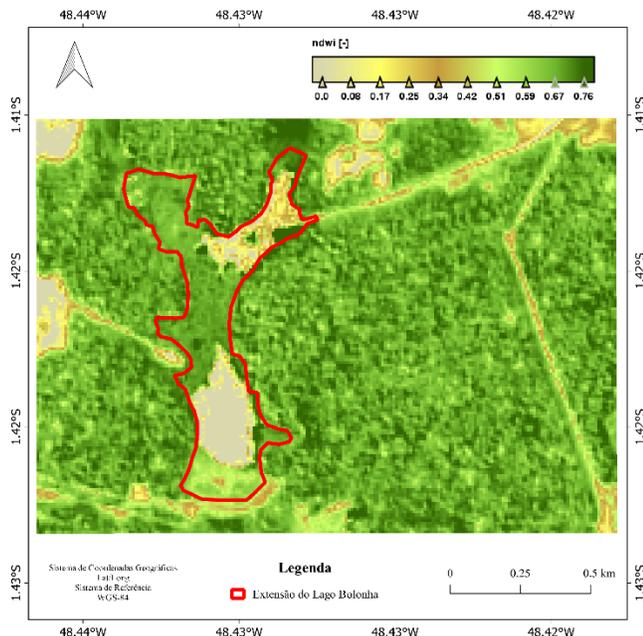


Figura 3. Mapa da distribuição dos valores positivos encontrados para o cálculo do NDWI.

Na análise dos valores de pixels no interior do polígono referente ao lago Bolonha, notou-se similaridades entre a vegetação macrófita e a vegetação densa presente na área exterior ao polígono. Por causa disso, no histograma da Figura 4 percebe-se uma distribuição de valores de pixels do que no histograma do NDVI (Figura 2).

Nesse índice, os valores para essa cobertura da Terra, iniciaram-se a partir de 0,5, tendo grandes concentrações entre as faixas 0,6 e 0,7. Entretanto, é difícil a dissociação entre o que é vegetação macrófita e o que é densa, como ocorreu no NDVI, uma vez que existem valores de pixels similares para ambos os tipos de vegetação. Destaca-se também que houve uma frequência elevada de pixels com valores inferiores à 0,5, o que pode também causar confusão na interpretação dos resultados.

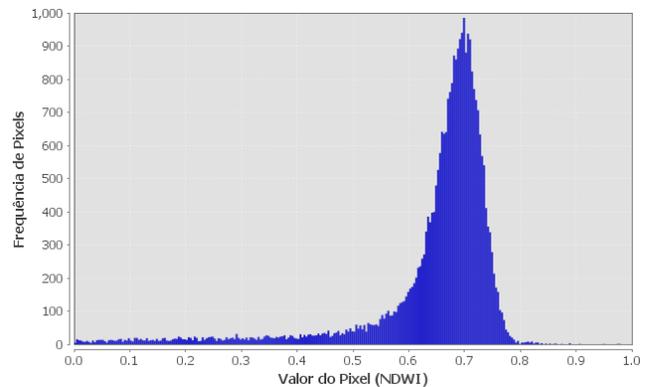


Figura 4. Histograma de distribuição e frequência de pixels encontrados para o cálculo do NDWI.

4. DISCUSSÃO

Os valores de NDVI e NDWI para vegetação densa diferem daqueles encontrados na literatura, em ambientes não tropicais, uma vez que outros autores costumam assumir valores a partir de 0,6 para esse tipo de vegetação [1], [16], [17]. Isso indica uma elevada concentração e potencial crescimento dessa vegetação no lago Bolonha [10]. A proliferação em grande escala desse tipo de vegetação em corpos hídricos indica a presença de grandes concentrações de material orgânico na água, decorrentes principalmente da falta de tratamento de esgoto na região circunvizinha ao lago, que pode receber efluentes após períodos de intensa precipitação [8], [9].

Entretanto, destaca-se que o crescimento das macrófitas e a resposta espectral da vegetação dependem consideravelmente das interferências climatológicas locais [4], [5]. Portanto, o fato de a imagem selecionada para este estudo ter sido captada durante o verão Amazônico pode ter influenciado na elevada resposta espectral da vegetação aquática capturada pelos índices utilizados.

Na comparação entre os dois índices produzidos para esse ambiente, percebeu-se melhor resposta do NDVI para dissociação das macrófitas e vegetação densa. Essa assertiva é perceptível principalmente na comparação pixel a pixel dos índices produzidos (Figuras 1 e 3), onde o NDWI obteve uma elevada confusão de valores entre vegetação densa e aquática. Jensen [1] e Gao [17] afirmam que o NDWI verifica a quantidade de água concentrada na vegetação, por causa disso, e pelas macrófitas estarem localizadas na superfície de um corpo hídrico, afirma-se que a melhor resposta encontrada para o índice de NDVI concorda com a literatura.

5. CONCLUSÕES

A aplicação dos índices para dissociação de vegetação aquática de vegetação densa no lago Bolonha apresentou melhores resultados para o NDVI. Para o NDWI os valores dos dois tipos de vegetação se confundiram no histograma,

enquanto que para o NDVI os valores seguiram à crescente, sendo mais elevados para vegetação densa (acima de 0,9) e dentro da faixa de 0,75-0,9 para macrófitas. Recomenda-se a aplicação de outros índices de vegetação na área de estudo para identificar qual melhor representa a presença dos dois tipos de vegetação em lagos amazônicos.

6. REFERÊNCIAS

- [1] Jensen, J. R., “Remote sensing of the environment: an earth resource perspective”, Pearson New International, Harlow-Inglaterra, 2014.
- [2] Deus, D., “Integration of ALOS PALSAR and Landsat Data for Land Cover and Forest Mapping in Northern Tanzania,” *Land*, v. 5, n. 43, pp. 2–19, 2016.
- [3] Moreira Filho, J. C. C., e Tavares Junior, J. R., “Avaliação da precisão temática de composições de NDBI, NDVI, NDWI,” *Rev. Bras. Geomática*, v. 4, n. 1, pp. 3–14, 2016.
- [4] Gurgel, H. C., Ferreira, N. J., e Luiz, A. J. B., “Estudo da variabilidade do NDVI sobre o Brasil, utilizando-se a análise de agrupamentos,” *Rev. Bras. Eng. agrícola e Ambient.*, v. 7, n. 1, pp. 85–90, 2003.
- [5] Ballejo da Costa, L. C., e Guasselli, L. A., “Dinâmica Sazonal De Remanescentes Da Mata Atlântica, a Partir De Séries Temporais NDVI/MODIS,” *Geo UERJ*, v. 0, n. 30, pp. 214–239, 2017.
- [6] Cordeiro, A. P. A., Berlatto, M. A., Fontana, D. C., Melo, R. W. De, Shimabukuro, Y. E., e Fior, C. S., “Regiões homogêneas de vegetação utilizando a variabilidade do NDVI,” *Cienc. Florest.*, v. 27, n. 3, pp. 883–896, 2017.
- [7] Peña, M. A., e Ulloa, J., “Mapping the post-fire vegetation recovery by NDVI time series,” 2017 First IEEE Int. Symp. Geosci. Remote Sens., pp. 1–8, 2017.
- [8] ITB – Instituto Trata Brasil, “Ranking do Saneamento Básico nas 100 Maiores Cidades,” 2017.
- [9] Schneider, V. E., Basso dos Santos, M., Bortolin, T. A., e Vasques Marques, R., “Monitoring of an urban water body under the influence of a wastewater treatment plant: assessment of environmental impacts,” *Sci. cum Ind.*, v. 6, n. 2, pp. 15–20, 2018.
- [10] Andrade, A. L. C., Tavares, P. A., Santos, Y. R., Brabo, L. D. M., Ribeiro, H. M. C., e Beltrão, N. E. S., “Diagnóstico Ambiental Dos Impactos Da Proliferação De Vegetação Macrófita No Lago Bolonha Na Cidade De Belém-Pa,” *Blucher Eng. Proc.*, n. Julho, pp. 473–481, 2017.
- [11] Gutierrez, C. B. B., Ribeiro, H. M. C., Morales, G. P., Gutierrez, D. M. G., Santos, L. S. dos, e Paula, M. T. de, “Analysis spatiotemporal use and land cover within the APA Bethlehem and correlation with the water parameters of their sources,” *Rev. Bras. Geogr. Física*, v. 10, n. 1, pp. 521–534, 2017.
- [12] Rodriguez-Galiano, V. F., Fernandez-Carrillo, A., e Sanchez-Rodriguez, E., “Characterisation of macrophyte phenology in the Doñana marshland using MODIS NDVI time series from 2000 to 2015,” in *Earth Resources and Environmental Remote Sensing/GIS Applications VIII*, pp. 60, 2017.
- [13] Chen, Q., et al., “A New Method for Mapping Aquatic Vegetation Especially Underwater Vegetation in Lake Ulansuhai Using GF-1 Satellite Data,” *Remote Sens.*, v. 10, n. 8, pp. 1279, 2018.
- [14] Murphy, F., Schmieder, K., Baastrup-Spohr, L., Pedersen, O., e Sand-Jensen, K., “Five decades of dramatic changes in submerged vegetation in Lake Constance,” *Aquat. Bot.*, v. 144, pp. 31–37, 2018.
- [15] Clerici, N., Valbuena Calderón, C. A., e Posada, J. M., “Fusion of Sentinel-1A and Sentinel-2A data for land cover mapping: A case study in the lower Magdalena region, Colombia,” *J. Maps*, v. 13, n. 2, pp. 718–726, 2017.
- [16] Rouse, W., Haas, H., Schell, J., e Deering, W., “Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains With Ert’s,” *Remote Sens. Cent.*, v. A20, pp. 309–317, 1974.
- [17] Gao, B. C., “NDWI - A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space,” *Remote Sens. Environ.*, v. 58, pp. 257–266, 1996.