



XVI SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

15º SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA

PARÂMETROS BIOFÍSICOS DE BACIA HIDROGRÁFICA DO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO POR TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO

Jocimar Coutinho Rodrigues Junior¹; Anderson Luiz Ribeiro de Paiva²; Leidjane Maria Maciel de Oliveira³; Sylvana Melo dos Santos⁴ & José Adalberto da Silva Filho⁵

RESUMO – As técnicas de Sensoriamento Remoto consistem em ferramentas que são de significativa utilidade para realização de análises do comportamento de compartimentos ambientais de bacias hidrográficas, onde são empregadas para estudos envolvendo as alterações na vegetação e na presença da água, a partir de índices espectrais como o NDVI e NDWI. Dessa forma, a finalidade deste presente trabalho é aplicar os referidos índices para a área da bacia hidrográfica de Pequenos Rios Interiores 6 (GI-6), na região do submédio São Francisco, em Pernambuco, referentes aos anos de 2015 e 2020, no período mensal de seca. Para isso, foram utilizadas imagens do satélite Landsat 8 e, com processamentos o NDVI e NDWI no *software* QGIS. 3.18. Constatou-se para o NDVI e NDWI que não houve mudanças discrepantes entre 2015 e 2020. Entretanto, ocorreram alterações pontuais que indicaram uma maior presença de vegetação moderadamente sadia em 2020, assim como uma maior presença de pontos alagados. Portanto, os valores de NDVI e NDWI foram maiores em 2020, demonstrando um maior delineamento geoespacializado da vegetação e dos recursos hídricos.

ABSTRACT – The Remote Sensing techniques consist of tools that are of significant use for carrying out analyzes of the behavior of environmental compartments of watersheds, where they are used for studies involving changes in vegetation and the presence of water, from spectral indices such as the NDVI and NDWI. Thus, the purpose of this present work is to apply these indices to the area of the Little Rivers Interiors 6 watershed (GI-6), in the São Francisco submiddle region, in Pernambuco, referring to the years 2015 and 2020, in the period monthly drought. For this, images from the Landsat 8 satellite were used, with NDVI and NDWI processing in the QGIS software. 3.18. It was found for the NDVI and NDWI that there were no discrepant changes between 2015 and 2020. However, there were occasional changes that indicated a greater presence of moderately healthy vegetation in 2020, as well as a greater presence of flooded points. Therefore, the NDVI and NDWI values were higher in 2020, demonstrating a greater geospatialized delineation of vegetation and water resources.

Palavras-Chave – NDVI, NDWI, Pernambuco.

¹).Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Av. da Arquitetura, s/n, CDU, Recife - PE, CEP: 50740-550. (81) 2126.7764, e-mail: jocimar.junior@ufpe.br;

²) Professor do Departamento de Engenharia Civil e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Av. da Arquitetura, s/n, CDU, Recife - PE, CEP: 50740-550. (81) 2126.7764, e-mail: anderson.paiva@ufpe.br;

³) Professora do Departamento de Engenharia Civil e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Av. da Arquitetura, s/n, CDU, Recife - PE, CEP: 50740-550. (81) 2126.7764, e-mail: leidjane.oliveira@ufpe.br;

⁴) Professora do Departamento de Engenharia Civil e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Av. da Arquitetura, s/n, CDU, Recife - PE, CEP: 50740-550. (81) 2126.7764, e-mail: sylvana.santos@ufpe.br;

⁵) Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Av. da Arquitetura, s/n, CDU, Recife - PE, CEP: 50740-550. (81) 2126.7764, e-mail: jose.adalberto@ufpe.br.

1- INTRODUÇÃO

O Sensoriamento Remoto (SR) consiste em uma ciência que possui diversas aplicações relevantes para estudos ambientais. Diversos autores (EPIPHANIO *et al.*, 1996; SCHNEIDER *et al.*, 2003; FARIAS *et al.*, 2017) ressaltaram a facilidade de acesso as imagens de satélite, bem como a disponibilidade de sensores, que possuem variadas resoluções espaciais, espectrais e temporais e radiométricas. Assim, se possibilita o uso de técnicas de processamento de imagens, para realização de estudos envolvendo as dinâmicas ambientais, por meio de índices espectrais, que consistem em operações matemáticas englobando os valores numéricos de pixels das bandas de imagens.

Deste modo, é possível averiguar as características de uma área a partir de alterações no seu comportamento espectral em relação aos componentes ambientais do terreno (EPIPHANIO *et al.*, 1996). Dentre os índices espectrais que analisam parâmetros biofísicos englobando a vegetação e água, em localidades de bacias hidrográficas, os mais conhecidos consistem no Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e no Índice de Água por Diferença Normalizada (NDWI).

O emprego do NDVI possui a finalidade de verificar as características e mudanças da vegetação, de acordo com o comportamento espectral da região do visível e do infravermelho próximo (RIBEIRO *et al.*, 2015). Segundo Chagas *et al.* (2008), o NDVI consiste em um relevante índice que busca determinar valores e a saudabilidade de aspectos vegetacionais. Dessa forma, se considera no cálculo, a redução dos ruídos multiplicativos como iluminação e fatores atmosféricos.

Em relação ao NDWI, esse índice busca estudar os efeitos da umidade na vegetação, sendo possível constatar a mudança da biomassa vegetal no que se refere a quantidade de água em culturas agrícolas, espécies florestais e agrícolas a partir do comportamento do estresse hídrico no meio (GAO, 1996). A modelagem deste índice ocorre através da relação entre as bandas do infravermelho próximo e do infravermelho médio, que possibilita visualizar o realce de localidades que apresentam bons percentuais em conteúdo de água e de umidade (MCFEETERS, 1996).

A partir da aplicação dos referidos índices em uma bacia hidrográfica, com a utilização de uma série multitemporal, torna-se possível averiguar mudanças na vegetação e na presença de água, permitindo compreender o comportamento destes parâmetros biofísicos ao longo do tempo. Estes estudos podem auxiliar a elaboração e aplicação medidas de gestão para a contenção e mitigação de impactos ambientais, em vista das mudanças que são ocasionadas.

Dentre as bacias hidrográficas presentes no estado de Pernambuco, as bacias de Grupos de Pequenos Rios Interiores, possuem grande importância para as atividades agrícolas e econômicas. A Bacia Hidrográfica de Pequenos Rios Interiores 6 – GI-6, localizada dentro da porção pernambucana

da grande bacia do rio São Francisco, consiste em uma das pequenas bacias que possuem relevância no contexto social político por abrigar importantes afluentes e municípios que dispõem de perímetros irrigados (APAC, 2022a; BANCO MUNDIAL, 2005)

Diante disso, o presente trabalho tem como averiguar as mudanças na vegetação e na água a partir da aplicação do NDVI e do NDWI no Grupo de Bacias de Pequenos Rios Interiores 6 – GI-6, que consiste em uma bacia hidrográfica na região do submédio São Francisco, em Pernambuco. Dessa forma, pode-se constatar as principais mudanças nos parâmetros biofísicos na área, especificamente para o período em estudo, que incide entre os anos de 2015 e 2020.

2 - MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área em estudo

A bacia hidrográfica de Grupo de Bacias de Pequenos Rios Interiores 6 - GI-6 (Figura 1) é formada por uma série de pequenos cursos hídricos, englobando córregos e riachos que possuem deságue na margem esquerda do rio São Francisco, na região do submédio, no Sertão pernambucano.

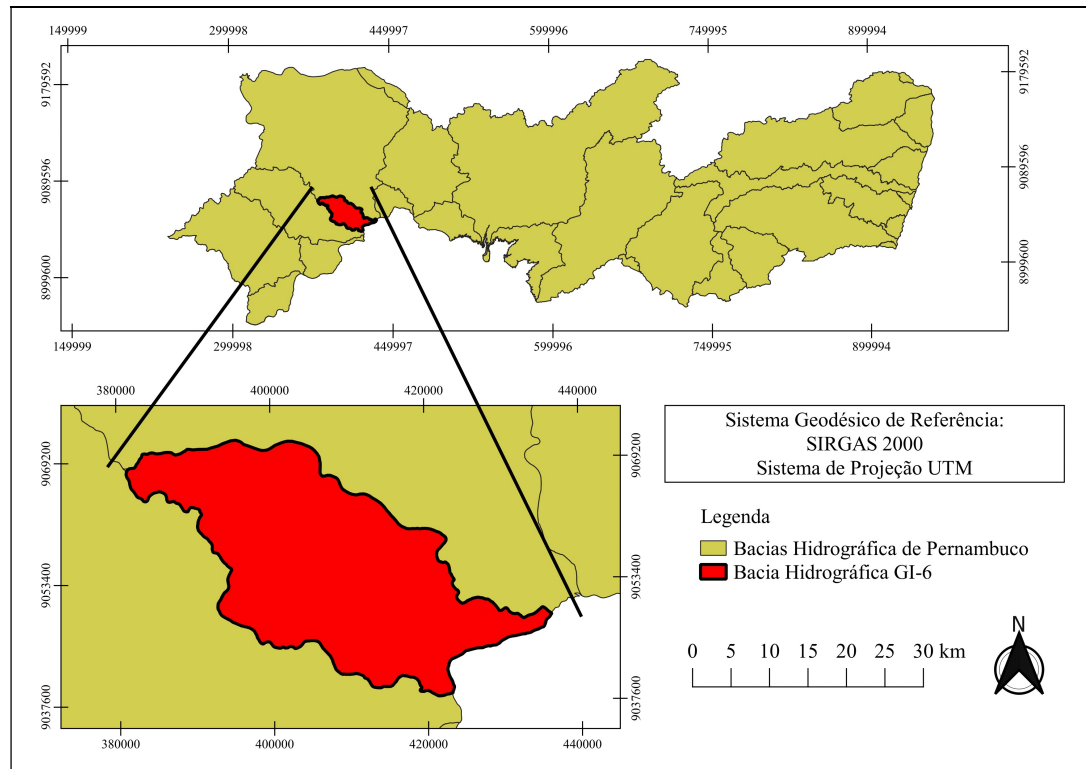


Figura 1 – Localização da GI-6 no estado de Pernambuco

De acordo com Sobral *et al.* (2018), o submédio São Francisco ainda abrange cerca de 83 municípios, sendo que 59 estão contidos no estado de Pernambuco e 24 no estado da Bahia. Nesse

sentido, Fay e Silva (2006) apontaram que a área concentra 2,5 milhões de pessoas e possui 35 sub bacias, possuindo cerca de 155.637 km², sendo 17% da área da bacia total do rio São Francisco.

De forma geral, a GI-6 consiste em uma destas sub bacias, correspondendo a bacia do riacho Caraíbas, que nas proximidades da sua nascente, é chamado de riacho Urimamã. Os principais afluentes consistem no nos riachos Jaracatia, Santa Rosa e riacho Madeiras. A área de drenagem corresponde a 838,24 km², representando cerca de 0,85% da área total do estado de Pernambuco, englobando parcialmente áreas dos municípios de Orocó e Santa Maria da Boa Vista (APAC, 2022a). O comportamento da precipitação mensal durante os anos de 2015 e 2020, na bacia hidrográfica em estudo, é apontado na Figura 2.

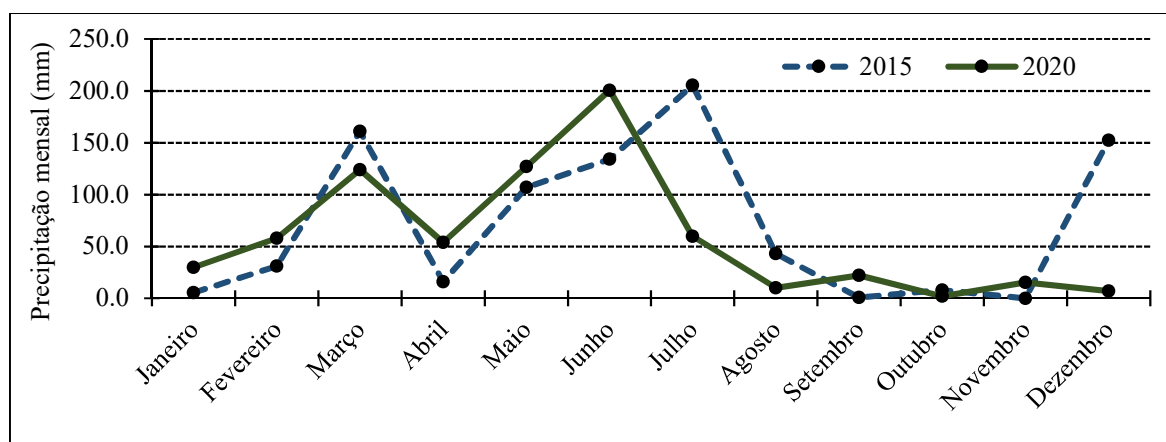


Figura 2 – Comportamento pluviométrico na GI-6 durante os períodos de estudo
Fonte: APAC (2022b)

2.2 Obtenção e processamento de imagens

As imagens utilizadas para realização do NDVI e NDWI, correspondem ao período de 09 de setembro de 2015 e 10 de outubro de 2020, sendo efetuadas pelo satélite *Land Remote Sensing Satellite 8* (Landsat 8), por meio do sensor OLI que possui bandas espectrais para aquisição de dados na faixa espectral do visível, infravermelho próximo e infravermelho de ondas curtas, além de uma banda pancromática. Ademais, as imagens do referido satélite, possuem escala de 15 m, 30 m e 100 m, dependendo das bandas em questão.

Sendo assim, a partir da disponibilidade de material do Landsat 8, no catálogo da Divisão de Geração de Imagens (DIDGI), órgão da Coordenação-Geral de Observação da Terra (CGOBT) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), foram obtidas as imagens do período de estudo para a bacia hidrográfica GI-6, para processamento e modelagem do NDVI e NDWI.

Por conseguinte, o processamento foi realizado no *software* QGIS 3.14, de modo a obter as informações acerca das áreas dos índices espectrais utilizados ao longo do tempo selecionado. Assim, inicialmente, se modelou o NDVI, que permite conhecer a área de vegetação verde na bacia hidrográfica em estudo. Segundo Rouse *et al.* (1974), o NDVI é modelado conforme a Equação 1.

$$NDVI = \frac{(\rho_{NIR} - \rho_R)}{(\rho_{NIR} + \rho_R)} \quad (1)$$

onde:

ρ_{NIR} : refletância da banda do infravermelho próximo;

ρ_R : refletância banda do vermelho.

No que refere ao NDWI, este possibilita a obtenção de informações sobre o comportamento da água na área em estudo, seu cálculo foi formulado inicialmente por Gao (1996), para verificar as condições hídricas superficiais, de acordo com a Equação 2.

$$NDWI = \frac{(\rho_{VIS} - \rho_{NIR})}{(\rho_{VIS} + \rho_{NIR})} \quad (2)$$

onde:

ρ_{NIR} : refletância da banda do infravermelho próximo;

ρ_{VIS} : refletância banda do visível.

Os equacionamentos dos índices espectrais, disponibilizam resultados que variam entre -1 e 1. Para o NDVI, quanto mais próximos de 1, há maior presença da vegetação saudável na área, evidenciando melhor a resposta espectral para as plantas, enquanto para valores abaixo de 0, indica-se a presença de água, configurando o corpo hídrico. Em relação ao NDWI, valores acima de 0 indicam a presença de água, enquanto para valores mais próximos de -1, indica-se a presença de vegetação com a variação de seu vigor vegetativo.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da obtenção das imagens do satélite Landsat 8, que correspondem a 09 de setembro de 2015 e 10 de outubro de 2020, foram realizados os processamentos descritos nas Equação 1 e 2, para obtenção do NDWI e NDVI. No que concerne a pluviometria, a GI-6 durante os anos de 2015 e 2020 teve o quantitativo mensal de chuva apontado na Figura 2. Como pode ser visualizado, em setembro de 2015 e outubro de 2020, ocorreram respectivamente 1 e 2 mm, sendo estes meses, períodos secos.

Ademais, para as datas diárias que correspondem a origem das imagens, não houve precipitações na bacia GI-6, tanto em 2015, quanto em 2020. Dessa forma, considerando que não houve influência da precipitação na obtenção das imagens utilizadas pelo satélite Landsat 8, estas foram processadas no *software* QGIS 3.14. A partir da aplicação da Equação 1 foram processados os resultados referentes ao NDVI (Figura 3).

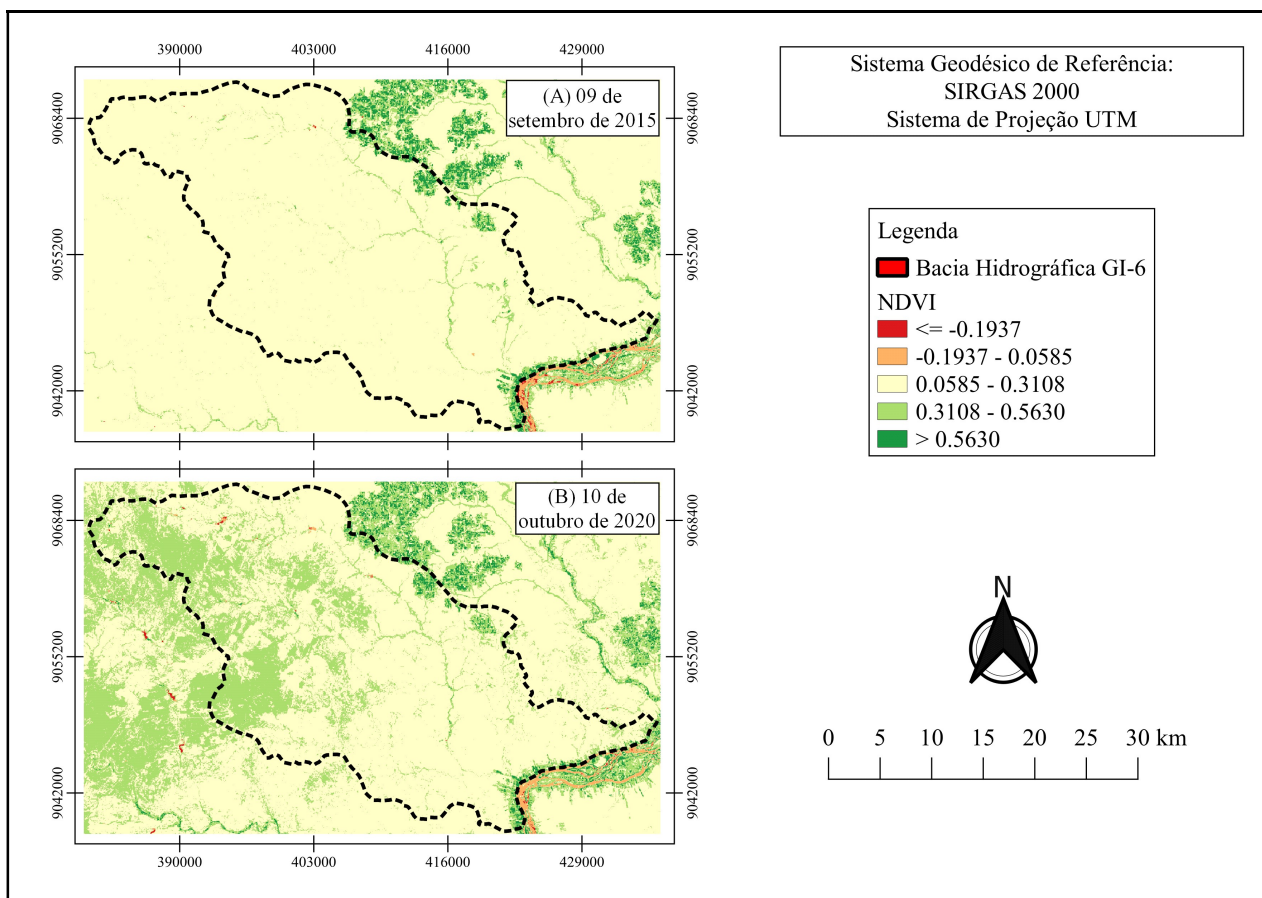


Figura 3 – NDVI para a GI-6 e seu entorno

Com isso, pode-se constatar que em 10 de outubro de 2020, houve um aumento nas áreas de NDVI com valores acima da faixa de 0,3108 (áreas em verde claro), dentro da bacia e no seu entorno, mostrando que a vegetação estava em uma situação relativamente mais saudável do que no período de 2015.

Ademais, o mapeamento realizado torna evidente que em razão de haver grandes extensões de áreas com valores próximos de NDVI = 0 (cor em amarelo), principalmente em 2015, há bastante solo exposto ou vegetação com baixo vigor vegetativo. Entretanto, como houve uma melhora na saudabilidade da vegetação, em 2020 estas áreas reduziram e ocorreu o aumento de áreas com a

presença de vegetação, que na sua maior parte tende a ser moderadamente sadia, como notaram-se nas localidades que apresentaram valores de NDVI entre 0,3108 e 0,5630.

A vegetação de maior porte com grande saudabilidade e, com maior resposta espectral, corresponde aos locais com valores acima de 0,5630 (áreas mais intensas de vigor vegetativo), para a bacia GI-6. Neste caso, não houve significativas mudanças entre 2015 e 2020. Os locais em que há a presença de água, sendo mostrado nas localidades com valores abaixo de 0 (áreas vermelhas), sofreram um pequeno aumento em 2020.

Estas novas áreas alagadas, possivelmente podem ser regiões de novos reservatórios utilizados para agropecuária ou abastecimento. É válido ressaltar que em Santa Maria da Boa Vista e Orobó, municípios inseridos parcialmente na GI-6 possuem perímetros irrigados, sendo respectivamente: Brígida e Fulgêncio, situados nestes municípios (BANCO MUNDIAL, 2005). Dessa forma, as áreas alagadas podem indicar os referidos perímetros irrigados, que atendem a agricultura da região.

Os valores de NDVI, referentes a média, valor máximo, mínimo de desvio padrão, foram apontados, na Tabela 1. Observou-se em 10 de outubro de 2020 valores máximo, médio e mínimo maiores do que em 2015. A média de NDVI para a bacia GI-6 foi de -0,359 em 2015, para 0,296 em 2020. Este fato comprova um melhoramento relativo na situação da vegetação da área, que passou a ter uma resposta espectral mais elevada.

Tabela 1 – Valores descritivos para o NDVI, para GI-6

Ano	Máximo	Média	Mínimo	Desvio Padrão
09/09/2015	0,533	-0,359	-0,725	0,075
10/10/2020	0,806	0,296	-0,446	0,085

Em trabalho realizado em Pernambuco, por Bezerra *et al.* (2018) em parte do território da bacia hidrográfica do rio Moxotó, em região semiárida, também foram obtidos valores de NDVI para o ano de 2017, similares aos apresentados neste trabalho. Ademais, na bacia do rio Tapacurá, em Pernambuco, com aplicação de outros índices de vegetação, conforme aponta trabalho de Oliveira *et al.* (2012), também foram obtidos valores que indicam grande presença de vegetação em estado de saudabilidade moderada, semelhante a situação da bacia GI-6.

No que concerne a análise de NDWI, a Figura 3 mostra o mapeamento obtido a partir do processamento realizado no *software* QGIS 3.18. Assim como foi evidenciado para o NDVI, para o NDWI também não foram notadas mudanças bruscas no comportamento espectral para a presença de água entre 2015 e 2020.

Como pode ser visualizado (Figura 3), ocorreram certas alterações pontuais, como o aumento de locais em que há valores de NDWI maior do que 0 (áreas azuis), representando aos corpos hídricos. A priori estas áreas estão localizadas no deságue da GI-6 no rio São Francisco, além de ser constatado que houve um aumento relativo destas áreas alagadas em 2020, em alguns pontos da bacia hidrográfica e do seu entorno. Este fato corrobora com os dados obtidos no NDVI, que também indicou um pequeno aumento pontual de áreas alagadas, que podem ser os reservatórios usados em fins de agropecuária ou abastecimento.

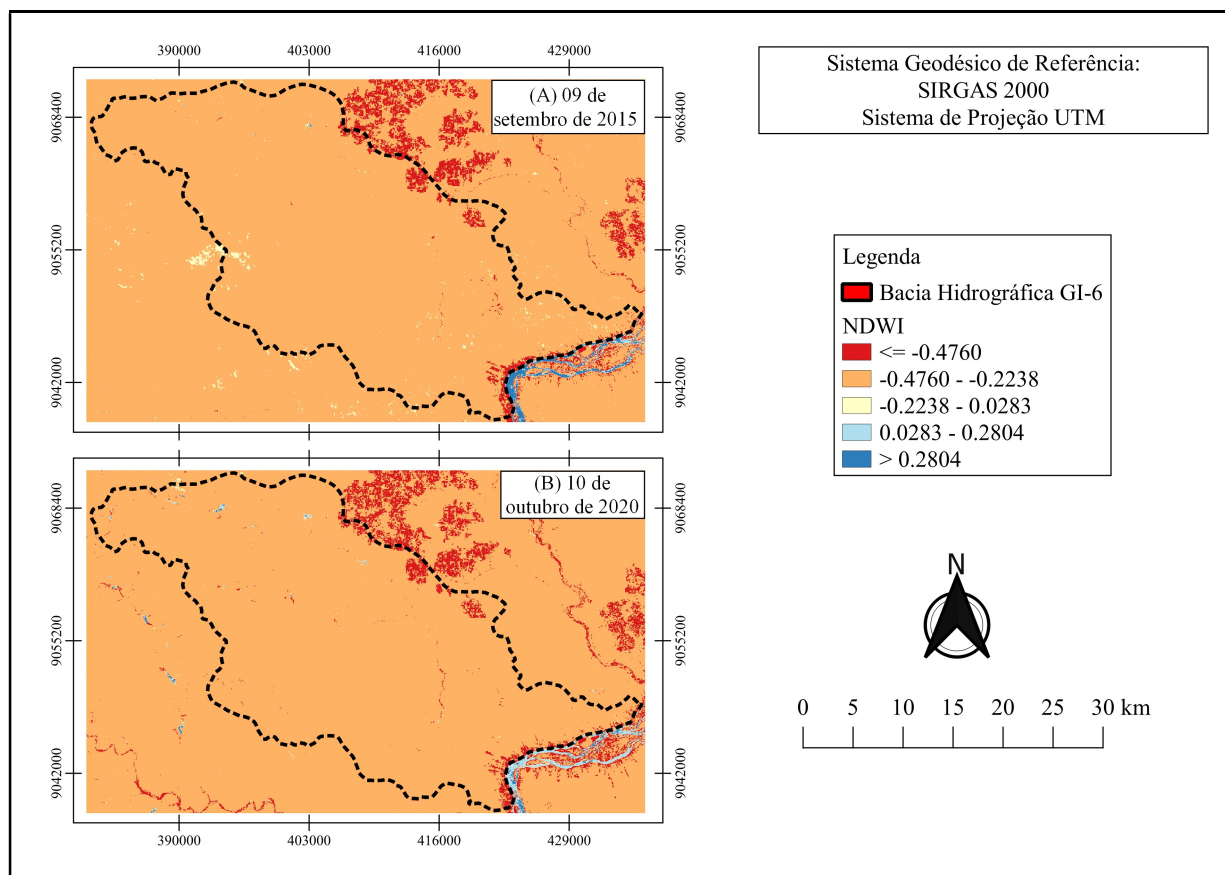


Figura 3 – NDWI para a GI-6 e seu entorno

Em relação aos valores máximo, média e mínimo, para o NDWI de 2015 e 2020, a Tabela 2 apontou os resultados obtidos. Para o ano de 2020 a média foi maior, sendo 0,296 e, para o ano de 2015 foi de -0,359. Assim, os valores de estatística descritiva foram relativamente maiores para 2020. Para as respostas espectrais em relação a água, foi um pequeno melhoramento de 2015 para 2020, conforme foi apontado a partir do aparecimento de pequenas áreas alagadas.

Tabela 2 – Valores descritivos para o NDWI, para a GI-6

Ano	Máximo	Média	Mínimo	Desvio Padrão
09/09/2015	0,533	-0,359	-0,725	0,075
10/10/2020	0,806	0,296	-0,446	0,085

Destarte, o mapeamento e os valores de NDWI também relevam grandes extensões de áreas com valores bem próximos de 0. Este fato evidencia muitas localidades com solo exposto, o que pode ocasionar impactos ambientais para a vegetação e os recursos hídricos. Neste sentido, comprova-se também as informações adquiridas com o cálculo de NDVI, que igualmente indicou grandes áreas com solos expostos.

4 - CONCLUSÃO

Diante dos resultados obtidos, se averiguou as alterações sofridas no NDWI e NDVI entre 09/09/2015 e 10/10/2020 para a bacia hidrográfica GI-6. No que concerne o NDVI, foi mais significativo o maior aparecimento em 2020 de áreas com possível vegetação arbustiva ou rasteira, havendo melhores respostas espectrais para a vegetação no referido ano.

Em relação ao NDWI, também foram obtidos dados que apontam valores relativamente mais altos em 2020. Assim, as áreas alagadas cresceram levemente de 2015 para 2020, podendo corresponder a importantes localidades de armazenamento de água. Ademais, os dois índices utilizados evidenciam grande presença de áreas com possível solo exposto, sem resposta espectral da vegetação ou com presença de vegetação não saudável.

Diante deste panorama, é importante esse conhecimento dos parâmetros biofísicos da bacia hidrográfica GI-6, em razão de ser útil para traçar medidas de contenção e controle de impactos ambientais de forma progressiva. Portanto, como a região da GI-6 também faz parte do submédio São Francisco, é essencial a seleção de estratégias planejamento de recursos hídricos e de seus usos.

AGRADECIMENTOS - Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de Pós-Graduação do primeiro e último autores; ao Projeto de pesquisa "Coberturas vegetal e hídrica de bacias hidrográficas utilizando imagens orbitais no estado de Pernambuco", aprovado na Chamada Universal MCTIC/CNPq 2018, processo nº 433914/2018-1 da terceira autora; ao INPE pela disponibilização das imagens; e a APAC pela disponibilização dos dados pluviométricos.

REFERÊNCIAS

- APAC. (2022a). Agência Pernambucana de Águas e Climas. *Grupo de bacias de pequenos rios interiores* 3 - GI3. Disponível em: <http://www.apac.pe.gov.br/pagina.php?page_id=5&subpage_id=29>. Acesso: 08 jun. 2022a.
- APAC. (2022b). Agência Pernambucana de Águas e Climas. *Monitoramento Pluviométrico*. Disponível em: <<http://old.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php>>. Acesso em: 07 jun. 2022b.
- BANCO MUNDIAL. (2005). *Memorial sobre o Reassentamento de Itaparica*. II Fórum Técnico sobre Reassentamento de Populações. Bogotá, Colômbia.
- BEZERRA, U.A.; OLIVEIRA, L.M.M.; CANDEIAS, A.L.B.; SILVA, B.B.; LEITE, A.C.L.S. SILVA, L.T.M.S. (2018). *Comparativo do Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI) entre os Sensores OLI - Satélite Landsat-8 e MSI – Satélite Sentinel-2 em Região Semiárida*. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, vol. 41 – 3, p. 167-177.
- CHAGAS, M.G.S.; GALVÍNCIO, J.D.; PIMENTEL, R.M.M. (2008). *Avaliação da dinâmica espectral da vegetação da caatinga em Arcoverde, PE*. Revista de Geografia, v. 25, n° 2, pp. 45-60.
- EPIPHANIO, J.C.N.; GLERIANI, J.M.; FORMAGGIO, A.R.; RUDORFF, F.T. (1996). *Índices de vegetação no sensoriamento remoto da cultura do feijão*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 31, n. 06, p. 445- 454.
- FAY, E.F.; SILVA, C.M.M.S. (2006). *Índice de uso sustentável da água (ISA-Água) na região do sub-médio São Francisco*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. 157p. ISBN 85-85771-42-9.
- FARIAS, M.O.; CANDEIAS, A.L.B.; OLIVEIRA, L.M.M.; ALMEIDA, D.N.O.; TAVARES JUNIOR, J.R. (2017). *Variabilidade espaço-temporal da cobertura do solo por índices de vegetação e água no Agreste Pernambucano*. Revista Brasileira de Agrotecnologia 7, 91-99.
- GAO, B. (1996). *NDWI - a normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space*. Remote Sensing of Environment, v.58, 257-266.
- MCFEETERS, S.K. (1996). *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.
- OLIVEIRA, L.M.M.; MONTENEGRO, S.M.G.L.; ANTONINO, A.C.D.; SILVA, B.B.; MACHADO, C.C.C.; GALVÍNCIO, J.D. (2012). *Análise quantitativa de parâmetros biofísicos de bacia hidrográfica obtidos por sensoriamento remoto*. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.47, n.9, p.1209-1217.
- RIBEIRO, R.B.; FILGUEIRAS, R.; RAMO, M.C.A.; NASCIMENTO, C.R. (2015). *Análise temporal das variações de parâmetros biofísicos da cana-de-açúcar em Jaíba – MG*. Nativa, Sinop, v. 3, p. 150-155.
- ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A. (1974). *Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation*. NASA/GSFC Type III Final Report, Greenbelt, Canada, May 27; 371.
- SOBRAL, M.C.; ASSIS, J.M.O.; OLIVEIRA, C.R.; SILVA, G.M.N.; MORAIS, M.; CARVALHO, R. M. C. (2018). *Impacto das mudanças climáticas nos recursos hídricos no submédio da bacia hidrográfica do rio São Francisco – Brasil*. REDE – Revista Eletrônica do PRODEMA. Fortaleza, Brasil, v. 12, n. 3, p.95-106. ISSN: 1982-5528.