

ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DO ESPELHO D'ÁGUA DO AÇUDE TRUSSU ATRAVÉS DE SENSORIAMENTO REMOTO

MATEUS LIMA SILVA¹, VINÍCIUS BITENCOURT CAMPOS CALOU², ALEXANDRE REUBER ALMEIDA DA SILVA³

¹ Departamento de Engenharia Agrícola, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Rodovia Iguatu - Várzea Alegre, km 05 s/n - Cajazeiras, 63500-000, Iguatu, Ceará, Brasil. mateuslimasilva5@gmail.com

² Departamento de Ensino, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Rodovia Iguatu - Várzea Alegre, km 05 s/n - Cajazeiras, 63500-000, Iguatu, Ceará, Brasil. vinicius.calou@ifce.edu.br

³ Departamento de Ensino, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Rodovia Iguatu - Várzea Alegre, km 05 s/n - Cajazeiras, 63500-000, Iguatu, Ceará, Brasil. alexandre.reuber@ifce.edu.br

RESUMO: Devido a irregularidade das chuvas é de suma importância em regiões semiáridas o armazenamento e a distribuição de água para consumo e irrigação, devido a irregularidade das chuvas. O espelho d'água pode ser descrito como a superfície contínua exposta à atmosfera de corpos hídricos. Deste modo, objetivou-se, analisar a espacialização do espelho d'água do Açude Trussu, localizado no Ceará, através de imagens dos satélites Landsat 7 e 8, durante período de estiagem e comprovar correlação estatística entre o volume do reservatório e índices pluviométricos no período de 2011 a 2022. Utilizou-se o Índice de Água de Diferença Normalizada (NDWI) nas imagens para realçar os corpos hídricos. Para correlação estatística usou-se o método de Spearman, em que, para correlações envolvendo índices pluviométricos, considerou-se a variação de volume armazenado e do espelho d'água em relação ao ano anterior. Dos resultados obtidos, evidencia-se que entre 2011 e 2019 o reservatório teve uma variação de -1.749,99 hectares de espelho d'água. O espelho d'água está positivamente correlacionado com o volume armazenado (0,993), e ambos apresentaram correlação com os índices pluviométricos, 0,818 e 0,627 respectivamente.

Palavras-chaves: NDWI, estiagem, reservatório.

SPATIAL-TEMPORAL ANALYSIS OF THE WATER MIRROR OF TRUSSU DAM THROUGH REMOTE SENSING

ABSTRACT: The storage and distribution of water for consumption and irrigation is of paramount importance in semi-arid regions due to the irregularity of rainfall. The water mirror can be described as the continuous surface exposed to the atmosphere of water bodies. The aim was therefore to analyse the spatialization of the water mirror of the Trussu Dam, located in Ceará, using images from the Landsat 7 and 8 satellites, during the dry season and to prove a statistical correlation between the volume of the reservoir and rainfall indices for the period 2011 to 2022. The Normalized Difference Water Index (NDWI) was used in the images to highlight the water bodies. Spearman's method was used for statistical correlation. For correlations involving rainfall indices, the variation in stored volume and water mirror in relation to the previous year was considered. The results show that between 2011 and 2019 the reservoir had a variation of -1,749.99 hectares of water mirror. The water mirror is positively correlated with the stored volume (0.993), and both were correlated with the rainfall indices, 0.818 and 0.627 respectively.

Keywords: NDWI, drought, reservoir.

1 INTRODUÇÃO

As regiões semiáridas são caracterizadas, de modo geral, pela irregularidade climática, pela escassez hídrica, pela imprevisibilidade das precipitações pluviométricas, por longos períodos de estiagens e por consequências diretas sobre a economia e a população (Dantas, 2017).

Essas características influenciam diretamente na gestão dos recursos hídricos. Necessitou-se de métodos que viabilizassem a disponibilidade de água seja para agricultura quanto para o consumo direto, a construção de barreiras artificiais em cursos de água resultou em lagos artificiais (açudes) que são utilizados para suprir as necessidades hídricas da população nordestina.

Dessa forma, se torna de elevada importância o monitoramento das condições dos reservatórios de armazenamento de água. Os espelhos d'água são, no contexto da gestão dos recursos hídricos, as superfícies contínuas de água de um corpo hídrico exposta à atmosfera, correspondendo, em geral, à área ocupada por esse corpo d'água, seja um lago, lagoa, açude, reservatório de barragem etc.

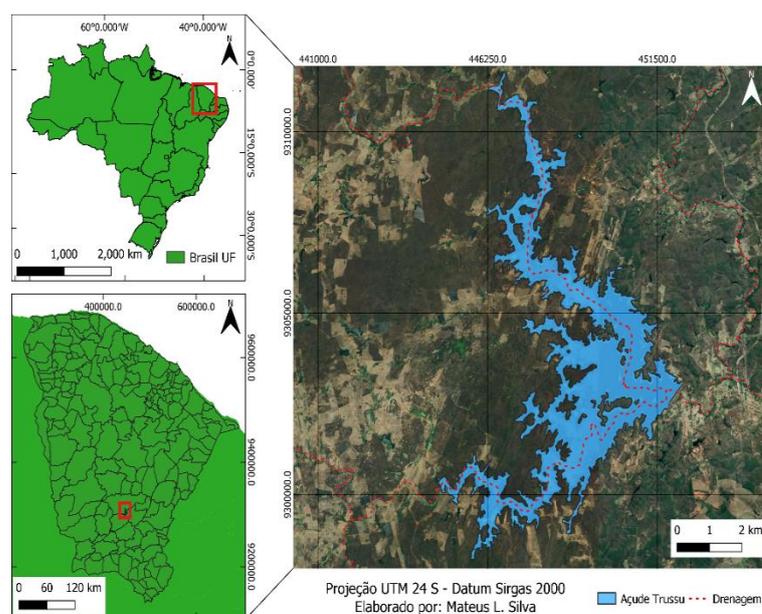
Segundo Verpoorter, Kutser e Tranvik (2012), por se tratar de uma superfície visível do espaço, o sensoriamento remoto, através de imagens de satélites, tem sido de grande ajuda nas tomadas de decisões e no monitoramento do volume dos reservatórios, diversos autores têm trabalhado com essa metodologia objetivando observar as variações do espelho d'água (Barbosa *et al.*, 2021; Sousa *et al.*, 2022).

Assim, o presente trabalho teve como objetivo analisar a variação do espelho d'água do açude Trussu no Estado do CE, entre períodos de seca e de cheia (2011 a 2022), a partir de imagens de satélites, correlacionando com o volume obtido em campo e com os índices pluviométricos da região.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O reservatório analisado (Figura 1), de coordenadas $6^{\circ}17'12''S$ e $39^{\circ}27'53''O$, situado na cidade de Iguatu na região Centro-sul cearense, foi construído sobre o leito do rio Trussu, com capacidade de $268.800.000 \text{ m}^3$, sendo nomeado de Açude Roberto Costa, ou popularmente conhecido como Açude Trussu. O açude está localizado na região climática do semiárido.

Figura 1. Localização do açude Trussu, CE. Iguatu, Ceará.



Fonte: O autor

A janela de monitoramento foi de 2011 a 2022, com imagens adquiridas no mês de julho, período posterior à época chuvosa da região. As imagens utilizadas foram obtidas dos satélites Landsat 7 e Landsat 8 através do Sistema Geológico dos Estados Unidos - USGS (United States Geological Survey). As imagens foram submetidas ao processo de conversão para TOA Refletância (Top of Atmosphere Reflectante) através da calculadora raster do software QGIS 3.28.3. Utilizou-se o Índice de Água de Diferença Normalizada (NDWI), conforme Equação 1:

$$NDWI = \frac{Green - NIR}{Green + NIR} \quad (1)$$

Em que, Green = comprimento de onda do verde (0.525 - 0.600 μm), NIR = corresponde ao comprimento de onda do infravermelho próximo (0.845 - 0.885 μm). Landsat 7: Green = Banda 2; NIR = Banda 4; Landsat 8: Green = Banda 3; NIR = Banda 5.

O NDWI é utilizado para destacar as características da água numa imagem de satélite. Para o cálculo do índice, a reflectância do solo e da vegetação é consideravelmente reduzida, permitindo que a massa de água seja mais visível. Após a aplicação do índice, as imagens foram submetidas ao processo de reclassificação a partir da ferramenta r.reclass do GRASS GIS. Para classificação, valores do NDWI entre 0,2 e 1 foram identificados como água, seguindo a classificação feita por Özelkan

(2020). As imagens reclassificadas passaram pelo processo de vetorização, separando então massa d'água de qualquer outro alvo que não fosse o objeto de estudo deste trabalho. Os dados de volume foram obtidos através do Portal Hidrológico do Ceará disponibilizado pela COGERH (2023), sendo do mesmo dia, mês e ano das imagens obtidas.

Os índices pluviométricos foram adquiridos na plataforma "Calendário de Chuvas" no site da FUNCEME (2023), sendo esses referentes aos meses anteriores à data das imagens (janeiro a junho) na região hidrográfica do Alto Jaguaribe. As correlações foram calculadas através do teste de correlação de Spearman. Para os dados de chuva levou-se em consideração apenas a variação do espelho d'água (EDA) e volume em relação ao ano anterior.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

É possível observar na Tabela 1 as variações do espelho d'água, volume do açude e os índices pluviométricos na região no ano especificado. Dentre os anos de 2011 a 2019, o açude apresentou recuo na área do espelho d'água, assim como no volume, é possível observar também que os índices pluviométricos durante esse período foram decrescendo. Em 2011, onde o açude alcançou seu volume máximo, choveu 716,3 mm, no ano seguinte choveu 335,7 mm a menos, iniciando um período de seca no reservatório.

Tabela 1. Volume, espelho d'água do açude Trussu e índices pluviométricos na região hidrográfica do Alto do Jaguaribe entre janeiro e junho.

Período	Volume (%)	EDA (ha)	Chuvas (mm)
2011	100	2027,93	716,3
2012	89,89	1991,27	380,6
2013	69,96	1504,10	367,2
2014	52,76	1151,85	475,3
2015	32,72	929,30	420,4
2016	19,41	796,90	407,3
2017	11,38	597,76	415,5
2018	6,55	481,13	486,7
2019	1,85	277,94	537,1
2020	22,08	820,59	755,6
2021	28,60	849,14	545,2
2022	43,65	894,18	717,5

¹Espelho d'água (EDA); Chuvas referentes à região hidrográfica do Alto Jaguaribe entre Janeiro e Junho do ano especificado.

Fonte: O autor

Estatisticamente, o espelho d'água está positivamente correlacionado com o volume armazenado (0,993). Sendo assim, o volume armazenado influenciou diretamente na espacialização do espelho d'água.

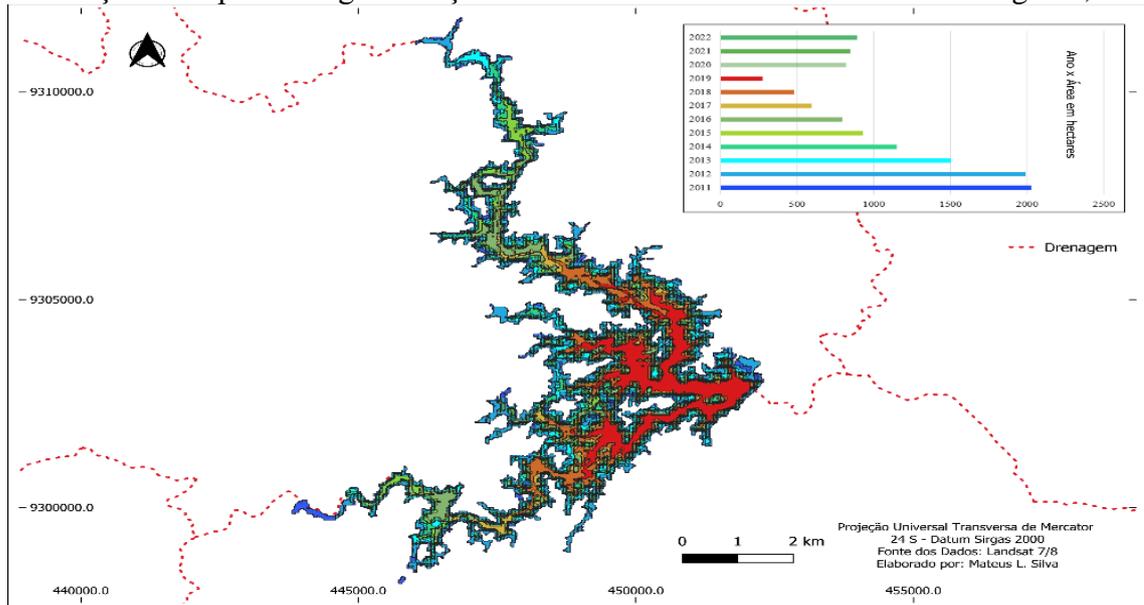
Foi comprovado também que os índices pluviométricos influenciaram na variação de volume e de espelho d'água, onde a correlação entre precipitação e variação de volume armazenado apresentou um valor de 0,818, apontando uma forte correlação. Já entre EDA (espelho d'água) e precipitações, o valor foi de 0,627.

Não é possível encontrar essa correlação estatisticamente significativa em todos os

reservatórios, em virtude das características topográficas e de consumo de cada corpo hídrico, assim como destacou Sousa *et al.* (2022) que não conseguiu correlacionar as variáveis em um açude no Ceará.

Na Figura 2, observa-se que de 2011 a 2019 o espelho d'água teve uma variação de - 1.749,99 hectares, porém, após esses 8 anos de recuo, em 2020 o reservatório começou a apresentar expansão, com o aumento do volume recorrente do crescimento dos índices pluviométricos e, em 2022, aumentou 616,24 hectares em relação a 2019.

Figura 2. Variação do espelho d’água do açude Trussu entre os anos de 2011 e 2022. Iguatu, Ceará.



Fonte: O autor

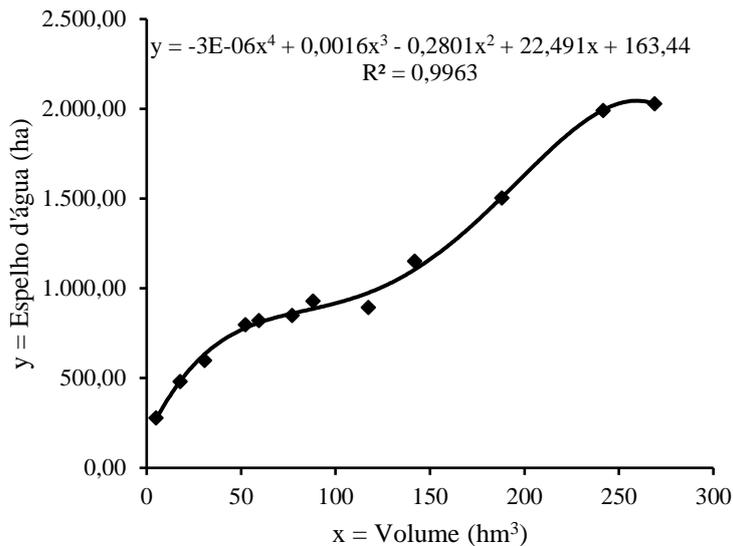
As variações espaço-temporais obtidas vão de encontro às encontradas por Silva *et al.* (2021) que estudou essas variações de espelho d’água durante os anos de seca no estado do Ceará, mostrando que o açude Trussu seguiu a tendência dos demais reservatórios de região.

Através dos dados adquiridos é possível gerar uma linha de tendência juntamente com

uma equação que possa mensurar a dimensão do espelho d’água tendo em posse apenas o valor do volume.

A equação da figura 3 apresentou R² igual a 0,9963, demonstrando que as previsões aproximam bem dos valores reais. Importante frisar que essa equação é eficiente apenas para o reservatório mencionado nesse trabalho.

Figura 3. Variação do espelho d’água do açude Trussu, Ceará em função da variação de volume e equação polinomial. Iguatu, Ceará.



Fonte: O autor

4 CONCLUSÕES

As imagens de satélite, juntamente com as técnicas de sensoriamento remoto foram efetivas para monitoramento da espacialização da dinâmica espaço-temporal do espelho d'água do açude Trussu.

Possibilitou a elaboração de uma linha de tendência e uma equação polinomial que tem como objetivo prever o espelho d'água através do volume.

Índices pluviométricos influenciaram estatisticamente no volume e no espelho d'água do açude Trussu durante os anos de 2011 a 2022.

5 REFERÊNCIAS

BARBOSA, A. H. S.; CUELLAR, M. D. Z.; MOREIRA, M. M.; ALVES, K. Seis anos de seca: Análise Espaço-temporal dos Espelhos d'água dos Reservatórios do Ceará por Sensoriamento Remoto. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 14, n. 4, p. 2220-2241, 2021.

COGERH. **Portal Hidrológico do Ceará**. Fortaleza: Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos, 2023. Disponível em: <http://www.hidro.ce.gov.br/>. Acesso em: 25 fev. 2023.

VERPOORTER, C.; KUTSER, T.; TRANVIK, L. Automated mapping of water bodies using Landsat Multispectral data. **Limnology and Oceanography: Methods**, Washington, v. 10, n. 12, p. 1037-1050, 2012.

DANTAS, S. P. **Açudagem no nordeste brasileiro e no Ceará**: estimativa de evaporação do açude Castanhão em um ano seco. 2017. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

FUNCEME. **Calendário de Chuvas do Estado do Ceará**. Fortaleza: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, 2023. Disponível em: <http://www.funceme.br/app-calendario/>. Acesso em: 25 fev. 2023.

ÖZELKAN, E. Water Body Detection Analysis Using NDWI Indices Derived from Landsat-8 OLI. **Polish Journal of Environmental Studies**, Olsztyn, v. 29, n. 2, p. 1759-1769, 2020.

SOUSA, A. A. D.; LIRA, M. A. T.; OLIVEIRA, U. C. de; MENDES JÚNIOR, C. A. Análise Multitemporal do Espelho d'água do Açude Jaburu I por Meio de Ferramentas de Sensoriamento Remoto nos Anos de 2013 a 2020. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 37, p. 233-241, 2022.