

ESTIMATIVA DE BATIMETRIA POR SENSORIAMENTO REMOTO DE RESERVATÓRIO NO SEMIÁRIDO COM O USO DE MODELOS DE REGRESSÃO

ROCHA, A. H. G.¹; DA SILVA, F. G.²; ALBA, E.³; NASCIMENTO, A. H. C.³; BEZERRA, A. C.³;

¹Discente do Curso de agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Serra Talhada;

²Discente do Curso de Engenharia de Pesca da Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Serra Talhada;

³Docente do curso de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco – Departamento de Agronomia

RESUMO

Os reservatórios de água são importantes para o abastecimento de diversos setores, principalmente em locais semiáridos, que por muitas vezes passam por tempos de escassez hídrica e necessitam de que a água seja armazenada em locais para seu uso posteriormente. Com a necessidade de que haja sempre a disponibilidade de água, o monitoramento se faz necessário, este que hoje pode ser feito através de sensoriamento remoto. O sensoriamento remoto com auxílio de tecnologias que permitem uma melhor caracterização e processamento de imagens, como o uso do Google Earth Engine, plataforma de processamento em nuvem, que abrange diversos satélites, dentre eles o Sentinel-2, que possui ótima resolução espacial e temporal. Reunindo as ferramentas necessárias, e utilizando modelos empíricos de regressão, como o exponencial e potencial, o monitoramento dos reservatórios através de análises das bandas dos espectros fornecidos pelos satélites, e do cálculo do NDWI, possibilita um maior entendimento da dinâmica dos processos que ocorrem nos locais e possibilita a melhor tomada de decisão com a análise dos resultados. O NDWI que teve como modelo o exponencial, teve o melhor ajuste no geral, com o período trimestral apresentando R² de 65,75%, valor que foi próximo a alguns outros períodos tanto do NDWI, quanto do IFP. O pior ajuste entre o NDWI e o IFP, foi no mensal do IFP com apenas 40,72%.

Palavras-chave: Sentinel; NDWI; Infravermelho próximo.

INTRODUÇÃO

Os reservatórios são importantes na acumulação de água, dispostos em locais estratégicos para melhor condução e garantia de vazão, fazendo necessário a gestão da água pelo monitoramento frequente e preciso. Em regiões de semiárido as chuvas são imprevisíveis e pode ocorrer períodos longos de estiagem, tornando ainda mais importante o monitoramento dos recursos hídricos. Pelas condições locais, o semiárido ocasiona uma maior perda de água nos reservatórios superficiais pela evaporação, dificultando ainda mais a garantia de água por um longo período (FILHO *et al.*, 2006; FILHO; MARTINS, 2009; SILVA, 2003).

Para o acompanhamento dos níveis de água dos reservatórios pode ser utilizada a batimetria, que mede a profundidade pelas curvas batimétricas, unindo pontos de mesma profundidade com equidistâncias verticais. É um tipo de levantamento que pode ser feito por

ecobatímetros ou pelo sensoriamento remoto, que pode identificar o volume represado, o grau de assoreamento ou a qualidade da água (AGUIAR, 2019; ANDOLFATO, 2009; ARAÚJO, 2011).

A batimetria pelo sensoriamento remoto vem se tornando cada vez mais presente, devido a esse método ser mais barato, simples e rápido de se fazer. É feito através da captação de energias eletromagnéticas de diversas faixas espectrais da superfície da terra, emitidas ou refletidas por um determinado objeto, unindo uma quantidade de informações que virão a ser extraídas e interpretadas após algumas etapas do processamento digital das imagens (CROSTA, 1999; LIU, 2015). As imagens obtidas pelos satélites possibilitam o uso de estimativas através de modelos empíricos, que os mais usados são o polinomial, logarítmico e exponencial. Há uma maior motivação do uso das imagens de satélite quando são obtidas de forma gratuita, como no caso do Sentinel-2 (ADAMO *et al.*, 2020; CREMON, 2015).

Além da disponibilidade de imagens gratuitas pela sentinel-2, ele possui vantagem de uma resolução espacial de 10m e período de revisita de a cada 5 dias. As imagens podem ser obtidas pela plataforma de processamento em nuvem, Google Earth Engine (GEE), que conta com uma série de recursos e ferramentas que auxiliam no tratamento das imagens, como por exemplo na redução de “ruídos” ou de nuvens, este que é um problema decorrente principalmente em épocas chuvosas (MARTINS, 2017; TRAGANOS *et al.* 2018)

O presente estudo teve como objetivo a avaliação de modelos de regressão por sensoriamento remoto do reservatório Jazigo, avaliando os melhores ajustes ao longo dos períodos estudados, para permitir um melhor monitoramento e uso do reservatório.

MATERIAL E MÉTODOS

Base de dados

A coleta de dados no campo ocorreu no dia 11 de novembro de 2021 no Jazigo, localizado no município de Serra Talhada (Figura 1). A trajetória do barco seguiu em “zig-zague” pelo reservatório para a aquisição de pontos de forma a contribuir para uma melhor representação dos dados, que totalizou 55 pontos.

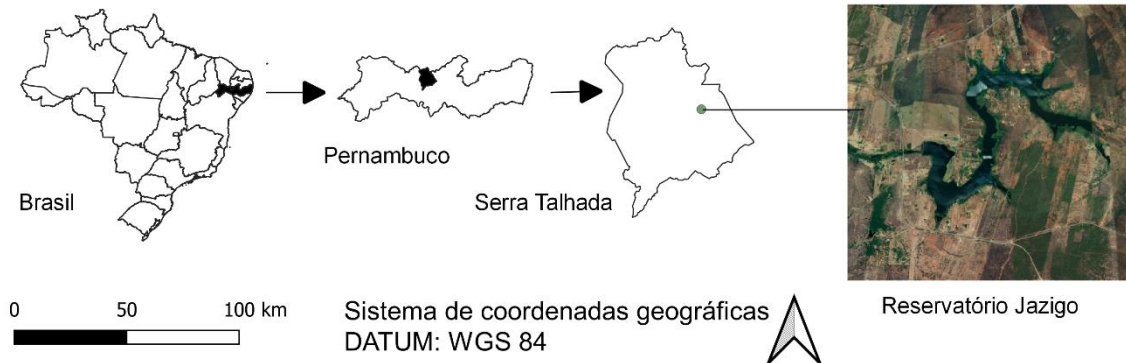


Figura 1. Localização geográfica espacial da área de estudo, Reservatório Jazigo, Serra Talhada, Pernambuco, Brasil.

Para a realização da batimetria, foi utilizado o ecobatímetro de modelo Garmin Fishfinder 160C para a medição indireta e um prumo com um fio para a medição direta. Através do GPS RTK (Modelo Stonex 850a) foram obtidas as coordenadas, de forma mais precisa devido às características desse modelo.

As imagens de satélite dos períodos de estudo dos dois reservatórios foram obtidas e processadas no ambiente do Google Earth Engine (GEE), utilizando o Sentinel-2, realizando uma correção atmosférica. Após a correção, os valores de reflectância das bandas do verde, vermelho, azul e infravermelho próximo foram coletados e determinado o índice normalizado de água (NDWI) utilizando a fórmula proposta por McFeeters (1996):

$$NDWI = (Green - NIR) / (Green + NIR)$$

Onde, Green representa a banda 3 do Sentinel-2 e NIR representa a banda 8 do Sentinel-2.

Em seguida, para identificar o melhor período para análise batimétrica por sensoriamento remoto, foram feitas diferentes composições temporais com imagem reduzida, utilizando o período mensal (11/OUT de 2021 a 12/NOV de 2021), trimestral (1/OUT de 2021 a 31/DEZ de 2021), semestral (1/JUL de 2021 a 31/DEZ de 2021) e anual (1/JAN de 2021 a 31/DEZ de 2021) por mediana do pixel do período de avaliação, além de uma imagem diária com a data de passagem de 11 de novembro de 2021.

Estimativa dos modelos de Regressão

Depois de gerada a imagem reduzida foi extraído os valores dos pixels dos valores de reflectâncias nas bandas mencionadas anteriormente. Em seguida, realizamos uma filtragem para a retirada de outliers, servindo então para as estimativas de modelos de regressão do tipo exponencial e potencial (Lima, Shinozaki-Mendes e Almeida, 2013). A análise da acurácia dos modelos foram estimadas pelo coeficiente de willmott - d - (Willmott, 1982), raiz do erro quadrático médio - RMSE e o coeficiente de determinação - R², foram utilizados para determinar a capacidade de predição). Os gráficos dos modelos gerados foram obtidos através dos pacotes GGPlot do ambiente R (R CORE TEAM, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Modelos de Regressão

Com a análise dos modelos de regressão do tipo exponencial e potencial utilizados no presente trabalho, são observados os melhores ajustes das variáveis observadas, sabendo qual possui uma maior influência. Através do desempenho observado, foi constatado que as bandas do verde, azul e vermelho tiveram pouca correlação e menores ajustes, portanto não foram considerados na proposição dos modelos e abordadas nas figuras 2 e 3. As maiores associação foram das bandas com a batimetria do infravermelho próximo (IFP) e NDWI.

Índice normalizado de água (NDWI)

Com o uso do modelo exponencial aplicado ao NDWI, foi observado melhor ajuste do R^2 para o período trimestral (Figura 2C) com 65,75%, com valor próximo ao observado no período diário (Figura 2A) apresentando 65,23% de ajuste. O menor valor, que teve menor influência do NDWI com a batimetria realizada pelo ecobatímetro foi observado no período mensal (Figura 2B), com o coeficiente de determinação (R^2) de 59,43%.

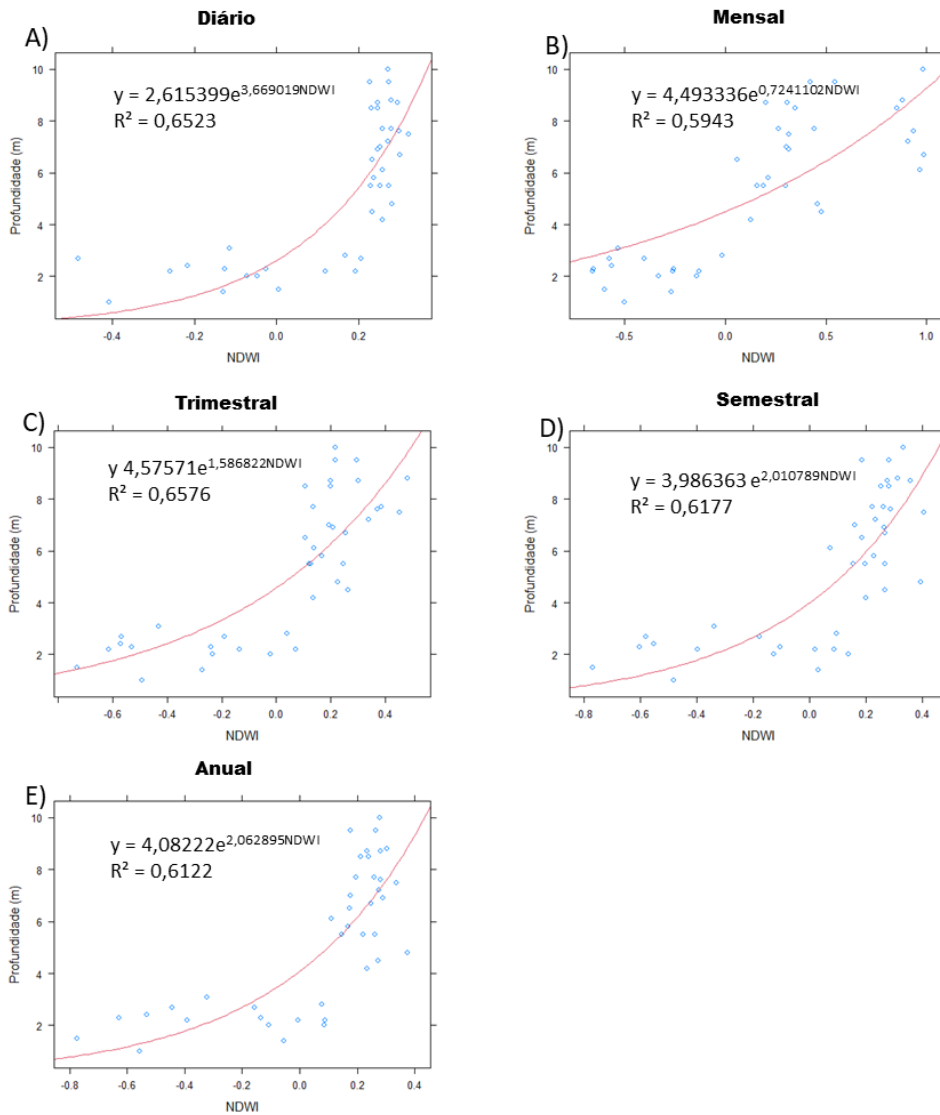


Figura 2. Modelo exponencial do NDWI dos períodos estudados para o reservatório Jazigo. (A) Diário; (B) Mensal; (C) Trimestral; (D) Semestral; (E) Anual.

Infravermelho próximo (IFP)

Com o uso do modelo potencial foi notado semelhança ao observado na com NDWI, com o IFP apresentando melhor desempenho no período trimestral (Figura 3C), com R^2 de 65%. O período semestral (Figura 3D) e anual (Figura 3E) tiveram ajustes próximos ao trimestral, com 64,44% e 64,52%, respectivamente. O mensal também teve menor ajuste do coeficiente de determinação, com apenas 40,75% de influência sobre a batimetria indireta.

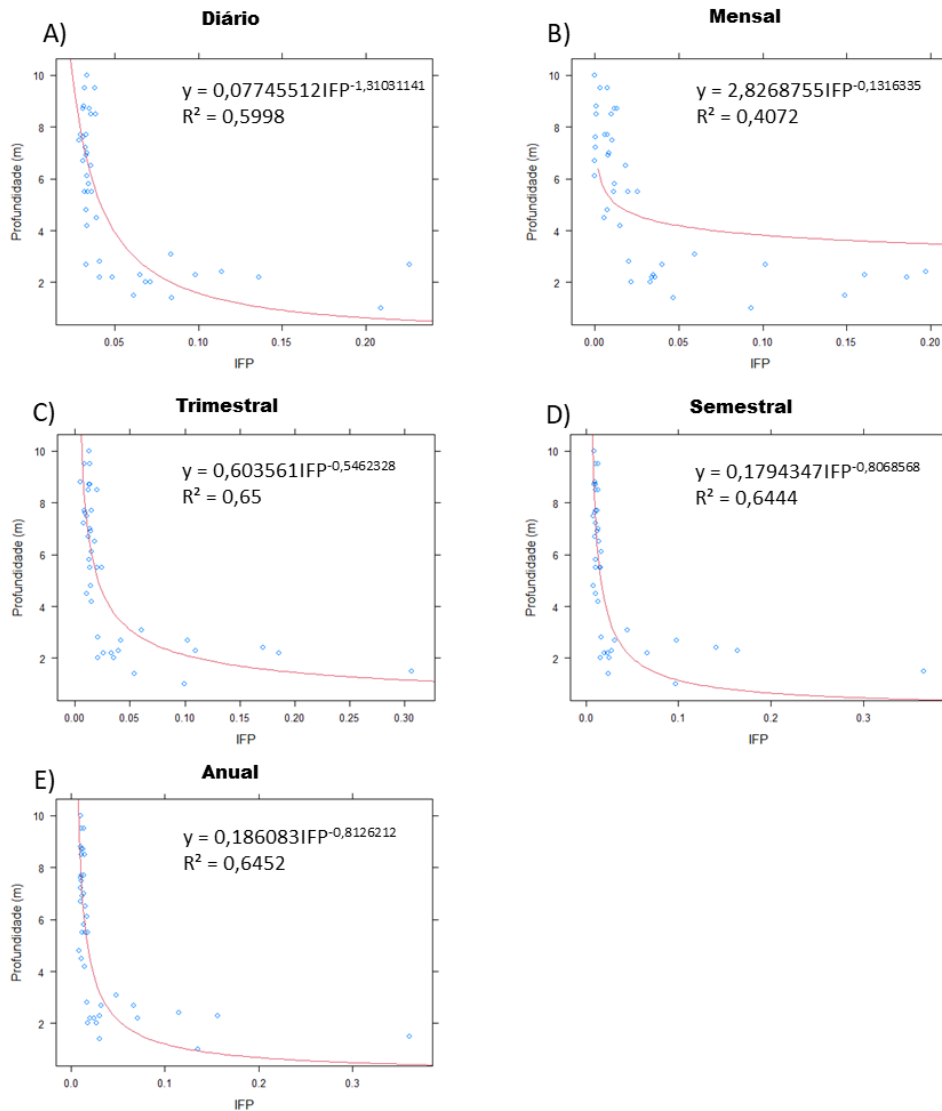


Figura 3. Modelo potencial do IFP dos períodos estudados para o reservatório Jazigo. (A) Diário; (B) Mensal; (C) Trimestral; (D) Semestral; (E) Anual.

De maneira geral, os resultados foram semelhantes entre as duas bandas analisadas, com o NDWI com melhor ajuste, porém com valores próximos aos encontrados em alguns períodos do IFP. Entre os períodos considerados, o pior dentre as duas análises foi o mensal do IFP, tendo o pior ajuste de todos os outros dados observados nas duas figuras anteriores.

Como mencionado, o NDWI do período trimestral foi o melhor ajuste com 65,75%, valor que mais se aproxima do encontrado em trabalho realizado por KRUG e NOERNBERG (2007) com a batimetria, encontrado um valor de 74,6% para o NDWI.

Jazigo

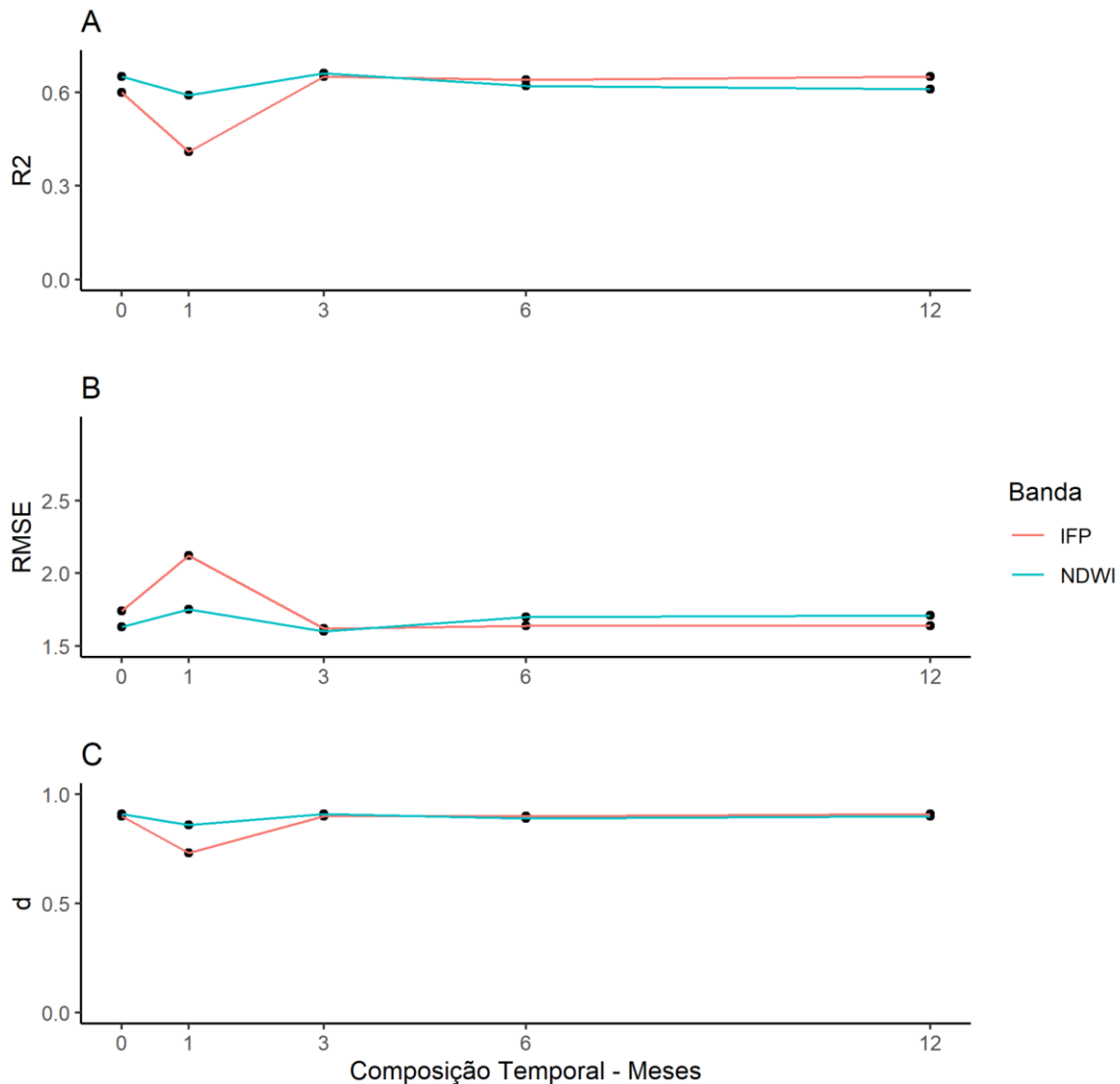


Figura 4. Estatísticas de Qualidade dos Modelos Não Lineares para o reservatório Jazigo ao longo do tempo de composição das imagens reduzidas: (A) R^2 (coeficiente de determinação); (B) RMSE (raiz do erro quadrático médio); (C) d (coeficiente de Willmott)

É observado que há uma relação inversamente proporcional entre o R^2 e o RMSE, onde ao longo dos períodos, valores crescentes no coeficiente de determinação, decrescem no RMSE. A partir do período trimestral, não houve muita variação nos dados observados, indicando a tendência de os valores permanecerem constantes. O coeficiente de Willmott apresentou

melhores valores justamente nas bandas abordadas anteriormente, no NDWI e IFP, com valores que chegaram até os 91%, sendo a menor amplitude de erros encontrada.

Em trabalho realizado por Traganos *et al.* (2018) foi encontrado o valor de 1,67m para o RMSE, valor que se aproximou de alguns pontos observados neste estudo, como no período semestral e anual do IFP com 1,64m, ou com o diário do NDWI, com 1,63m do RMSE.

CONCLUSÕES

As bandas do infravermelho próximo (IFP) e NDWI tiveram maior correlação com a batimetria.

O melhor ajuste do coeficiente de determinação (R^2) foi obtido no período trimestral do NDWI com 65,75% e o menor no mensal do IFP, com 40,72%. O menor erro quadrático médio (RMSE) foi encontrado no período trimestral do NDWI, com 1,60m.

REFERÊNCIAS

ADAMO, N.; AL-ANSARI, N.; ALI, S. H.; LAUE, J.; KNUTSSON, S. Dams Safety: Review of Satellite Remote Sensing Applications to Dams and Reservoirs. **Journal of Earth Sciences and Geotechnical Engineering**, v. 11, n. 1, p. 347–438, 2020.

AGUIAR, A.; IANNIRUBERTO, M.; BORGES, W.; ROIG, L.; TURQUETTI, G. N.; FRANÇA, P. Mapeamento topo-batimétrico de reservatório utilizando LIDAR e batimetria no Lago Paranoá–DF. In: **16TH INTERNATIONAL CONGRESS OF THE BRAZILIAN GEOPHYSICAL SOCIETY**. 2019. p. 1-4.

ANDOLFATO, S.; FRANCO, T. Levantamento topobatimétrico para determinação do leito e volume da represa do “Córrego dos Pereiras”. **Revista Agrogeoambiental**, v. 1, n. 1, 2009.

ARAÚJO, M. Modelo batimétrico da plataforma continental interna de Acaraú–Ceará–Brasil. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto–SBSR, Curitiba**, 2011.

CREMON, É.; CURTARELLI, M. P.; MONTANHER, O. C.; ROSSETTI, D. Modelo empírico para estimativa batimétrica em um rio amazônico de água clara. SBSR, João Pessoa-PB, 2015.

CROSTA, A. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. UNICAMP/Instituto de Geociências, 1999.

FILHO, C. Abastecimento de água. **Universidade Federal de Campina Grande–UFCG. Campina Grande, PB**, 2009.

FILHO, F.; MARTINS, E. O processo de mistura em reservatórios do semi-árido e sua implicação na qualidade da água. 2006.

KRUG, L.; NOERNBERG, M. O sensoriamento remoto como ferramenta para determinação de batimetria de baixios na Baía das Laranjeiras, Paranaguá-PR. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 25, p. 101-105, 2007.

LIMA, J. R. D. C.; SHINOZAKI-MENDES, R. A.; ALMEIDA, A. Q. DE. Estimativa da batimetria do açude do saco-pe com auxílio de dados orbitais. *Engenharia Agrícola*, v. 33, n. 5, p. 1017–1023, set. 2013.

LIU, W. **Aplicações de sensoriamento remoto**. Oficina de Textos, 2015.

MARTINS, R. **Cartografia de áreas ardidadas do norte de Portugal continental com recurso a imagens multiespectrais do satélite Sentinel-2**. 2017. Tese de Doutorado. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10451/31810>. Acesso em: 20 de março de 2022.

R CORE TEAM. R Development Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing, 2019.

SILVA, L.; FREITAS, M.; SILVEIRA, P. Aplicativo para Operação de Reservatórios em Situações de Escassez-Fase II. 2003.

TRAGANOS, D.; POURSANIDIS, D.; AGGARWAL, B.; CHRYSOULAKIS, N.; REINARTZ, P. Estimating Satellite-Derived Bathymetry (SDB) with the Google Earth Engine and Sentinel-2. *Remote Sensing*, v. 10, n. 6, p. 859, 1 jun. 2018.