

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

ANÁLISE DOS IMPACTOS DA TRANSPOSIÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO A PARTIR DO NDWI UTILIZANDO A PLATAFORMA GEE

Cinthia Maria de Abreu Claudino¹ ; Victor Hugo Rabelo Coelho²; Vanine Elane Menezes de Farias³; Ana Alice Rodrigues Dantas Almeida⁴; Brenda Gomes de Sousa⁵

RESUMO – A bacia hidrográfica do Rio São Francisco tem sido foco de diversas discussões, especialmente devido seu potencial hídrico e múltiplos usos. Entre os séculos XIX e XX surgiram os primeiros esboços do atual Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF), que visa a transferência de suas águas para rios de estados afetados constantemente pela seca. Esse estudo busca, através da aplicação do índice NDWI, analisar os impactos causados pela transposição na concentração de água da região. Para isso foram utilizadas imagens dos satélites Landsat 5 e 8, na plataforma GEE, considerando período de 20 anos, antes e após o início das obras. A partir de 2014 houve um aumento na faixa de -0,3 a 0, que representam áreas de superfícies sem água ou com seca moderada. O início da obra de transposição e as condições pluviométricas do período afetaram a concentração de água da região, tornando áreas, antes úmidas, em secas ou sem presença de água. Ainda, identificou-se que as regiões mais úmidas se encontram a nordeste da bacia, enquanto as mais secas estão no centro-sul. O índice caracterizou bem as regiões com água, como as áreas da represa de Três Marias e do leito do rio principal.

ABSTRACT – The São Francisco River watershed has been the focus of several discussions, especially due to its water potential and multiple uses. Between the 19th and 20th centuries, the first drafts of the current São Francisco River Integration Project (PISF) emerged, which aims to transfer its waters to rivers in states constantly affected by drought. This study seeks, through the application of the NDWI index, to analyze the impacts caused by the transposition on the concentration of water in the region. For this, images from Landsat 5 and 8 satellites were used, on the GEE platform, considering the period of 20 years, before and after the beginning of the PISF works. From 2014 there was an increase in the range from -0.3 to 0, which represents dry or waterless areas. The beginning of the transposition work and the pluviometric conditions affected the concentration of water in the region, turning areas, which were previously wet, into droughts or without the presence of water. Still, it was identified that the wettest regions are found in the northeast of the basin, while the driest are in the center-south. The index characterized well the regions with water, such as the areas of the Três Marias dam and the bed of the main river.

Palavras-Chave – São Francisco; NDWI; Google Earth Engine.

¹) Doutoranda em Engenharia Civil e Ambiental, UFPB, João Pessoa/PB - Brasil, (83) 999618-9626, cinthiamariaac@gmail.com

²) Prof. Dr. do Departamento de Geociências, UFPB, Campus João Pessoa, (83) 988861663, victor.coelho@academico.ufpb.br

³) Doutoranda em Engenharia Civil, UFPE, Recife/PE – Brasil, (83) 98732-9645, vaninemenezesf@gmail.com

⁴) Mestranda em Engenharia Civil e Ambiental, UFPB, João Pessoa/PB - Brasil, (83) 99922-5985, anaalicerd@gmail.com

⁵) Mestranda em Engenharia Civil e Ambiental, UFPB, João Pessoa/PB - Brasil, (83) 99657-8467, brendasth@gmail.com

INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica do Rio São Francisco, uma das 12 regiões hidrográficas brasileiras, tem sido foco de uma série de discussões, devido ao potencial econômico e socioambiental de seus recursos naturais. Documentos históricos relatam que o uso de sua água fomentou o aparecimento dos primeiros vilarejos na bacia, surgindo, entre os séculos XIX e XX, diversos estudos voltados à sua utilização no combate à seca (PIRES, 2019).

Nesse cenário, surgem os primeiros esboços do atual Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF), sendo prevista a transposição de suas águas para rios da região semiárida nordestina, garantindo segurança hídrica para os estados de Pernambuco, Paraíba, Ceará e Rio Grande do Norte. O projeto, apresentado pelo Ministério da Integração Nacional (MI), atual Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), prevê a retirada contínua de cerca de 26,4 m³/s de água, podendo ser ampliado nos anos em que o reservatório de Sobradinho/BA estiver sangrando (CASTRO, 2011).

Todavia, projetos desse porte trazem consigo uma série de impactos ambientais que podem alterar o equilíbrio ecológico e social tanto das áreas doadoras de água, como das áreas receptoras. O Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), elaborado sob responsabilidade do MI (atual MDR), levantou cerca de 44 impactos ambientais diretos e indiretos, sendo pouco mais de 70% de caráter negativo, como redução de flora e fauna nativas, eutrofização e modificação no regime fluvial do São Francisco (MI, 2004a; CASTRO, 2011).

Atualmente, existe uma série de ferramentas que podem auxiliar na identificação e mitigação de impactos ambientais. No caso dos recursos hídricos, a utilização do sensoriamento remoto e geoprocessamento permite a aquisição de dados de forma rápida e a realização de múltiplas análises, identificando mudanças espaciais e temporais em diferentes escalas (SEDEÑO-DÍAZ e LÓPEZ-LÓPEZ, 2021). Uma fonte de dados de sensoriamento remoto amplamente utilizada é a série LANDSAT, que teve início na segunda metade da década de 60, a partir de um projeto desenvolvido pela Agência Espacial Americana, para a observação dos recursos naturais terrestres.

Uma forma de analisar esse tipo de dado é a partir da aplicação de índices, a exemplo do NDWI. O Índice de Água de Diferença Normalizada (*Normalized Difference Water Index* - NDWI), proposto por McFeeters (1996) com base no Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index* - NDVI), é largamente aplicado com o objetivo de destacar os corpos hídricos e as suas características em uma imagem de satélite. Ao contrário do NDVI, o NDWI propõe-se a utilizar a combinação da banda verde e do infravermelho próximo, de modo a maximizar a reflectância da água e minimizar a reflectância do solo e da vegetação (MCFEETERS, 1996).

Nesse sentido, o presente trabalho propõe-se a aplicar o NDWI sob a bacia hidrográfica do Rio São Francisco, de modo a analisar os impactos da transposição sobre a bacia. Para isto, foram utilizados dados do Landsat 5 e 8, considerando a série histórica de 2000-2021, que compreende o período anterior e posterior ao início das obras da transposição.

METODOLOGIA

Área de Estudo

Uma das mais importantes bacias hidrográficas do Brasil é a do Rio São Francisco, abrangendo uma área de 631.133 km², que representa cerca de 7,5% da área total do país (Figura 1a). A bacia se estende por quase 2900 km, pelos estados de Minas Gerais, Bahia, Goiás, Pernambuco, Sergipe e Alagoas, além do Distrito Federal, percorrendo ao todo 507 municípios (SANTOS *et al.*, 2017). Devido à sua extensão e aos diferentes ambientes percorridos, ela se divide em quatro unidades fisiográficas: Alto (19% da bacia), Médio (55% da bacia), Submédio (24% da bacia) e Baixo São Francisco (7% da bacia) (Figura 1b) (PIRES, 2019).

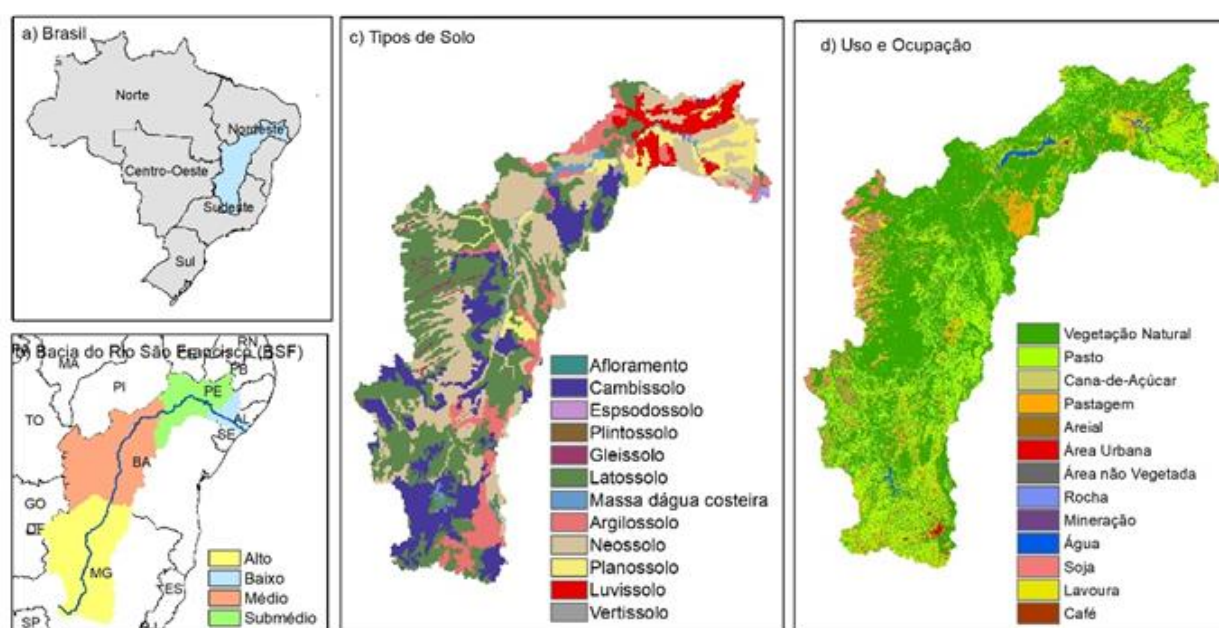


Figura 1 – Localização e Caracterização da bacia do Rio São Francisco

Com grande diversidade ambiental, a bacia do São Francisco contempla fragmentos de diferentes biomas: floresta atlântica, cerrado, caatinga, costeiros e insulares. O clima apresenta uma variabilidade associada à transição do úmido para o árido, com temperatura média anual variando de 18 a 27°C e pluviosidade média anual de 1.036 mm, com duas estações bem definidas, uma seca e outra chuvosa (SILVEIRA *et al.*, 2016). Os tipos de solo ao longo da extensão da bacia também

possuem grande variabilidade, sendo predominantes os latossolos (35,3%), os neossolos (26,5%) e os cambissolos (15,8%) (Figura 1 c) (CBHSF, 2015).

A bacia serve a múltiplos usos, como transporte, abastecimento doméstico e industrial, pesca, com crescente exploração econômica, sobretudo pela agricultura irrigada e aproveitamento do potencial hidroelétrico, com cinco usinas hidrelétricas instaladas (SANTOS *et al.*, 2017). Nos trechos Alto, Médio e Submédio, o uso do solo para fins agrícolas é predominante, com exceção do Baixo São Francisco, em que o grupo mais representativo são as pastagens (Figura 1d) (CBHSF, 2015).

No ano de 2005, a bacia começou a sofrer mudanças devido ao início das obras do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF), marcado pela transferência das águas para rios intermitentes de Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará (CASTRO, 2011). A transposição do São Francisco direciona a água para dois eixos independentes: Norte (270 km de extensão de canais), que atinge Pernambuco, Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte, e Leste (217 km de extensão de canais), beneficiando parte do Sertão e as regiões agrestes de Pernambuco e da Paraíba. Assim, será assegurada a disponibilidade de água para cerca de 12 milhões de pessoas em 390 municípios e 294 comunidades rurais que margeiam os canais no Nordeste Setentrional (PIRES, 2019).

Desse modo, o São Francisco representa um importante recurso para a sobrevivência e o desenvolvimento dos diversos estados por ele banhados. Dessa forma, o conhecimento do seu comportamento hidrológico é de grande importância para subsidiar a tomada de decisões na gestão de recursos hídricos. Com base neste enfoque, a análise da série histórica do NDWI permitirá conhecer a evolução da disponibilidade hídrica do Rio São Francisco e seus principais afluentes.

Processamento dos Dados

A obtenção dos dados ocorreu por meio do acesso a imagens de satélites da área, adquiridas e processadas através de computação em nuvens, utilizando programação computacional a partir do *Google Earth Engine* (GEE).

Foram selecionadas imagens do Landsat 5 e do Landsat 8 devido a sua gratuidade e abrangência temporal, já que, para alcançar os objetivos, era necessária uma série temporal que abrangesse anos antes do início das obras da transposição até o período atual (USGS, 2021a; USGS 2021c). Deste modo, as imagens do sensor TM (*Thematic Mapper*), a bordo do Landsat 5, foram selecionadas para uma série temporal de doze anos (2000-2012) e as do sensor OLI (*Operational Land Imager*) a bordo do Landsat 8 para um período de nove anos (2013-2021).

Considerando que a data final de disponibilidade das imagens do Landsat 5 é 05 de maio de 2012, e que o início da disponibilidade de imagens do Landsat 8 é de 18 de março de 2013 no GEE,

não foi possível determinar a média anual dos anos de 2012 e 2013 devido a formação de uma janela temporal de 9 meses entre o término e início dos produtos. A partir da obtenção das imagens Landsat, realizou-se a operação de bandas multiespectrais para obtenção dos valores do índice NDWI.

Através do modelo proposto por McFeeters (1996), foram utilizadas as reflectâncias das bandas do verde e infravermelho próximo, de acordo com a Equação 1. No Landsat 5 a banda verde corresponde a banda 2 (0.52 - 0.60 μm) e a banda infravermelho próximo à banda 4 (0.76 - 0.90 μm), já para o Landsat 8 foram utilizadas as bandas 3 (verde, 0.525 - 0.600 μm) e banda 5 (infravermelho próximo, 0.845 - 0.885 μm).

$$NDWI = \frac{\text{banda verde} - \text{infrav.próximo}}{\text{banda verde} + \text{infrav.próximo}} \quad (1)$$

Com a aplicação desse procedimento gerou-se uma nova imagem cujos valores dos pixels variam entre -1 e 1, sendo 0 o valor limiar para identificar a presença de água. Para o $NDWI > 0$ tem-se áreas com presença de água, e para o $NDWI \leq 0$ não ocorre a presença de água na superfície do terreno (RODRIGUES *et al.*, 2017). Assim, na imagem gerada a partir do cálculo do NDWI, as feições de solo e vegetação são minimizadas e os corpos d'água são evidenciados (GIL *et al.*, 2019).

As bandas utilizadas no estudo, provenientes das missões do Landsat 5 e Landsat 8, possuem resolução espacial de 30 metros e resolução temporal de 16 dias. Entretanto, por se tratar de uma região extensa, a resolução espacial foi degradada para 250 metros visando otimizar o processamento. Quanto à resolução temporal, as imagens foram processadas de modo a obter uma média mensal, e a partir dessas médias mensais foram obtidas as médias anuais. As análises dos resultados foram conduzidas pela análise espacial da variação anual do NDWI através da geração de mapas para bacia para cada ano do período de 20 anos, possibilitando uma melhor distinção de determinados alvos.

A fim de investigar a relação a variação da concentração de água com a variação pluviométrica da área de estudo, foram utilizados dados do produto *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station* (CHIRPS), desenvolvido pelo *United States Geological Survey* (USGS), que apresenta dados de precipitação alta resolução espacial e (0,05°) e temporal (diária) (FUNK *et al.*, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para região de estudo, foram considerados os valores de NDWI dentro dos intervalos 0,2 a 1,0 (superfícies de água), 0,0 a 0,2 (áreas com inundação ou umidade), -0,3 a 0,0 (seca moderada ou superfície sem água) e de -1,0 a -0,3 (seca ou sem água). Na espacialização da média anual do NDWI para o período de 2000-2021, Figura 2, percebe-se que até o ano de 2011 as áreas inundadas ou com a presença de umidade eram maiores e mais representativas, apresentando valores na faixa de 0,0 a 0,2 (Figura 2 -

A à L) no intervalo de abrangência do NDWI. Por outro lado, observa-se que entre os anos de 2014 a 2021 (Figura 2- M à T) há um aumento considerável na faixa de -0,3 a 0,0 que representa as áreas de superfícies sem água ou com seca moderada.

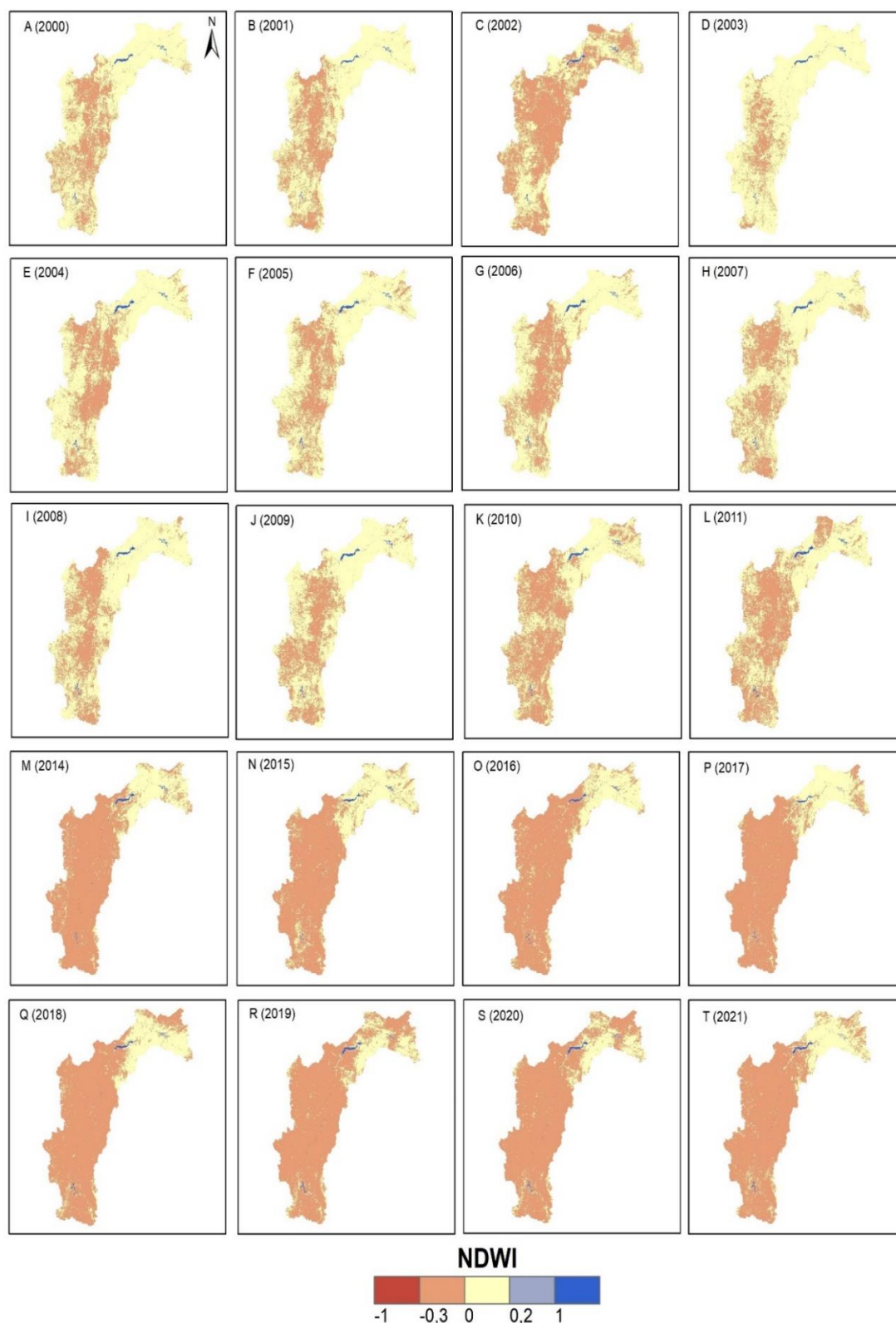


Figura 2 – NDWI da Bacia do Rio São Francisco

Essa variação significativa encontrada do NDWI pode estar relacionada a três condições: os fatores do comportamento espectral dos satélites, a variação pluviométrica da região e as variações de uso do solo e da água devido a transposição.

A primeira semelhança a ser observada é que no período de 2000 a 2011, que apresentou maiores áreas inundadas ou com a presença de umidade, o índice foi calculado a partir das imagens de Landsat 5. Ao utilizar o novo conjunto de imagens, os de Landsat 8 para o período de 2014 a 2021, houve um aumento considerável nas áreas de superfícies sem água ou com seca moderada. She et *al.* (2015) falam de sutis diferenças nas características dos sensores e algoritmos de geração de índice de vegetação, onde os índices respondem de forma diferente a sazonalidade dos vários tipos de cobertura vegetal. Apesar disso, em suas discussões e resultados, apresenta que o resultado dos dados medidos no solo mostrou que a diferença em índices de vegetação devido às diferenças de passagem de banda entre OLI e ETM+ pode ser desprezada em circunstâncias ideais. Ainda assim, alguns estudos buscam analisar a continuidade entre os sensores da mesma série de satélites, considerando características do sensor, tempo de passagem, sistema de varredura, efeito angular, entre outros fatores que poderiam contribuir para essa diferenciação.

Ao relacionar a variação encontrada do NDWI e a variação anual pluviométrica para a série temporal de 22 anos (Figura 3), identifica-se uma tendência de crescimento e diminuição dos valores do índice diretamente relacionados ao regime pluviométrico da região. A média de precipitação para o período total foi de 893 mm/ano. Para o período em que foram obtidos os maiores valores do NDWI (2000-2011), são observadas médias pluviométricas de 944 mm/ano, acima da média para o período total estudado. Quanto aos anos em que houve diminuição dos valores do NDWI (2014-2021), a média pluviométrica foi de 835 mm/ano, abaixo da média do período.

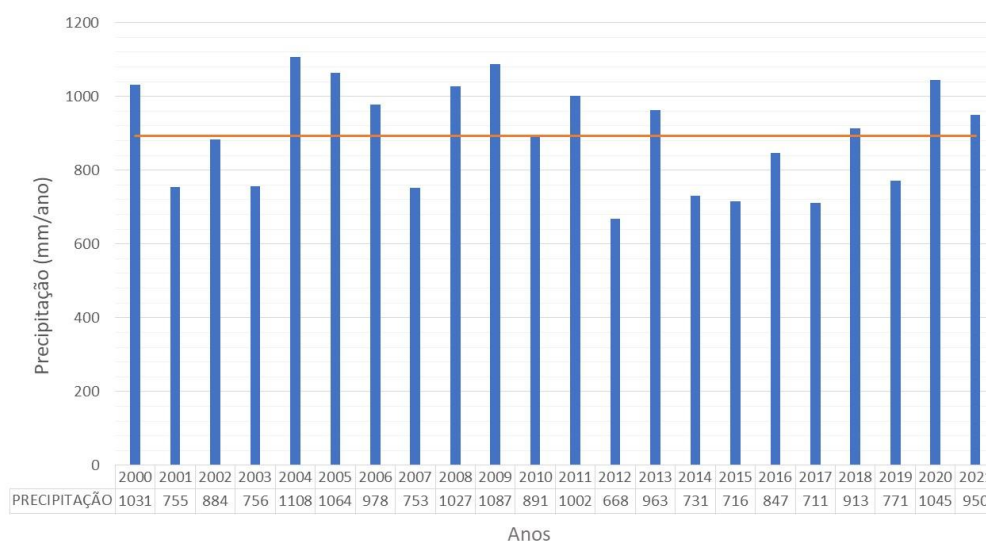


Figura 3 – Variação anual de precipitação para série temporal de 22 anos.

O resultado encontrado é condizente com o esperado para a região. Diversos estudos realizados avaliam o comportamento da precipitação e os eventos de seca na bacia do São Francisco. Freitas et al. (2021), fez uso do SPI para identificar os eventos hidrológicos de seca de 1979 a 2020 e analisar as anomalias atmosféricas e padrões oceânicos associados aos meses anômalos da estação chuvosa seca, apresentando que o mais o mais longo e severo episódio de seca hidrológica sobre a bacia ocorre exatamente entre 2012 e 2020, que coincide com o encontrado no cálculo do NDWI (Figura 2).

A variação significativa do NDWI ao longo dos anos também pode ser influenciada devido às obras da transposição do Rio São Francisco que se iniciaram em 2005, além da criação de novos reservatórios. Pereira (2019), cita que, em 2017, alguns trechos da transposição do no estado da Paraíba foram concluídos, o que pode ter contribuído para mudança de faixa do NDWI. Segundo um estudo recente realizado pelo MapBiomas (2022), entre 1985 e 2020 a bacia do São Francisco perdeu quase 50% da sua superfície de água natural e as ações humanas trouxeram um aumento de 13% da superfície da água através dos reservatórios. Ainda, enfatiza que a bacia sofre com o uso intenso e sem planejamento, tanto dos recursos hídricos como do solo, evidenciando a necessidade de execução de um projeto de revitalização, previsto desde o início do projeto, mas que nunca foi realizado.

Ao gerar o mapa da variação espacial do valor médio do NDWI para o intervalo considerado de 20 anos (Figura 4), observou-se que as regiões mais úmidas se encontram mais a nordeste da bacia do São Francisco na porção que abrange os estados de Pernambuco e Alagoas, enquanto as mais secas encontram-se a sudeste abrangendo os estados da Bahia e Minas Gerais (Figura 4-a).

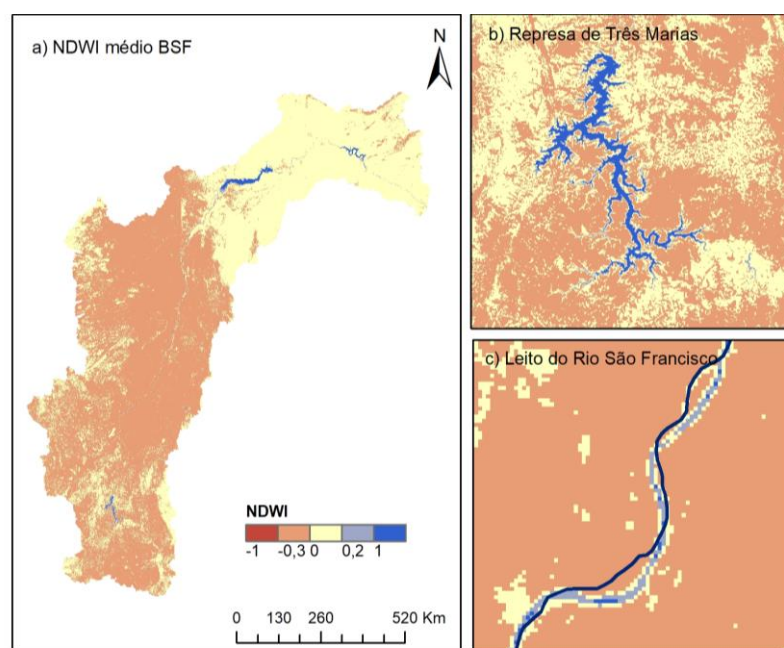


Figura 4 – Variação espacial do valor médio do NDWI

Ainda, foi possível verificar que o índice conseguiu caracterizar bem as regiões com presença

de água, tais como regiões com grande volume de água à exemplo da área da represa das Três Marias (Figura 4-b), e as regiões do leito do Rio principal e de alguns de seus afluentes (Figura 4-c). Paredes-Trejo et al. (2021), que analisou os impactos entre os diferentes tipos de secas para entender suas características de curto e longo prazo em toda a bacia do rio São Francisco, notou que foi evidenciado uma tendência de secagem em uma escala de tempo anual na parte centro e sul da bacia hidrográfica

CONCLUSÃO

O NDWI demonstrou-se como uma ferramenta imprescindível para o mapeamento de superfícies com a presença de água, representando de forma satisfatória os corpos d'água, tanto em regiões com grande concentração de massa de água, como na represa dos meandros do leito do rio principal. A utilização da ferramenta GEE para aplicação do índice permitiu automatização da pesquisa, evitando custo computacional relacionado à download das imagens, filtragem de nuvens e armazenamento local, agregando rapidez e permitindo análise mais detalhada dos resultados gerados.

A espacialização dos dados gerados permitiu perceber que, com a conclusão da obra de alguns trechos da transposição, a concentração de água começou a sofrer alteração, principalmente a partir de 2014, onde, atrelado as condições pluviométricas da região, áreas úmidas tornaram-se mais secas ou sem presença de água. Por outro lado, destaca-se que este estudo teve como enfoque a avaliação espacial da variação anual, considerando os pixels classificados como regiões com a presença de água. Assim, aspectos relacionados ao terreno ou ao tipo de solo não foram contemplados, abrindo margem para a realização de trabalhos futuros, tendo em vista as características diversas da bacia.

REFERÊNCIAS

- CASTRO, C. N. (2011). *“Transposição do Rio São Francisco: Análise de oportunidade do Projeto”*. IPEA - Texto para Discussão (1577), pp. 7-56.
- CBHSF (2015). COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO. Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco 2016- 2025. Salvador, 2015. Disponível em: < <https://cbhsaofrancisco.org.br/documentacao/plano-de-recursos-hidricos-2016-2025/>>. Acesso em: 20 jun. 2022.
- FREITAS, A.A.; DRUMOND, A.; CARVALHO, V.S.B.; REBOITA, M.S.; SILVA, B.C.; UVO, C.B. (2022). *“Drought Assessment in São Francisco River Basin, Brazil: Characterization through SPI and Associated Anomalous Climate Patterns”*. Atmosphere 2022, 13, 41.
- FUNK, C.; PETERSON, P.; LANDSFELD, M.; PEDREROS, D.; VERDIN, J.; SHUKLA, S.; HUSAK, G.; ROWLAND, J.; HARRISON, L.; HOELL, A.; MICHAELSEN, J. (2015). *“The climate hazards infrared precipitation with stations - A new environmental record for monitoring extremes”*. Scientific Data, 2 (1), p. 1-21.
- GIL, A. P.; PADOVANI, C. R.; COELHO, A. L. N. (2019). *“Comparação entre NDWI e MNDWI*

para o mapeamento de áreas inundadas no Pantanal do Taquari” in Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Santos, Abr. 2019.

USGS (2021a). “*Landsat Missions: Landsat 5*”. Disponível em: <<https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat7>>. Acesso em: 28 de junho de 2022.

USGS (2021b). “*Landsat Missions: Landsat 8*”. Disponível em: <<https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat7>>. Acesso em: 28 de junho de 2022.

MAPBIOMAS (2022). Bacia do São Francisco: Dia nacional em defesa do Rio São Francisco. Disponível em: <<https://tinyurl.com/2p9xhwje>>. Acesso em: 29 de junho de 2022.

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 17 (7), pp. 1425-1432.

MI (2004a). “*Relatório de Impacto Ambiental (RIMA)*” in Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional, Brasília - DF. Disponível em: <<http://www.integracao.gov.br/saofrancisco/integracao/rima.asp>>. Acesso em: 28 de junho de 2022.

PIRES, A. P. N. (2019). “*Estrutura e objetivos da transposição do rio São Francisco: versões de uma mesma história*”. GeoUSP - Espaço e Tempo (Online) 23 (1), pp. 182-197.

PAREDES-TREJO, F.; BARBOSA, H.A.; GIOVANNETTONE, J.; KUMAR, T.V.L.; THAKUR, M.K.; BURITI, C.D.O.; UZCÁTEGUI-BRICEÑO, C. (2021). “*Drought Assessment in the São Francisco River Basin Using Satellite-Based and Ground-Based Indices*”. Remote Sens. 13, 3921.

PEREIRA, G. R. DA SILVA JÚNIOR, M. M.; DA SILVA BARBOSA, A. H (2019). “*Mapeamento dos Espelhos D’água de Reservatórios da Paraíba: Estudo de Caso da Transposição do Rio São Francisco*” in Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Santos-SP, Abr. 2019.

RODRIGUES, W. B.; MOIRAIS, F.; PASCHOAL, L. G. (2017). “*Índice de diferença normalizada da água (NDWI) calculado para estações chuvosas e secas na bacia do córrego Barreiro, Lagoa da Confusão – TO*” in Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, Campinas-SP.

SANTOS, M.O.; BARRETO, I. D. C.; SILVA, I. M. L.; STOSIC, T. (2017). “*Avaliação das alterações hidrológicas da bacia do rio São Francisco causadas pela construção da usina hidrelétrica de Sobradinho*”. Scientia Plena 13 (11), pp. 1 – 11.

SEDEÑO-DÍAZ, J. E.; LÓPEZ-LÓPEZ, E. (2021). “*The influence of climate change on river corridors in Drylands: The case of the Tehuacán-Cuicatlán Biosphere Reserve*”. Frontiers in Environmental Science 9, Article Number 681703.

SHE, X.; ZHANG, L.; CEN, Y.; WU, T.; HUANG, C.; BAIG, M.H.A. (2015). “*Comparison of the Continuity of Vegetation Indices Derived from Landsat 8 OLI and Landsat 7 ETM+ Data among Different Vegetation Types*”. Remote Sens. 2015, 7, 13485-13506.

SILVEIRA, C. S.; SOUZA FILHO, F. A.; MARTINS, E. S. P. R.; OLIVEIRA, J. L.; COSTA, A. C.; NOBREGA, M. T.; SOUZA, S. A.; SILVA, R. F. V. (2016). “*Mudanças climáticas na bacia do rio São Francisco: Uma análise para precipitação e temperatura*”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos 21(2), pp. 416 – 428.