



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgf>



Avaliação da qualidade da água do reservatório Nilo Coelho, Terra Nova, Pernambuco, Brasil

Nara Tôrres Silveira¹, Heitor Tôrres Silveira², Igor Maciel Tibúrcio³, Josicléda Domiciano Galvêncio⁴

¹Mestranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), nara.torres@ufpe.br (autora correspondente).

²Mestre em Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Sergipe (UFS), heitortorres17@gmail.com.

³Graduando em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), igormaciel013@gmail.com.

⁴Professora do Departamento de Ciências Geográficas e do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Bolsista de pesquisa do CNPq. Pesquisador Mentor da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), josicleda.galvencio@ufpe.br.

Artigo recebido em 19/08/2022 e aceito em 11/10/2022

RESUMO

O Nordeste brasileiro possui uma relação característica com os recursos hídricos, já que nessa região a escassez dos recursos hídricos pode ser associada a fatores naturais, acentuada pelas atividades antrópicas nas bacias, que interferem na degradação da qualidade da água. O presente estudo teve como objetivo analisar a qualidade da água do reservatório Nilo Coelho, Terra Nova, utilizando o Índice de Qualidade da Água (IQA) proposto pelo CETESB, associado ao uso e ocupação do solo na área de entorno do reservatório. Foram utilizados os dados disponibilizados pelo portal HidroWeb da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, para os anos de 2019 a 2022. Os parâmetros utilizados foram os coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxigênio, fósforo total, pH, sólidos totais dissolvidos, temperatura, turbidez, oxigênio dissolvido e nitrato. Os resultados foram comparados com os limites estabelecidos pela CONAMA nº 357/2005. Dentre os parâmetros analisados, os coliformes termotolerantes, fósforo total e DBO estiveram fora dos limites dos limites estabelecidos pela legislação, o que pode ser indicativo de focos de poluição no reservatório. A aplicação do IQA aponta que a água do reservatório pode ser classificada como boa, logo a água está apropriada para o abastecimento humano. A análise de uso e ocupação do solo apontam para o crescimento das áreas agrícolas no entorno do reservatório, com a consequente redução das áreas de caatinga. Além disso, pode-se identificar uma diminuição da disponibilidade hídrica do reservatório. Deste modo, o monitoramento contínuo da água da região é fundamental, além da adoção de políticas públicas que incentivem o manejo adequado das áreas de entorno do reservatório.

Palavras-chave: monitoramento ambiental, qualidade da água, índices, uso e ocupação do solo, semiárido.

Evaluation of water quality in the Nilo Coelho reservoir, Terra Nova, Pernambuco, Brazil

ABSTRACT

The Brazilian Northeast has a characteristic relationship with water resources, since in this region the scarcity of water resources can be associated with natural factors, accentuated by anthropic activities in the basins, which interfere in the degradation of water quality. The present study aimed to analyze the water quality of the Nilo Coelho reservoir, Terra Nova, using the Water Quality Index (WQI) proposed by CETESB, associated with the use and occupation of the soil in the area surrounding the reservoir. Data provided by the HidroWeb portal of the National Agency for Water and Basic Sanitation for the years 2019 to 2022. The parameters used were thermotolerant coliforms, biochemical oxygen demand, total phosphorus, pH, total dissolved solids, temperature, turbidity, dissolved oxygen and nitrate. The results were compared with the limits established by CONAMA No. 357/2005. Among the parameters analyzed, thermotolerant coliforms, total phosphorus and BOD are for the limits established by the legislation, which may be indicative of outbreaks of pollution in the reservoir. The application of the IQA indicates that the water in the reservoir can be classified as good, showing that the water is suitable for human supply. The analysis of land use and occupation pointed to the growth of agricultural areas around the reservoir, with consequent reduction of caatinga areas. In addition, a decrease in reservoir water availability can be identified. Thus, continuous monitoring of the region's water is essential, in addition to the adoption of public policies that encourage the proper management of the areas surrounding the reservoir.

Keywords: environmental monitoring, water quality, indices, land use and occupation, semi-arid.

Introdução

Os recursos hídricos são fundamentais para a sobrevivência humana, bem como para o desenvolvimento natural, econômico e social de uma região (Freitas e Guedes, 2018). Segundo Costa et al. (2019), os açudes e reservatórios do Nordeste brasileiro foram construídos com o objetivo de abastecer as populações e suas respectivas criações.

Nessa perspectiva, o aumento da disponibilidade hídrica na região contribuiu para o crescimento e desenvolvimento de aglomerados urbanos no entorno dos reservatórios. As interferências antrópicas nessas áreas ocasionaram a supressão da Caatinga e a substituição por áreas de agricultura e pastagens (França et al., 2019; Pinheiro et al., 2020; Vieira e Ribeiro, 2021). Os diferentes usos do solo contribuem para a deterioração da qualidade da água (Lima et al., 2018). Por essa razão, o conhecimento do uso e ocupação do solo em áreas próximas à reservatórios auxilia na compreensão dos efeitos das atividades antrópicas, visto que os diferentes usos podem alterar as condições físicas, químicas e biológicas da água (Souza e Folharini, 2019; Calado, 2020).

Nos últimos anos, os estudos sobre o uso da terra, por meio das técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, está sendo utilizado para a análise e interpretação das mudanças ambientais (Alberto et al., 2019). Logo, configura-se como uma importante ferramenta para a gestão efetiva dos recursos hídricos, auxiliando na tomada de decisões e adoção de medidas que promovam a adequação dos usos e conservação dos recursos hídricos de uma região (Alves et al., 2019).

No Brasil, o monitoramento das águas é estabelecido pela Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) como um dos instrumentos de gestão. A resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), por meio da resolução 357 de 2005, propõe o enquadramento dos corpos hídricos em classes, segundo os seus usos, recomendando os limites dos parâmetros usados para a avaliação da qualidade da água. A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) (2021) aborda que o monitoramento da qualidade da água permite a verificação e a identificação de áreas para o controle da poluição hídrica, assim como a adequação para os usos múltiplos (Anjinho et al., 2020).

Com o objetivo de monitorar e auxiliar a

gestão ambiental, além de sintetizar as informações provenientes dos parâmetros físicos, químicos e biológicos, foram elaborados diversos índices (Quinelato et al., 2020). No Brasil, a utilização dos índices cresceu na década de 1970 e, desde então, os órgãos ambientais, a comunidade científica e as companhias de águas os utilizam para a aferição e monitoramento das águas (Silva et al., 2019).

O Índice de Qualidade das Águas (IQA) foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a qualidade da água visando sua utilização para o abastecimento público, após tratamento. As variáveis que compõem o cálculo do IQA refletem a contaminação dos corpos hídricos que são causadas pelo lançamento de esgotos domésticos (ANA, 2022). As informações fornecidas pelo IQA são consideradas importantes para a gestão dos recursos hídricos, além de servir para orientar as ações da população (Américo-Pinheiro e Ribeiro, 2018).

Nesse sentido, o Estado de Pernambuco é o mais pobre em quantidade de água no Brasil, com uma disponibilidade per capita de 1.320m³ hab-1 ano-1. Em virtude da vulnerabilidade hídrica da região, o projeto de Transposição do Rio São Francisco (PISF) surge como uma alternativa para a segurança hídrica da população. Para o Estado, pressupõe-se a distribuição da água para atender as necessidades dos municípios banhados pelas bacias dos rios Brígida, Terra Nova e Pajeú. Portanto, o monitoramento contínuo dos recursos hídricos deve ser estabelecido, para que o fornecimento de água em quantidade e qualidade seja mantido de forma adequada (Chaves et al., 2020).

O reservatório Nilo Coelho é um dos mais importantes para a região da bacia hidrográfica do rio Terra Nova e é utilizado para abastecimento da área urbana da cidade de Terra Nova, Pernambuco, assim como para a irrigação de pequenas propriedades agrícolas no município de Cabrobó, Pernambuco (Ide e Andrade, 2017). Em toda a área que compreende o entorno do reservatório, percebe-se a interferência das atividades antrópicas, devido às áreas agrícolas e a pecuária extensiva, o que compromete a qualidade da água da região (APAC, 2013). Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo analisar a qualidade da água do reservatório Nilo Coelho, Terra Nova, utilizando índices de qualidade da água e sua relação com o uso e ocupação do solo da área do reservatório.

Material e métodos

Caracterização da Área de Estudo

O reservatório Nilo Coelho possui uma capacidade de armazenamento de 22.710m³ e está localizado entre as cidades de Terra Nova e Cabrobó, na mesorregião do São Francisco Pernambucano (Figura 1), com índices pluviométricos que oscilam entre 500 e 800 mm e temperaturas que variam entre 22,07°C à 32,31°C (APAC, 2013).

De acordo com o mapa de solos do Zoneamento Agroecológico de Pernambuco (ZAPE) (EMBRAPA, 2000) na área que envolve o reservatório, os solos predominantes são os luvisolos crômicos e os neossolos litólicos. A cobertura vegetal é a caatinga arbustiva e a caatinga arbustiva arbórea, associada às áreas antropizadas e a mata ciliar associada a culturas. As atividades agrícolas predominantes são o milho, algaroba, feijão e cebola e a pecuária são galináceos, ovinos e caprinos (APAC, 2013).

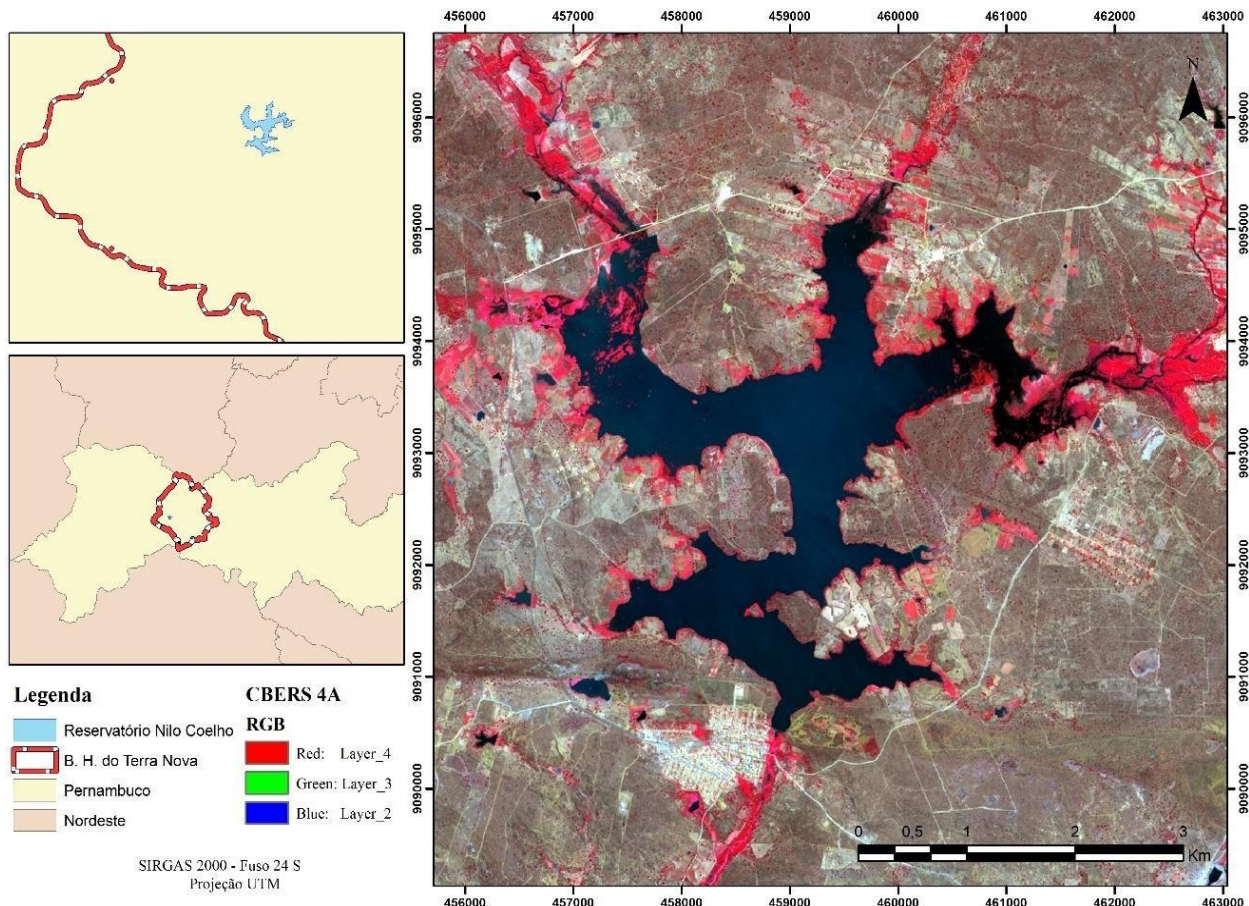


Figura 1. Localização do reservatório Nilo Coelho, Terra Nova, Pernambuco.

Dados estimados de Qualidade da Água – SUPER

Os dados estimados de qualidade de água foram adquiridos junto ao Sistema de Unidades de Respostas Hidrológicas para Pernambuco (SUPER), sistema acoplado ao HAWQS (*Hydrology and Water Quality System*) (Galvêncio, 2021). Dispõe de dados de entrada para a modelagem e fornece resultados para análises hidrológicas para as bacias do estado (Tôres Silveira et al., 2022).

Dados observados de Qualidade da Água – Hidroweb

Os dados de qualidade de água foram adquiridos junto a Agência Nacional de Águas e

Saneamento (ANA), por meio do portal HidroWeb – Sistema de Informações Hidrológicas (<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/>). O portal é um instrumento integrante do Sistema Nacional de Informações sobre os Recursos Hídricos (SNIRH) e disponibiliza o acesso ao banco de dados com as informações obtidas pela Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN), com dados sobre níveis fluviais, vazões, chuvas, climatologia e qualidade da água e sedimentos.

Para o reservatório Nilo Coelho, a Estação Fluviométrica de código 48177000, localizada entre -8,23 de latitude S e -39,37 de longitude O, 2868

dispõe de dados de qualidade da água para os anos de 2016 a 2022. Para o presente estudo foram selecionadas as coletas dos anos de 2019 a 2022, por possuírem todos os parâmetros necessários para o cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA), proposto pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) (Tabela 1).

Tabela 1. Datas e horários das coletas utilizadas.

Data	Horário
18/06/2019	12:00
18/11/2020	09:10
25/05/2021	11:50
10/05/2022	15:50

Fonte: Adaptado de HidroWeb

Índice de Qualidade da Água (IQA_{CETESB})

Este índice foi desenvolvido em 1970 pela *National Sanitation Foundation* dos Estados Unidos, onde foram selecionados 9 entre 35 parâmetros indicadores de qualidade da água inicialmente propostos. A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), por sua vez, adaptou e desenvolveu o IQA – Índice de Qualidade das Águas, tendo como intuito a sua utilização para abastecimento público (ANA, 2020).

O IQA atribui um peso para cada variável, com base na condição em que se apresentam. Para este estudo, o parâmetro “nitrogênio total” foi substituído por “nitrato”, por não haver resultados de nitrogênio total disponíveis no portal HidroWeb, de modo que o peso atribuído originalmente ao nitrogênio total foi utilizado para o nitrato, para efeito de cálculo do índice. Os pesos são apresentados na tabela 2.

Tabela 2. Pesos atribuídos aos parâmetros.

Parâmetro	Peso (q_i)
Oxigênio Dissolvido	0,17
Sólidos	0,08
DBO	0,10
Turbidez	0,08
pH	0,12
Temperatura	0,10
Nitrato	0,10
Fósforo Total	0,10
Coliformes termotolerantes	0,15

Fonte: Adaptado de CETESB

O IQA é calculado pelo produtório ponderado (Equação 1) das qualidades de água correspondentes às variáveis que integram o índice.

A seguinte fórmula é utilizada:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (1)$$

onde:

IQA: Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100;

q_i : qualidade do i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida e;

w_i : peso correspondente ao i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo que:

n : número de variáveis que entram no cálculo do IQA.

A partir do cálculo, é possível determinar a qualidade das águas, numa variação de 0 a 100, representado na Tabela 3.

Tabela 3. Classificação do IQA_{CETESB} .

Categoria	Ponderação
Ótima	$79 < IQA \leq 100$
Boa	$51 < IQA \leq 79$
Regular	$36 < IQA \leq 51$
Ruim	$19 < IQA \leq 36$
Péssima	≤ 19

Fonte: Adaptado de CETESB

Mapeamento do uso e ocupação do solo

Para o mapeamento do uso e ocupação do solo foram selecionadas imagens do satélite Landsat 8 (OLI) para as datas 17 de setembro de 2018 e 09 de setembro de 2021, para órbita e ponto 216-066. As imagens foram selecionadas conforme a menor quantidade de nuvens, do mesmo período, no referente estudo período seco, obtidas através do USGS.

A princípio, a composição colorida das imagens foi realizada, utilizando as bandas de 2 a 7. Em seguida, reprojeta para o hemisfério sul, já que as

cenar provenientes do EarthExplorer são projetadas para o hemisfério norte. Após a delimitação da área, um arquivo *shapefile* do reservatório foi utilizado e aplicada a ferramenta *buffer* para delimitação de 3 km da área de entorno do reservatório.

A composição colorida utilizada foi a 5(R) 4 (G) 3(B) para a identificação das classes de uso do solo para as imagens do Landsat. A metodologia usada na classificação foi o método da Máxima-Verossimilhança proposto por Meneses e Almeida (2012). Foram coletados cerca de 120 pixels para cada classe e criadas quatro categorias para os

diferentes usos, sendo eles: corpos hídricos, solo exposto ou área urbanizada, agricultura e pastagem e caatinga, conforme proposto pelo PROBIO (2002).

Resultados e discussão

Caracterização físico-química

Os resultados observados e obtidos pela ANA-Agência Nacional de Águas, das análises físico-químicas das amostras de água do reservatório Nilo Coelho estão apresentados na tabela 4.

Tabela 4. Resultados dos parâmetros analisados

Coleta	CT (NMP 100mL)	DBO _{5,20} (mg L ⁻¹)	PT (mg L ⁻¹)	NO ₃ ⁻ (mg L ⁻¹)	pH	STD (mg L ⁻¹)	T (°C)	Tur (UNT)	OD (sat %)
2019	1600	3,30	0,07	0,08	8,3	193,0	24	10,0	87,3
2020	170	4,78	2,34	0,08	8,0 8	308,0	28	10,0	93,3
2021	49	36,00	0,01	0,08	8,2	356,0	28	5,0	98,8
2022	1600	1,25	0,01	0,08	7,3	297,8	28	28,5	84,0

CT: Coliformes Termotolerantes; DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio; PT: Fósforo Total; NO₃⁻: Nitrato; pH: Potencial Hidrogeniônico; STD: Sólidos Totais Dissolvidos; T: Temperatura; Tur: Turbidez; OD: Oxigênio Dissolvido.

Os coliformes termotolerantes fazem parte do grupo de coliformes oriundos das fezes de humanos e animais, sendo, portanto, os mais propensos à contaminação. Com relação ao NMP de coliformes termotolerantes encontrados, indicado pelo grupo *E. Coli*, a Resolução Conama nº 357 de 2005 (BRASIL, 2005) aponta que o grupo coliformes deve apresentar valores inferiores a 1000 coliformes termotolerantes por 100 mL para Classe 2 de Água Doce.

Neste sentido, observa-se que esta água pode apresentar indícios de risco para a saúde pública pois, nas amostras coletadas em 2019 e em 2022, os valores foram superiores a 1600 NMP 100mL⁻¹. Quinelato et al. (2020), em estudo desenvolvido nos rios Itanhém, Jucuruçu e Peruípe, também observaram valores acima dos limites estabelecidos para este parâmetro, o que pode estar relacionado ao esgotamento sanitário inadequado dos municípios onde os rios analisados estão localizados.

Por outro lado, os anos de 2020 e 2021 apresentaram valores baixos (170 e 49 NMP 100mL⁻¹), enquadrando o corpo hídrico na Classe 2 do CONAMA. Esses valores não indicam risco

aparente de contaminação, o que corroboram com Kasper e Daroit (2018), que afirmaram que águas com presença de bactérias do grupo coliformes termotolerantes em contagem inferior a 180 NMP 100mL⁻¹, não apresentam problemas para a saúde pública. Quanto à balneabilidade, a água não indica contaminação, uma vez que está abaixo do valor apontado pela Resolução Conama nº 274 de 2000 (BRASIL, 2000), que é de até 2500 NMP 100mL⁻¹.

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) indica a intensidade do consumo de oxigênio, necessário para as bactérias na estabilização da matéria orgânica. As amostras de 2019, 2021 e 2022 enquadraram-se na Classe 2 da Resolução CONAMA nº 357 de 2005 (BRASIL, 2005), que permite valores de DBO até 5 mg L⁻¹. Oliveira et al. (2020) também observaram valores de DBO dentro dos limites estabelecidos, em estudo na bacia do Rio Pitimbu (RN). O ano de 2020 apresentou um alto valor de DBO (36 mg L⁻¹), o que pode ser indício de focos pontuais de contaminação por despejo de efluentes em pontos à jusante do reservatório ou por grande acúmulo de folhas da vegetação que margeia o reservatório, levando a uma maior quantidade de

matéria orgânica em decomposição (Okumura et al., 2020).

O fósforo apresentou considerável variação, conforme resultados apresentados na tabela 3. Os períodos de 2019 e 2020 apresentaram valores acima dos padrões definidos pela Resolução CONAMA nº357, fator esse que pode ser entendido pela possibilidade de despejo de efluentes à montante do reservatório, bem como a característica de ambiente lântico do reservatório, que favorece o aumento de concentração de fósforo. Alves et al. (2019) também observaram esse comportamento na bacia do rio Camarajipe (Salvador, Bahia), no qual o fósforo também apresentou uma variação em decorrência das atividades antrópicas e lançamento de efluentes. Os períodos de 2021 e 2022 enquadraram-se na classe 2 (até 0,030 mg L⁻¹), o que demonstra a recuperação do corpo hídrico, no que se refere a este parâmetro.

A concentração de nitrato foi de 0,08 mg L⁻¹ para todas as amostras analisadas, enquadrando a água na classe 2 da Resolução CONAMA 357 (até 10 mg L⁻¹). Muniz (2019) encontrou valores semelhantes no rio São Bartolomeu (Minas Gerais, Brasil), encontrando valores médios de nitrato de 0,13 mg L⁻¹, corroborando com os resultados encontrados neste trabalho. Reservatórios com intensa atividade agrícola a montante da barragem podem influenciar no aumento de nitrato, principalmente em razão da lixiviação de ureia e sulfato de amônia, como foi identificado por Chaves et al. (2020) no qual as concentrações médias de nitrato foram de 0,44, 1,24 e 1,62 mg L⁻¹ para os mananciais de São Francisco, Prata e Carpina, respectivamente. Contudo, o reservatório Nilo Coelho não apresentou indícios desta influência na qualidade da água.

A variação de pH ficou entre 7,0 e 8,2 nos períodos analisados, permanecendo dentro dos padrões da Resolução CONAMA 357 classe 2 (7,0 – 9,0). Resultados similares foram encontrados por Melo et al. (2018), em estudo desenvolvido na bacia hidrográfica do Rio Una, Pernambuco, no qual em 80% das amostras analisadas, o pH apresentou valores próximos à neutralidade, ou seja, pH = 7. Araújo Junior (2020), ao analisar a qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Goiana, Pernambuco, também obteve valores de pH entre 7 e 7,9.

Conforme os resultados encontrados, observa-se que a água possui, de modo geral, baixa concentração de sólidos, estando dentro dos limites estabelecidos para a classe 2 da Resolução CONAMA 375

(BRASIL, 2005) para este parâmetro (até 500 mg L⁻¹). Estes resultados podem ser explicados pelas características gerais das águas superficiais que, de modo geral, apresentam baixas concentrações de sólidos dissolvidos, excetuando-se os casos de corpos receptores de efluentes que apresentam grande aporte de sólidos ou em função de características geoquímicas muito específicas de determinados corpos hídricos (Santos et al., 2020; Silva et al., 2021).

A turbidez é um dos principais parâmetros observados na qualidade da água. A turbidez permaneceu dentro dos valores aceitáveis para classe 2 da Resolução CONAMA 375/2005 (até 100 UNT), evidenciando as boas condições da água do reservatório. Garcia et al. (2019) encontraram valores que se enquadraram dentro da classe 2 no Ribeirão das Pedras (São Paulo, Brasil), o mesmo foi identificado por Moraes et al. (2020), em estudo no rio Pataxó (RN), corroborando com os resultados encontrados neste trabalho. Os valores de Oxigênio Dissolvido (OD) também estiveram dentro da classe 2 da Resolução CONAMA 357 (acima de 5 mg L⁻¹). Resultados similares foram observados por Caldas (2021), que em estudo realizado no eixo leste da transposição do Rio São Francisco, para o OD, encontrou valores dentro dos limites estabelecidos pela resolução.

Aplicação do IQA

Através dos resultados obtidos para as variáveis que compõem o IQA foi possível calculá-lo, obtendo os valores que apresentaram qualidade boa (51 < IQA ≤ 79), conforme indica a tabela 5. Assim sendo, a água do reservatório Nilo Coelho é apropriada para abastecimento público, desde que passe por tratamento convencional simplificado (CETESB, 2017).

Tabela 5. Classificação da qualidade da água do reservatório Nilo Coelho

Coleta	IQA	
	Leitura	Classificação
2019	74	Boa
2020	61	Boa
2021	59	Boa
2022	73	Boa

Lima et al. (2020), em estudo desenvolvido no açude Pentecoste (CE), identificaram que as águas do açude seriam adequadas para usos múltiplos, já que obteve IQA médio igual a 70. O mesmo foi observado por Silva et al. (2021) em razão da predominância para a classificação “boa” nos resultados de IQA encontrados nas lagoas Abaeté, Tororó e Paixão, situadas na cidade de Salvador, Bahia, sendo semelhantes aos resultados encontrados neste trabalho. Os resultados encontrados nos reservatórios Itaparica e Moxotó, juntamente com o complexo Paulo Afonso (bacia do São Francisco) apresentaram 20% das amostras com indicativo de qualidade “ótima”, com as demais em qualidade de boa, sendo semelhantes aos encontrados neste trabalho. Os autores concluíram que, apesar da carência de alguns parâmetros importantes para a condição local dos corpos hídricos, o IQA foi eficiente na apresentação dos dados de qualidade dos reservatórios (Rangel e Queiroz, 2020).

Aplicação do SUPER

A Figura 2 mostra a variação temporal do fósforo total no reservatório Nilo Coelho. Nota-se um pico de 8 mg/L em 2020, semelhante ao dado observado. A temperatura da água esteve entre 22 e 29 °C, semelhante ao observado de 24 a 28 °C, conforme a Figura 3. A concentração de nitrato esteve, em geral, abaixo de 1 mg/L, demonstrado na Figura 4, corroborando com o observado. A variação de DBO, Figura 5, também esteve dentro dos valores observados. Assim, é possível afirmar que os dados de qualidade de água existentes no SUPER para o reservatório de Nilo Coelho são recomendados para avaliação da qualidade de água no reservatório, além de projetar os impactos para mudanças climáticas e do uso e ocupação do solo.

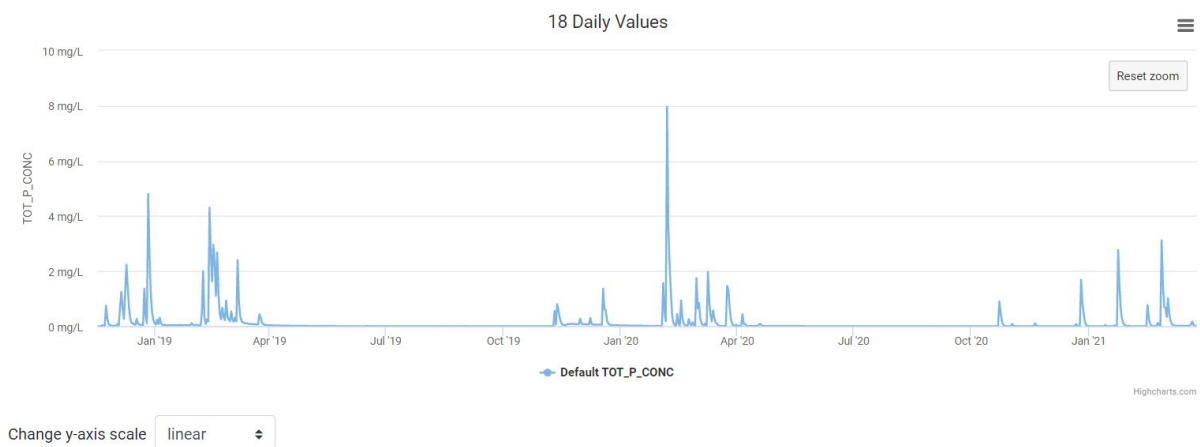


Figura 2. Variação temporal do fosforo total no reservatório Nilo Coelho, 2019-2021.

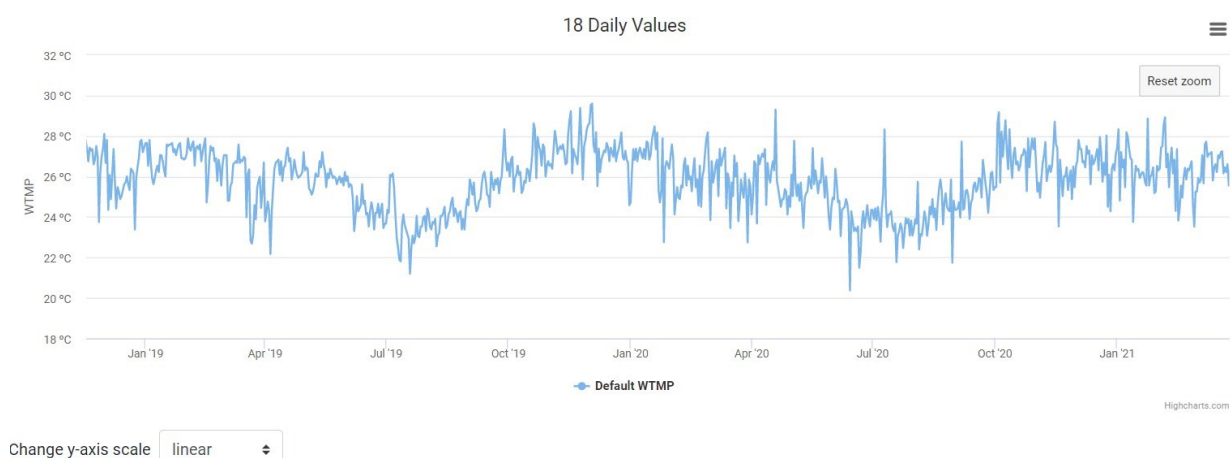


Figura 3. Variação temporal da temperatura da água.

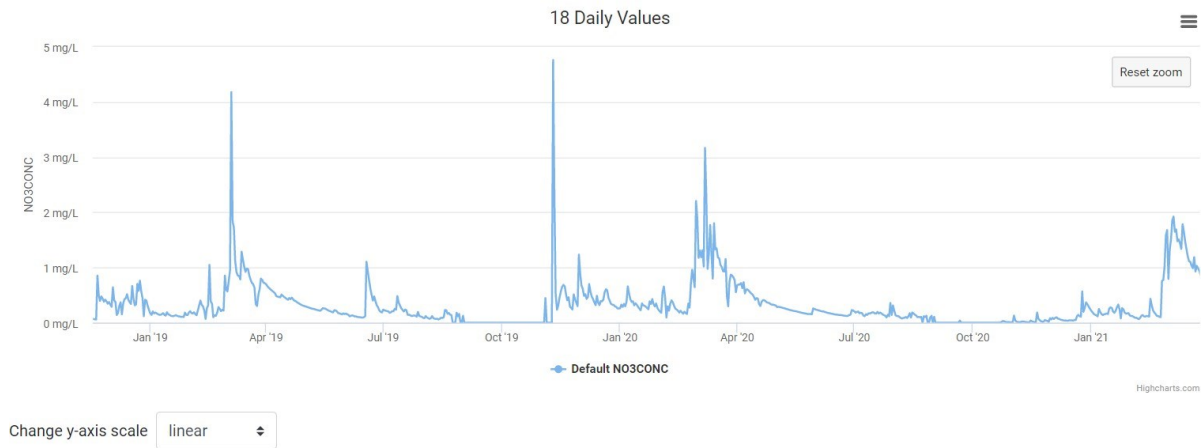


Figura 4. Variação temporal da concentração de nitrato.

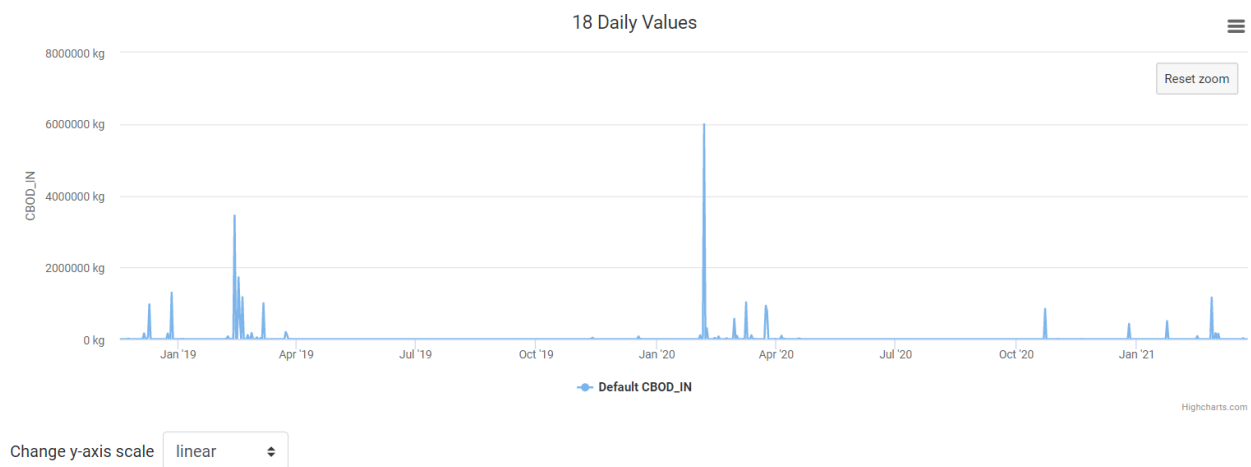


Figura 5. Variação temporal da concentração de DBO.

Análise do uso e ocupação do solo

O mapeamento da área do reservatório Nilo Coelho, Terra Nova, Pernambuco, apresenta alterações consideráveis em apenas dois anos,

conforme demonstra a figura 6. Os percentuais dos quantitativos do uso e ocupação do solo da área de estudo estão dispostos na tabela 6.

Tabela 6. Classificação e usos do solo para os anos de 2018 e 2021.

Classificação do uso e ocupação do solo								
ANO	Água		Caatinga		Agricultura Pastagem		Áreas urbanizadas Solo Exposto	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
2018	4,74	5,22	55,98	61,63	10,75	11,84	19,36	21,32
2021	2,16	2,38	40,73	44,84	34,72	38,22	13,22	14,55
Área total	90,83 km²							

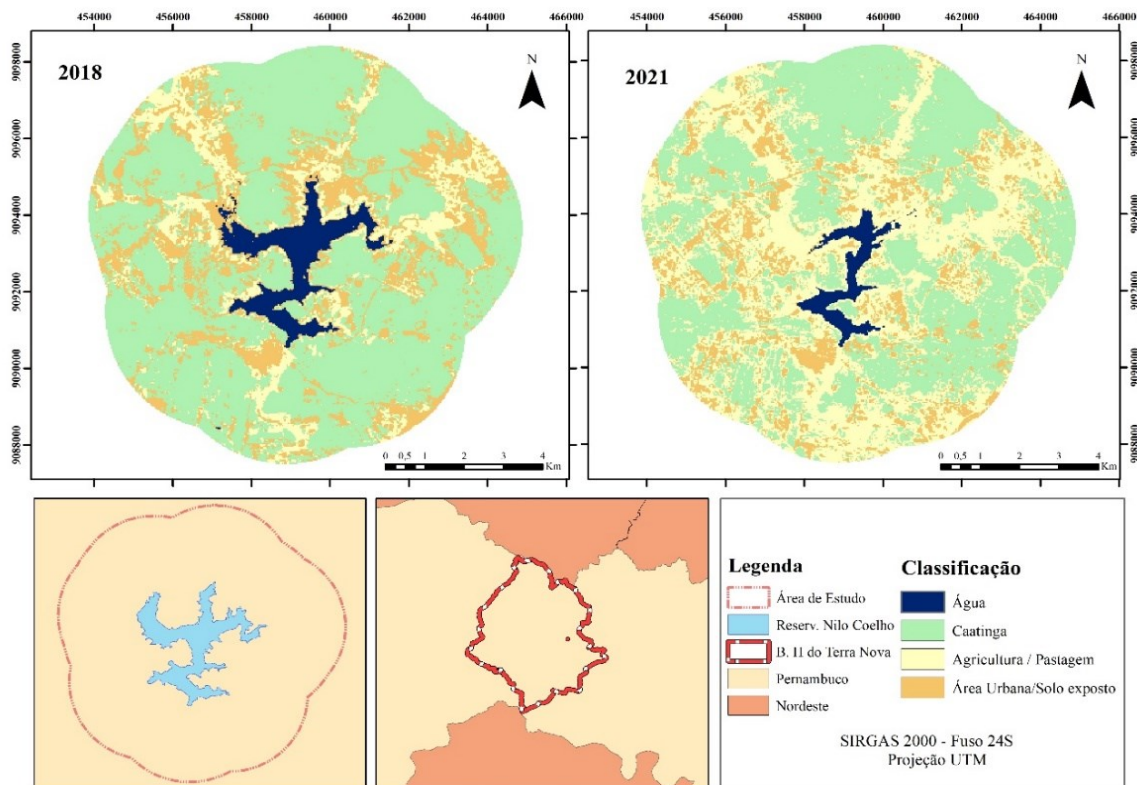


Figura 6. Uso do solo na área de entorno do reservatório Nilo Coelho, Terra Nova, Pernambuco

Para a classe de água, destaca-se a redução para a disponibilidade hídrica do reservatório Nilo Coelho, que passa de 4,74 km² para 2,16 km². A diminuição na quantidade de água é uma preocupação para a região, que já sofre com problemas de escassez. Neves et al. (2020), em estudo desenvolvido no Médio São Francisco, também identificaram uma redução para os corpos hídricos da região. Farias et al. (2021), analisando o uso e ocupação do solo nas bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu, Bahia, identificaram que a consequente substituição de áreas nativas, em razão da interferência antrópica, contribuiu para a diminuição das vazões mínimas, ocasionando um possível déficit hídrico na bacia, o que pode comprometer a quantidade e a qualidade da água disponível.

As áreas de Caatinga também apresentaram uma diminuição de 16,79%, passando de 55,98 km² para 40,73 km². Calado (2020), em estudo realizado em um raio de 2,5 km do entorno do reservatório Epitácio Pessoa, Eixo Leste do PISF, constatou a redução das áreas de vegetação natural e o aumento gradativo das áreas agrícolas, corroborando com o presente estudo. Gomes et al. (2021), na bacia hidrográfica do Pontal, Pernambuco, também observaram uma redução para áreas de Caatinga, de 74% para 67%. Santos et al. (2021) alertam ainda que a redução das áreas de vegetação nativa contribui para o aumento da vulnerabilidade à erosão.

Quanto as áreas de agricultura e pastagem, nota-se o aumento expressivo de 26,38%, com a classe passando de 10,75 km² para 34,72 km². Nascimento e Santos (2019), em estudo na bacia do Rio das Fêmeas, Bahia, apontaram o crescimento de áreas de agricultura irrigada nas áreas próximas à corpos hídricos, o que também pode ser observado no presente estudo. Rodrigues e Medeiros (2022) destacam que o crescimento da agricultura irrigada é preocupante, por ser uma atividade de utiliza de insumos que afetam diretamente a qualidade da água, como defensivos agrícolas e fertilizantes, além do desmatamento de áreas nativas (Chaves e Pinto Filho, 2020).

Santos e Santos (2019) definem o solo exposto como uma “representação viva de um dos piores estragos nas áreas de caatinga”. No presente estudo, pode-se constatar uma redução para a classe de áreas urbanizadas e solo exposto, pode-se perceber uma redução de 6,77%, passando de 19,36 km² para 13,22 km². Segundo Gomes et al. (2022) e Rodrigues e Medeiros (2022), as alterações no uso do solo provocadas pelo desmatamento e expansão urbana afetam o ciclo hidrológico de uma área, além de contribuir para o desequilíbrio ambiental.

Conclusões

A aplicação do IQA para avaliação da qualidade da água do reservatório mostrou-se eficiente, pois além de confirmar a boa qualidade já indicada pelas características físico-químicas gerais, pode apontar o comportamento da qualidade da água ao longo dos períodos analisados.

Os parâmetros coliformes termotolerantes, fósforo total e DBO estiveram fora dos limites impostos pela legislação em alguns resultados, o que aponta para possíveis focos de poluição difusa no reservatório. Porém, de modo geral, o panorama da água do reservatório Nilo Coelho apresenta condições favoráveis à manutenção das boas condições deste corpo hídrico, uma vez que a maioria dos parâmetros analisados estiveram dentro dos limites aceitáveis propostos pela legislação.

Recomenda-se a continuidade do monitoramento ambiental e avaliação da qualidade das águas. A realização de campanhas de amostragem de contemplem as estações secas e chuvosas é primordial para que seja possível compreender as interferências sazonais no reservatório, principalmente após eventos de precipitação.

O mapeamento da área de entorno do reservatório aponta o crescimento das áreas agrícolas e, conseqüentemente, a redução das áreas de Caatinga, além da diminuição da disponibilidade hídrica do reservatório. O aumento das atividades antrópicas nessas áreas são um alerta para a gestão dos recursos hídricos, já que essas alterações podem impactar diretamente na quantidade e qualidade da água do reservatório. Logo, o manejo adequado e uma integração com as políticas públicas ambientais de gestão do uso solo são ferramentas fundamentais para a garantia da qualidade de vida da população.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas concedidas.

Referências

- Alberto, D., Alves, E. da S., Silva, E. M. da, Lopes, I., Santos, W., 2019. Análise e Mapeamento da Degradação por Sensoriamento Remoto na Estação Ecológica Raso da Catarina-Semiárido Brasileiro. *Revista Engenharia na Agricultura* [online] 27. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.13083/reveng.v27i5.962>. Acesso em: 05 nov. 2022.
- Alves, L. da S., Martins, L. A., Jesus, L. B. de, 2019.

- Avaliação da qualidade da água na bacia do rio Camarajipe (Salvador – Brasil): diagnóstico dos parâmetros físico-químicos, microbiológicos e determinação do IQA. *Revista Brasileira de Meio Ambiente* [online] 6. Disponível em: URL. Acesso em: 10 out. 2022.
- Américo-Pinheiro, J. H. P., Ribeiro, L. G., 2018. Monitoramento de Recursos Hídricos e Parâmetros de Qualidade de Água em Bacias Hidrográficas, in: Américo-Pinheiro, J. H. P., Benini, S. M. (org.), *Bacias Hidrográficas: fundamentos e aplicações*. ANAP, Tupã, pp. 220.
- Anjinho, P. Da S., Neves, G. L., Barbosa, M. A. G. A., Mauad, F. F., 2020. Análise da qualidade das águas e do estado trófico de cursos hídricos afluentes ao reservatório do Lobo, Itirapina, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física* [online] 13. Disponível em: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.1.p364-376>. Acesso em: 20 jun. 2022.
- ANA. Agência Nacional De Águas E Saneamento Básico, 2020. Índice de Qualidade – Índice de Qualidade das Águas (IQA). Disponível em: http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx#_ftn2. Acesso em: 20 jun. 2022.
- APAC. Agência Pernambucana de Águas e Clima, 2013. Relatório de situação de recursos hídricos do Estado de Pernambuco 2011/2012. Recife.
- Araújo Junior, J. C. M. de, 2020. Análise do monitoramento da qualidade da água de rios da bacia hidrográfica do rio Goiana. *Revista Geociências - UNG - SER* [online] 19. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.33947/1981-741X-v19n2-4450>. Acesso em: 11 out. 2022.
- BRASIL, 2000. Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000.
- BRASIL, 2005. Resolução CONAMA nº. 357 de 17 de março de 2005.
- Calado, T. de O., 2020. Análise da Relação do Uso do Solo com a Qualidade da Água do Açude Epitácio Pessoa no Eixo Leste do Projeto de Integração do Rio São Francisco. 2020. 147 f. Dissertação (Mestrado). Recife, Universidade Federal de Pernambuco.
- Caldas, H. F. M., 2021. Análise da Evolução Espaço-Temporal da Qualidade da Água no Eixo Leste do Projeto de Integração do Rio São Francisco. Dissertação (Mestrado). Recife, Universidade Federal de Pernambuco.
- Chaves, M. T. L., Lima, G. S. De, Alves, M De F. A., Cavalcante, D. M., Tavares, R. G., 2020. Avaliação da qualidade da água de mananciais do estado de Pernambuco por caracterização de parâmetros físico-químicos. *Revista de Geografia* [online] 37. Disponível em: <https://doi.org/10.51359/2238-6211.2020.240731>.

- Acesso em 10 out. 2022.
- Chaves, J. I., Pinto Filho, J. L. De O. 2020. Ordenamento territorial no Semiárido Brasileiro: Análise do uso e cobertura das terras da sub-bacia hidrográfica do Riacho Encanto/RN. *Revista Equador* [online] 9. Disponível em: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária, 2000. ZAPE - Mapa de reconhecimento de baixa e média intensidade de solos do estado de Pernambuco. 2000. Disponível em: http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3Aasolo_pernambuco_wgs84#more. Acesso em: 26 jun. 2022.
- Farias, E. da S., Silva, J. B. L. da, Pires, L. C., Brito, J. M. S. de, Quinelato, R. V., 2021. Influência do uso e ocupação do solo na disponibilidade hídrica das bacias dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu, Bahia. *Revista Brasileira de Geografia Física* [online] 14. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.26848/rbgf.v14.2.p1175-1193>. Acesso em: 06 nov. 2022.
- França, C. L. E., Anjos, F. S. C. dos, Anjos, D. S. C. Dos, Souza, L. S. Da S., Souza, R. S., Finazzi, G. A., Silva, A. M. C., 2019. Caracterização físico-química das águas superficiais do Rio São Francisco nos municípios de Juazeiro/BA e Petrolina/PE. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais* [online] 10, n. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.6008/cbpc2179-6858.2019.006.0019>. Acesso em 20 jun. 2022.
- Garcia, J. M., Mantovani, P., Gomes, R. C., Longo, R. M., Demanboro, A. C., Bettine, S. C., 2019. Degradação ambiental e qualidade da água em nascentes de rios urbanos. *Sociedade & Natureza* [online] 30. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.14393/SN-v30n1-2018-10>. Acesso em: 10 out. 2022.
- Gomes, V. P., Araújo, M. do S. B. de, Galvêncio, J. D., 2021. Mudanças espaço-temporais no uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Pontal a partir de dados referenciais do Google Earth Pro. *Revista Brasileira de Geografia Física* [online] 14. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.26848/rbgf.v14.7.p4148-4160>. Acesso em: 06 nov. 2022.
- Gomes, D. J. C., Silva, L. P. da, Ferreira, N. S., Pires, E. A., Oliveira, M. R. da S., Lima, I. C. P., Dias, G. F. de M., 2022. Variabilidade hidroclimática e alterações do uso e cobertura da terra, Sub-Bacia Hidrográfica do Médio São Francisco. *Revista Brasileira de Geografia Física* [online] 15. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.26848/rbgf.v15.1.p050-067>. Acesso em: 06 nov. 2022.
- Ide, A. K., Andrade, M. C. K., 2017. Impactos da perenização do riacho terra nova na agricultura irrigada do município de Cabrobó/PE. *Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade* [online] 10. Disponível em: <https://www.cadernosuninter.com/index.php/meioAmbiente/article/view/499>. Acesso em: 21 jun. 2022.
- Kasper, M.; Daroit, D. J., 2018. Qualidade Microbiológica da água do Arroio Clarimundo, Noroeste do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. *Geoambiente* [online] 31. Disponível em: <https://doi.org/10.5216/revgeoamb.v0i31.47350>. Acesso em 21 jun. 2022.
- Lima, T. S., Candeias, A. L. B., Cunha, M. C. C., 2018. Bioindicadores e Sensoriamento Remoto como Subsídios à Gestão dos Recursos Hídricos no Semiárido Brasileiro. *Revista Brasileira de Geografia Física* [online] 10. Disponível em: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v10.6.p1974-1994>. Acesso em: 05 nov. 2022.
- Lima, G. R. R., Souza, S. de O., Alencar, F. K. M. de, Araújo, A. L. de, Silva, F. J. A. da, 2020. O que comunicam os índices de qualidade de água e de estado trófico em um reservatório do semiárido brasileiro?. *Revista Geociências* [online] 39. Disponível em: <https://doi.org/10.5016/geociencias.v39i1.14206>. Acesso em: 12 out. 2022.
- Melo, D. F. B. C de, Ribeiro, M. H. G., Albuquerque Junior, E. C. de, Gonçalves, E. A. P, 2018. Avaliação da Bacia do Rio Una-Pernambuco: Perspectiva da Qualidade da Água após a Construção de 4 Barragens para Contenção de Cheias. *Revista Brasileira de Geografia Física* [online] 11. Disponível em: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v11.2.p612-627>. Acesso em: 11 out. 2022.
- Morais, M. A., Gomes, G. B. M., Lemos Filho, L. C. de A., Freire, G. S. S., Silva, G. de F., Facundo, A. L., 2020. Qualidade da água como instrumento para a gestão hídrica da Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu (Rio Grande do Norte, Brasil). *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade* [online] 7. Disponível em: [https://doi.org/10.21438/rbgas\(2020\)071733](https://doi.org/10.21438/rbgas(2020)071733). Acesso em: 10 out. 2022.
- Muniz, G, 2019. Qualidade da água do ribeirão São Bartolomeu avaliada pelo Índice de Qualidade da Água em ponto de captação para abastecimento no período seco. *HOLOS* [online] 7. Disponível em: <https://doi.org/10.15628/holos.2019.5579>. Acesso em: 20 jun. 2022.
- Nascimento, R. Q., Santos, J. Y. G. dos, 2019. Análise das Alterações Ocorridas no Uso e Ocupação do Solo da Bacia do Rio das Fêmeas, Estado da Bahia.

- In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Santos: INPE.
- Neves, S. L. S., Leite, M. E., Neves, L. V. R. F., 2020. A ascensão da agropecuária e seus reflexos sobre as estruturas socioespaciais de povos e comunidades tradicionais no médio São Francisco mineiro. *Geosul* [online] 35. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5007/1982-5153.2020v35n74p333>. Acesso em: 05 nov. 2022.
- Okumura, A. T. R., Silva, A. G. da, Silva, N. R. S. da, Lopes, E. R. do N., Bifano, R. B. A., Quilenato, R. V., 2020. Determinação da qualidade da água de um rio tropical sob a perspectiva do uso. *Revista Brasileira de Geografia Física* [online] 13. Disponível em: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.4.p1835-1850>. Acesso em: 21 jun. 2022.
- Pinheiro, K. R., Alves, E. R., Alves, M. V., Galvêncio, J. D., 2020. Impacto da precipitação e do uso e ocupação do solo na cobertura vegetal na Caatinga. *Journal Of Environmental Analysis And Progress*, [online] 5. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.24221/jeap.5.2.2020.3058.2> 21-231. Acesso em: 05 nov. 2022.
- Quinelato, R. V., Farias, E. da S., Brito, J. M. S. de, Virgens, W. A., Pires, L. C., 2020. Análise espaço temporal da qualidade da água dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu, Bahia. *Scientia Plena* [online] 16. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14808/sci.plena.2020.07170> 1. Acesso em: 21 jun. 2022.
- Rangel, G. S.; Queiroz, L. M, 2020. Análise a partir de indicadores nos reservatórios Itaparica e Moxotó e Complexo Paulo Afonso. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, XV, Caruaru: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2020.
- Rodrigues, J. P. B., Medeiros, W. D. de A., 2022. Uso e ocupação do solo no município de Mossoró/RN (1998-2018). *Revista de Geociências do Nordeste* [online] 8. Disponível em: <https://doi.org/10.21680/2447-3359.2022v8n2ID26459>. Acesso em: 05 nov. 2022.
- Santos, K. P., Santos, A. M., 2019. Uso da terra, cobertura vegetal e desertificação no Projeto de Irrigação N11 - Petrolina - Pernambuco. *Terra Plural* [online] 13. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5212/terraplural.v.13i2.0007> . Acesso em: 05 nov. 2022.
- Santos, J. K. P.; Silveira, H. T.; Aguiar Netto, A. O.; Garcia, C. A. B.; Costa, S. S. L. Aplicação do Índice Aritmético de Qualidade da Água para avaliação das águas do Rio Sergipe. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, XV., 2020, Caruaru: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2020.
- Santos, A. G. B. dos, Bezerra, A. C., Nascimento, A. H. C. do, Souza, L. S. B. de, Silva, J. L. B. da, Moura, G. B. de A., 2021. Caracterização Morfométrica e Uso e Ocupação do Solo em Bacia Hidrográfica do Semiárido Pernambucano. *Revista Brasileira de Geografia Física* [online] 14. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.26848/rbgf.v14.2.p1036-1043>. Acesso em: 05 nov. 2022.
- Silva, A. M. C., Cunha, M. C. C., Lopes, D. V., 2019. Qualidade da água como reflexo de atividades antrópicas em bacias hidrográficas do Nordeste, Brasil. *Geosul* [online] 34. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2019v34n72p102>. Acesso em: 05 nov. 2022.
- Silva, A. C. M., Azevedo, I. H. De S., Gonçalves, M. V. P., Cruz, M. J. M, 2021. Variabilidade Sazonal da Qualidade de Água em Lagoas Urbanas no Nordeste do Brasil. *Revista Geociências* [online] 40. Disponível em: <https://doi.org/10.5016/geociencias.v40i1.14865>. Acesso em: 10 out. 2022.
- Silva, R. R. M.; Monteiro, A. S. C.; Alves, J. D. P. H., 2021. Origem da água do reservatório do POXIM: uma visão hidrogeoquímica. In: OLIVEIRA, R. J. D. (Org.). *Recursos Hídricos: Gestão, Planejamento e Técnicas em Pesquisa*. Editora Científica Digital, Guarujá. pp. 194-204.
- Souza, S. O., Folharini, S de O., 2019. Mapeamento do Uso e Ocupação da Terra do Município de Petrolina (PE) – Médio Vale do Rio São Francisco Através do NDVI de Imagem Landsat 8 (OLI). *Revista Equador* [online] 2. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.26694/equador.v8i2.9204>. Acesso em: 05 nov. 2022.
- Tôrres Silveira, N., Silveira, H. T., Tibúrcio, I. M., Galvêncio, J. D. 2022. Qualidade da Água e Modelagem Hidrológica: aplicabilidade do Sistema de Unidades de Respostas Hidrológicas para Pernambuco (SUPER). *Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto* [online] 3.
- Vieira, I. C. B., Ribeiro, E. A. W., 2021. Influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água no rio Itajaí-Açu, Santa Catarina. *Revista de Geografia* [online] 38. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.51359/2238-6211.2021.248822>. Acesso em: 20 jun. 2022.