

Aplicação de índices de qualidade da água para avaliação da barragem Jaime Umbelino de Souza, Sergipe, Brasil

Application of water quality indices for assessment of the Jaime Umbelino de Souza dam, Sergipe, Brazil

Aplicación de índices de calidad del agua para evaluar la represa Jaime Umbelino de Souza, Sergipe, Brasil

Recebido: 05/12/2022 | Revisado: 14/12/2022 | Aceitado: 15/12/2022 | Publicado: 20/12/2022

Heitor Torres Silveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5668-936X>
Universidade Federal de Sergipe, Brasil
E-mail: heitortorres17@gmail.com

Carlos Alexandre Borges Garcia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5260-5093>
Universidade Federal de Sergipe, Brasil
E-mail: cgarcia@academico.ufs.br

Jéssica Kalliny Pereira dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3227-9224>
Universidade Federal de Sergipe, Brasil
E-mail: jessicakalliny16@hotmail.com

Rayne Aparecida de Sousa Pires

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3087-4118>
Universidade Federal de Sergipe, Brasil
E-mail: rayneray@gmail.com

Luiz Carlos Sousa Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4290-254X>
Sergipe Sanitation Company, Brasil
E-mail: lsousasilva@uol.com.br

Silvânio Silvério Lopes da Costa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6094-209X>
Universidade Federal de Sergipe, Brasil
E-mail: silvanioslc@gmail.com

Helenice Leite Garcia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1395-3543>
Universidade Federal de Sergipe, Brasil
E-mail: helenice@academico.ufs.br

Adnivia Santos Costa Monteiro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7139-898X>
Universidade Federal de Sergipe, Brasil
E-mail: adniviacoستا@gmail.com

Resumo

Avaliar a qualidade de água torna possível o desenvolvimento de estratégias de tomada de decisão ligadas ao uso da água. A barragem Jaime Umbelino de Souza foi construída para regularizar a vazão do rio Poxim-Açu e abastecer a região metropolitana de Aracaju, Sergipe. Diante disso, o principal objetivo deste trabalho foi avaliar as características físico-químicas da água da barragem Jaime Umbelino de Souza e para isso foram realizadas duas campanhas, para as quais os pontos de coleta foram definidos de modo que representassem os aspectos da água da barragem. Os parâmetros analisados foram oxigênio dissolvido (OD), temperatura, turbidez, pH, fósforo total, sólidos totais dissolvidos e o íon nitrato. Para avaliação da qualidade da água, foram utilizados dois índices: o Índice de Qualidade da Água proposto pela CETESB (IQA_{CETESB}) e o Índice de Qualidade da Água aritmética ponderada (IQA_{AP}). Todos os parâmetros analisados estiveram dentro dos limites aceitáveis pela Resolução CONAMA 357. Após seleção estatística, temperatura da água, fósforo total e os íons magnésio, nitrato, cloreto, sódio e cálcio foram as variáveis que mais interferiram na qualidade da água. A aplicação dos dois índices mostrou-se eficiente, indicando qualidade “Ótima” e “Excelente” para o IQA_{CETESB} e o IQA_{AP}, respectivamente, não indicando nenhum trecho com indícios de degradação. Recomenda-se a continuidade do monitoramento ambiental, com inclusão de novas variáveis, realização de campanhas que melhor observem os aspectos sazonais, bem como o manejo adequado e integração com as políticas públicas ambientais.

Palavras-chave: Recursos hídricos; IQA; Reservatório; Abastecimento humano.

Abstract

Assessing water quality makes it possible to develop decision-making strategies related to water use. The Jaime Umbelino de Souza dam was built to regulate the flow of the Poxim-Açu River and supply the metropolitan region of Aracaju, Sergipe. Therefore, the main objective of this work was to evaluate the physicochemical characteristics of the water from the Jaime Umbelino de Souza dam, and for that, two campaigns were carried out, where the collection points were defined so that they represented the aspects of the dam water. The parameters dissolved oxygen (DO), temperature, turbidity, total phosphorus, total dissolved solids, and nitrate were analysed. The index proposed by CETESB (WQI_{CETESB}) and the weighted arithmetic water quality index (WQI_{AP}) were used to evaluate the water quality. All analysed parameters did not exceed the limits set by the CONAMA resolution number 357. After statistical selection, water temperature, total phosphorus and the ions magnesium, nitrate, chloride, sodium, and calcium were the variables that most influenced the water quality. The application of index to assess water quality indicated "Good" and "Excellent" quality for WQI_{CETESB} and WQI_{AP} , respectively, with no sign of degraded sites. The continuous environmental monitoring of the area is recommended, along with the inclusion of new variables, new sampling campaigns for investigating seasonal factors, management, and integration with environmental policies.

Keywords: Water resources; WQI; Reservoir; Human water supply.

Resumen

La evaluación de la calidad del agua permite desarrollar estrategias de toma de decisiones relacionadas con el uso del agua. La represa Jaime Umbelino de Souza fue construida para regular el caudal del río Poxim-Açu y abastecer la región metropolitana de Aracaju, Sergipe. Por lo tanto, el objetivo principal de este trabajo fue evaluar las características fisicoquímicas del agua de la represa Jaime Umbelino de Souza, y para ello se realizaron dos campañas, donde se definieron los puntos de captación para que representaran los aspectos de la represa. Se analizaron los parámetros oxígeno disuelto (OD), temperatura, turbidez, fósforo total, sólidos disueltos totales y nitrato. Para evaluar la calidad del agua se utilizó el índice propuesto por CETESB (WQI_{CETESB}) y el índice aritmético ponderado de calidad del agua (WQI_{AP}). Todos los parámetros analizados no superaron los límites establecidos por la resolución CONAMA número 357. Después de la selección estadística, la temperatura del agua, el fósforo total y los iones magnesio, nitrato, cloruro, sodio y calcio fueron las variables que más influyeron en la calidad del agua. La aplicación del índice para evaluar la calidad del agua indicó una calidad "Buena" y "Excelente" para WQI_{CETESB} y WQI_{AP} , respectivamente, sin signos de sitios degradados. Se recomienda el monitoreo ambiental continuo del área, la inclusión de nuevas variables, nuevas campañas de muestreo para investigar factores estacionales, manejo e integración con políticas ambientales.

Palabras clave: Recursos hídricos; IQA; Represa; Abastecimiento humano.

1. Introdução

Atividades desenvolvidas pelo homem exigem usos múltiplos dos recursos hídricos, como abastecimento público, agrícola, industrial e recreação. Essas atividades variam de acordo com a organização socioeconômica na bacia hidrográfica, podendo impactar e reduzir a qualidade da água, bem como interferir na quantidade de água disponível. A qualidade das águas é resultado das atividades e processos que ocorrem nas bacias hidrográficas, como processos geomorfológicos, climáticos, características da vegetação e usos antropogênicos da terra (Piazi et al., 2018).

Cada corpo hídrico apresenta características próprias, que são constantemente influenciadas por fatores naturais, de origem climática, biológica e geológica, como também por fatores antrópicos, por meio do lançamento de efluentes e uso e cobertura do solo, por exemplo. Em um cenário ideal, no qual a disponibilidade e qualidade devem estar em níveis satisfatórios para os diversos usos, sejam eles os prioritários, como abastecimento humano e animal, sejam eles menos restritivos, como navegação e paisagismo, é necessário buscar ferramentas que possam conciliar o uso dos recursos hídricos com uma política sustentável, de modo a manter e/ou restabelecer um equilíbrio entre oferta e demanda de água. Sendo assim, avaliar a qualidade de água torna possível o desenvolvimento de estratégias de tomada de decisão ligadas à potabilidade e ao seu uso (Lobato et al., 2015).

O Brasil, pela sua extensão continental, apresenta em todo o seu território diversas características de relevo e clima, de modo a apresentar uma má distribuição de chuvas e, conseqüentemente, disponibilidade hídrica. O aproveitamento das águas na região Nordeste é uma prática bastante complexa devido às particularidades da geologia e do clima da região, que, de modo geral, caracteriza-se pela baixa pluviosidade e irregular distribuição espacial e temporal, além da formação geológica dificultar a retenção de água das chuvas em grandes quantidades (Torres, 2019). Estas condições, somadas aos longos períodos de secas,

são os principais problemas do semiárido brasileiro no que se refere ao potencial hídrico, afetando socioeconomicamente a população local (Medeiros et al., 2018). Uma solução muito comum para suprir estas necessidades é a construção de barragens, sendo mais comum os seus usos para energia hidrelétrica, abastecimento humano e irrigação. Ao todo, são 17.604 barragens cadastradas em território nacional. (ANA, 2019). Em regiões áridas e semiáridas de baixas latitudes, as barragens e a perenização artificial de rios constituem a principal fonte de água (Andrade et al., 2017).

Neste cenário, o monitoramento hídrico é uma ferramenta de primordial relevância, em se tratando da gestão da água (Silva et al., 2017) e a aplicação de índices de qualidade da água podem indicar a qualidade geral dos corpos d'água, observando os vários usos (Bouslah et al., 2017). As vantagens de expressar a qualidade de um corpo hídricos através de um índice incluem ser a interpretação de um número único, bem como de combinar parâmetros de diferentes unidades de medida em uma única métrica, além da sua eficácia como ferramenta de comunicação, podendo resumir uma grande quantidade de dados sobre a qualidade da água em definições simples (excelente, boa, ruim, imprópria) para relatar à gestão e ao público de maneira consistente, de modo que, devido essas vantagens, têm sido amplamente aplicados em trabalhos ambientais (Chakraborty & Kumar, 2016).

Conhecer o estado da qualidade da água e a carga de poluentes produzida pelas atividades humanas, torna-se o primeiro passo para estabelecer um sistema eficiente de manejo dos recursos hídricos, sendo esses essenciais para a preservação dos ecossistemas. O estudo das interações e relações entre os fatores físicos, químicos e biológicos do ambiente pode contribuir na tomada de decisões relacionadas à prevenção, preservação e controle da qualidade da água, bem como na adoção de medidas relacionadas ao gerenciamento e usos múltiplos dos reservatórios.

O presente estudo foi baseado na análise das características físico-químicas da água do reservatório Jaime Umbelino de Souza (Reservatório do Poxim) e busca conhecer a qualidade de água, uma vez que este reservatório é um dos principais responsáveis pelo abastecimento público da região metropolitana de Aracaju, Sergipe. Além disso, uma gestão responsável e equilibrada passa pela compreensão das condições atualizadas dos recursos hídricos, o que torna ainda mais relevante o estudo apresentado. Use o parágrafo como modelo.

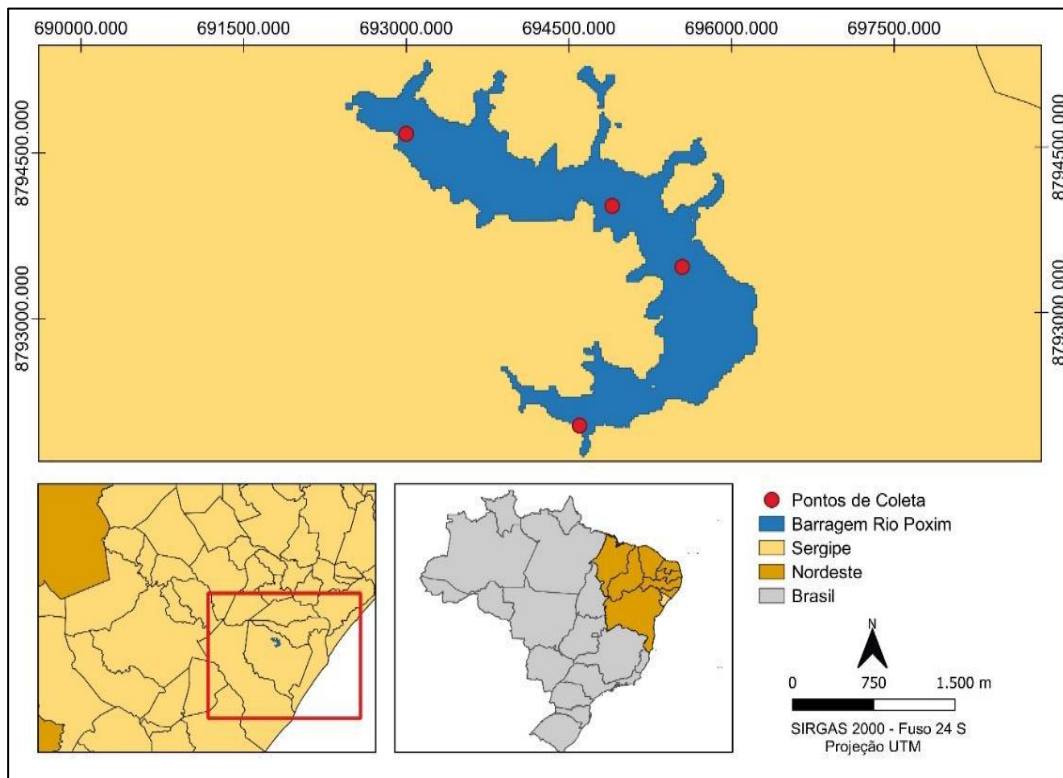
2. Metodologia

2.1 Área de estudo

A área de estudo compreende a barragem Jaime Umbelino de Souza (10°54' 42.80" S / 37°12' 40.30" O (Figura 1), localizada no povoado Timbó, município de São Cristóvão, região centro-sul do estado de Sergipe. Esta foi construída pelo governo estadual, em parceria com o governo federal, sendo formada através do barramento do rio Poxim-Açu, dentro da bacia hidrográfica do Rio Sergipe e suas obras iniciaram em 2001 e foram concluídas em 2013. Com o intuito de garantir a proteção das condições ambientais da barragem, o seu projeto incluiu uma faixa de proteção de 100 metros de largura em seu entorno, contados a partir da sua margem, o que resulta em uma área florestada que minimiza o impacto antrópico no ecossistema aquático. Ressalta-se que a barragem tem capacidade de 32.730.000 m³ e 25 metros de altura máxima.

As condições climáticas na região são de clima tropical úmido, com período seco de setembro a março e período chuvoso de abril a agosto, e precipitação anual variando de 1.600 a 1.900 mm. A temperatura média é de 23 °C para os meses mais frios, junho a agosto, e de 31 °C para os meses mais quentes, dezembro a fevereiro (Neves *et al.*, 2015). Atualmente, é administrada pela Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO) que alterou a captação de água para abastecimento do rio Poxim-Açu para a captação direta na barragem através de uma adutora, o que resulta em uma melhor qualidade da água e redução no processo de tratamento da água que chega na estação de tratamento, buscando atender as principais finalidades são de regularização da vazão do rio e abastecimento da região metropolitana de Aracaju através das águas da sua barragem.

Figura 1 - Localização da barragem Jaime Umbelino de Souza (reservatório do Poxim).



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

2.2 Amostragem e análises

Para avaliação da qualidade da água da barragem em estudo foram realizadas duas campanhas, em janeiro e novembro de 2020. A coleta foi feita através de barco a motor, com o qual foi possível realizar coletas nas extremidades do reservatório e na área central e mais profunda do reservatório, de modo que pudessem representar as características do reservatório como um todo.

No ato de coleta, a temperatura da água e o pH foram analisados por meio de medidores portáteis. Para aferição dos demais parâmetros, as amostras foram acondicionadas em frascos de polietileno de 1 L para serem analisados posteriormente no Laboratório de Química Analítica Ambiental da Universidade Federal de Sergipe (LQA-UFS) e no Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe (ITPS). Os procedimentos foram conduzidos através do método APHA (2005). Para análise estatística, foram aplicadas a matriz de correlação e a Análise de Componentes Principais (ACP), através do software Statistica 6.0, considerando os pontos de amostragem e as variáveis analisadas, para identificar os fatores que mais influenciaram a qualidade da água.

2.3 Índice de Qualidade da Água

O índice de qualidade da água (IQA), proposto pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), atribui um peso para cada variável, com base na condição em que se apresentam. Estes pesos são relativos a curvas de variação, que são predefinidas conforme a leitura do parâmetro analisado. Para este trabalho, o parâmetro nitrogênio total foi substituído pelo nitrato. Além disso, o parâmetro coliformes não foi incluído em razão da impossibilidade de análises, de modo que o seu peso foi distribuído de forma proporcional para os demais parâmetros. Os pesos referentes a cada parâmetro são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Pesos dos parâmetros do IQA_{CETESB}.

Parâmetro	Peso (qi)
Oxigênio Dissolvido	0,20
Sólidos	0,09
DBO	0,12
Turbidez	0,09
pH	0,14
Temperatura	0,12
Nitrato	0,12
Fósforo Total	0,12

Fonte: CETESB (2019).

Nesta Tabela 1, são apresentados os parâmetros utilizados para o cálculo do IQA_{CETESB}, bem como os pesos utilizados para cada parâmetro. De acordo com a CETESB (2019^{a,b}), o IQA é calculado pelo produtório ponderado (Equação 1) das qualidades de água correspondentes às variáveis que integram o índice.

$$IQA = \prod_{i=1}^n qi^{wi} \quad (1)$$

Em que:

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

qi: 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,

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

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 2.

Tabela 2 – Classificação do IQA_{CETESB}.

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

Fonte: CETESB (2019).

Na Tabela 2 é apresentada a categorização da qualidade da água quanto a sua qualidade (IQA_{CETESB}), variando entre as condições de péssima a ótima.

2.4 Índice de Qualidade da Água Aritmético Ponderado

Para avaliar a qualidade das águas da barragem também foi utilizado o método do Índice de Qualidade da Água aritmética ponderada (IQA_{AP}), que classifica o estado ambiental da água usando variáveis de qualidade da água. Esse método, devido a sua simplicidade, permite o uso de parâmetros e finalidades variadas. As equações utilizadas para o cálculo estão expressas nas Equações 2, 3, 4 e 5.

$$IQA = \frac{\sum_{i=1}^n (Qi * Wi)}{\sum_{i=1}^n Wi} \quad (2)$$

Sendo:

Q_i – índice de subqualidade do i -ésimo parâmetro,

W_i – unidade de peso de cada parâmetro,

n – número de parâmetro.

$$Q_i = 100 * \left[\frac{(V_i - V_o)}{(S_i - S_o)} \right] \quad (3)$$

Sendo:

V_i – valor medido do i -ésimo parâmetro,

S_i – valor padrão permitido,

V_o – é igual a zero para todos os parâmetros, exceto para pH ($V_o = 7$).

$$W_i = \frac{K}{S_i} \quad (4)$$

Sendo:

K – é a constante de proporcionalidade dos pesos.

$$K = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{S_i} \right)} \quad (5)$$

O valor de IQA é utilizado para classificar em cinco classes de qualidade da água, com suas respectivas faixas de valores, conforme apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Classificação do IQA_{AP}.

IQA	Classificação da qualidade da água
0 – 25	Excelente
26 – 50	Boa
51 – 75	Pobre
76 – 100	Muito Pobre
Acima de 100	Inadequada

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Na Tabela 3 é apresentada a categorização da qualidade da água quanto a sua qualidade (IQA_{AP}), variando entre inadequada excelente.

3. Resultados e Discussão

3.1 Caracterização físico-química das águas do reservatório Jaime Umbelino de Souza

A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos nas campanhas de amostragem. O oxigênio dissolvido (OD) apresentou valor médio de $7,19 \pm 0,15 \text{ mg L}^{-1}$. Neves *et al.* (2015) encontraram concentrações divergentes ($<1,5 \text{ mg L}^{-1}$) no reservatório do Poxim, atribuindo este cenário ao recente enchimento do reservatório, à época do estudo, que tendem a apresentar menores concentrações de OD, devido à decomposição da vegetação da área inundada. O oxigênio dissolvido é importante nos processos de respiração no ecossistema aquático, sendo fundamental a sua manutenção em níveis aceitáveis. Já no estudo desenvolvido por Aguiar Netto *et al.* (2013), realizado na bacia hidrográfica do rio Poxim, foram observadas concentrações de OD variando de 2 mg L^{-1} a 4 mg L^{-1} , abaixo dos encontrados neste estudo.

Tabela 4 – Valores dos parâmetros físico-químicos analisados.

Parâmetros	1ª CAMPANHA	Pontos de amostragem				2ª CAMPANHA	Pontos de amostragem				Média ± dp
		PX1	PX2	PX3	PX4		PX1	PX2	PX3	PX4	
OD (mg L ⁻¹)		7,1	7,05	7,06	7,39		7,1	7,2	7,1	7,2	7,19 ± 0,15
T (°C)		31,1	30,4	30,4	31,7		30	29,8	29,4	30,5	30,42 ± 0,73
Tur (UNT)		12,19	10,1	9,89	10,52		1,2	9	5	15	9,11 ± 4,26
pH		7,71	7,61	7,64	7,66		7,5	7,67	7,68	7,5	7,62 ± 0,08
PT (mg L ⁻¹)		0,013	0,010	0,010	0,011		0,007	0,007	0,008	0,007	0,009 ± 0,002
STD (mg L ⁻¹)		90	89	88	87		151	112	82	82	97,63 ± 23,54
NO ₃ ⁻ (mg L ⁻¹)		2,35	2,93	5,89	7,45		2,31	2,77	0,86	9,68	4,28 ± 3,05

Média ± dp: Média ± desvio padrão, OD: Oxigênio dissolvido, T: Temperatura, Tur: Turbidez, pH: Potencial Hidrogeniônico, PT: Fósforo Total, STD: Sólidos Totais Dissolvidos, NO₃⁻: Nitrato. Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

De acordo com os resultados mostrados na Tabela 4, o pH da água do reservatório do Poxim apresentou média de 7,6 ± 0,08, para coletas realizadas em janeiro e novembro de 2020. Os resultados apresentados por Silva *et al.* (2020), em estudo na microbacia do riacho Timbó - São Cristóvão, Sergipe, apresentaram pequena variação no pH, entre 7,80 e 9,02 (localizada na mesma região do reservatório em estudo). Em outro estudo, na região estuarina do Rio Poxim, *et al.*, (2019) observaram que o pH apresentou um valor médio de 8,0 ± 0,3, também encontrando pouca variação entre as estações seca e chuvosa, assemelhando-se com os valores encontrados neste estudo. Os resultados mostrados corroboram entre si, visto que a região não apresenta atividades antrópicas que coloquem em risco a qualidade da água, com grande parte das terras de seu entorno ocupadas por florestas.

O fósforo total apresentou valor médio 0,009 ± 0,002 mg L⁻¹, enquadrando a qualidade da água na Classe 1, conforme Resolução CONAMA 357/2005. No perímetro irrigado da bacia Cotinguiba/Pindoba (Sergipe) foram encontradas concentrações superiores a 0,2 mg L⁻¹ no período seco e 0,5 mg L⁻¹ no período chuvoso, não enquadrando o corpo hídrico em nenhuma das classes da Resolução CONAMA 357/2005. Os autores concluíram que, por se tratar de uma bacia que possui entre seus usos a agricultura irrigada, o aumento de fósforo pode estar ligado a fatores como práticas agrícolas, uso intensivo de fertilizantes, revolvimento e erosão do solo (Souza *et al.*, 2021). A barragem do Poxim, por ter em seu projeto a margem de proteção ambiental, difere-se dos demais reservatórios do estado de Sergipe. Logo, mesmo com a presença de animais e de tentativas de ocupação humano em seu entorno, estes resultados diferem dos encontrados neste trabalho em razão desta característica específica, garantindo uma melhor condição ambiental da barragem.

O nitrato apresentou valor médio de 4,28 ± 3,05 mg L⁻¹, enquadrando o corpo hídrico na classe 1 (<10 mg L⁻¹), conforme Resolução CONAMA 357/2005. Apenas um ponto apresentou valor próximo ao limite estabelecido para a classe 1 (9,68 mg L⁻¹). O valor de nitrato nos reservatórios Algodoeiro e Glória (Sergipe) apresentaram valores altos valores de nitrato, em razão do estado de degradação destes ambientes aquáticos (Garcia *et al.*, 2017), divergindo dos valores encontrados neste trabalho. Apesar da vegetação nativa na área da barragem não ter sido totalmente removida em razão da rápida inundação após a sua construção, não apresentou valores altos de nitrato, apesar deste fenômeno gerar decomposição de matéria orgânica. Além disso, mesmo com a intensa atividade agrícola a montante da barragem, com forte lixiviação de ureia e sulfato de amônia, os resultados encontrados não indicam grande influência destas ações na qualidade da água.

O aumento da temperatura acelera as reações, facilitando a ação tóxica de muitos compostos e reduzindo a solubilidade de gases dissolvidos na água, como o oxigênio (Santos *et al.*, 2018). A correlação (-0,9671) entre OD e pH indica a capacidade de resposta do corpo hídrico às alterações ambientais, permanecendo estável em ecossistemas com baixos índices de degradação ambiental (Souza *et al.*, 2021). Já correlação positiva (0,9022) entre Tur e NO₃⁻ pode ser um indicativo de variação da vazão do reservatório. Conforme a vazão aumenta, há uma elevação da turbidez e de compostos nitrogenados (Araújo *et al.*, 2016).

A correlação positiva (0,5334) entre OD e Tur pode estar ligada à proliferação de macrófitas aquáticas, que por sua vez produzem oxigênio por meio da fotossíntese, fazendo com que, a partir do aumento de macrófitas, a turbidez aumente (Bicudo

et al., 2010). O OD tende a reduzir sua solubilidade à medida que a temperatura aumenta. A correlação positiva (0,9746) entre OD e T pode indicar um equilíbrio importante do ecossistema, visto que a manutenção das características climáticas favorece a preservação e desenvolvimento da maioria das espécies dos ecossistemas aquáticos (Xu *et al.*, 2014).

3.2 Aplicação de Índices de Qualidade da Água

Para o cálculo do IQA para fins de consumo humano, foram utilizados os valores padrões de acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), da Resolução CONAMA N° 357/2005 – Águas doce classe 1 e da Portaria N° 888/2021 do Ministério da Saúde (MS).

Os resultados do cálculo do IQA_{CETESB} apontaram um IQA variando entre 86 e 90 na primeira campanha e 85 a 93 na segunda campanha, classificando o corpo hídrico na categoria “Ótima”, conforme Tabela 2. 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 boa, sendo semelhantes aos encontrados neste estudo. Os autores concluíram que, apesar da carência de alguns parâmetros importantes para a condição local dos corpos hídricos, o IQA_{CETESB} foi eficiente na apresentação dos dados de qualidade dos reservatórios (Rangel & Queiroz, 2020).

Os resultados para o cálculo do IQA_{AP} apontaram para variação entre 9 e 13 na primeira campanha e entre 6 e 7 na segunda campanha, classificando a água da barragem Jaime Umbelino de Souza como “Excelente”, conforme Tabela 3. Um estudo no rio Sergipe, com aplicação do IQA_{AP}, concluiu que a qualidade de água foi considerada imprópria para consumo humano e irrigação sem tratamento prévio, divergindo dos resultados encontrados neste trabalho, no qual os autores concluíram que fatores de origem antropogênica contribuíram para redução da qualidade da água no corpo hídrico (Santos *et al.*, 2020). A Tabela 5 apresenta as classificações dos pontos conforme a aplicação de cada IQA.

Tabela 5 – Classificação da qualidade da água da barragem Jaime Umbelino de Souza com base nos índices aplicados.

Pontos de amostragem	IQA _{CETESB}		IQA _{AP}	
	JAN/2020	NOV/2020	JAN/2020	NOV/2020
PX1	Ótima	Ótima	Excelente	Excelente
PX2	Ótima	Ótima	Excelente	Excelente
PX3	Ótima	Ótima	Excelente	Excelente
PX4	Ótima	Ótima	Excelente	Excelente

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Como pode ser observado na Tabela 5, foi apresentado o panorama da classificação das águas do reservatório Poxim no decorrer desse trabalho, com pouca variação em sua qualidade de água. Um estudo realizado em dezenove (19) reservatórios, no estado de Sergipe, constatou através da aplicação do IQA, que há influência sazonal na qualidade da água dos reservatórios, indicando, ainda, que em dezesseis (16) dos reservatórios estudados, o IQA apresentou melhoria na qualidade da água durante o período chuvoso, quando comparado ao período seco. (Silva *et al.*, 2021).

Corroborando com esse estudo, em que não foram observados grandes impactos provenientes de atividade humana, Jha *et al.* (2015) sugerem que as estações que se enquadraram na categoria boa a ótima sejam designadas como áreas saudáveis, não impactadas. Também consideram que outras estações, as que apresentarem áreas ameaçadas ou poluídas, de forma pontual, possam buscar melhorias no manejo de suas águas e usos (Jah *et al.*, 2015), de modo que possam ser adotadas medidas de mitigação para controlar a eutrofização e o influxo de poluentes (Menberu *et al.*, 2021).

4. Conclusão

Todos os parâmetros analisados para avaliação da qualidade da água da barragem Jaime Umbelino de Souza (Barragem

do Poxim) estiveram dentro dos limites aceitáveis propostos pela OMS, para Classe 1 de águas doces da Resolução CONAMA Nº 357/2005 e pela Portaria Nº 888/2021 do Ministério da Saúde, o que indica um panorama favorável à manutenção de boas condições do corpo hídrico.

A aplicação de índices para avaliação da qualidade da água do reservatório mostrou-se eficiente, pois além de confirmar a boa qualidade da água já indicada pelas características físico-químicas, não indicou nenhum trecho com graves indícios de degradação. Além disso, a utilização dos índices possibilita a transmissão de informações claras à população, além de direcionar a gestão hídrica para alternativas de melhoria e/ou manutenção das ações de preservação do ecossistema aquático.

O trabalho realizado pela Companhia de Saneamento de Sergipe no monitoramento e gestão da barragem é importante e tem se mostrado eficiente, evidenciando que medidas de proteção tendem a ser efetivas se realizadas de maneira adequada. Ainda assim, recomenda-se a continuidade do monitoramento ambiental e avaliação da qualidade das águas. A inclusão de novas variáveis de origem biológica, como coliformes termotolerantes e clorofila a, podem dar um aspecto ainda mais esclarecedor às reais condições do corpo hídrico.

A realização de campanhas que contemplem as estações secas e chuvosas é primordial para que seja possível compreender as interferências sazonais no reservatório, principalmente após eventos de precipitação. Somados a isso, o manejo adequado e uma integração com as políticas públicas ambientais de gestão dos resíduos sólidos e do uso e cobertura do solo da bacia podem gerar melhores respostas ao programa de monitoramento da bacia hidrográfica.

Como desafio para trabalhos futuros recomendamos a realização de monitoramento efetivo do reservatório, contemplando parâmetros como os de Poluentes Orgânicos Persistentes (POP) e os Contaminantes Emergentes (CE), bem como um estudo de estratificação na coluna d'água.

Agradecimentos

Ao Projeto Azahar: Flor de Laranjeiras (órgão financiador Petrobrás Sócio-Ambiental). A Fundação de Apoio à Pesquisa e à Inovação Tecnológica do Estado de Sergipe (FAPITEC/SE). Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). A Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO). Ao CNPq (processo 307748/2019-7).

Referências

- Aguiar Netto, A. O., Garcia, C. A. B., Alves, J. P. H., Ferreira, R. A., & Silva, M. G. (2013). Physical and chemical characteristics of water from the hydrographic basin of the Poxim River, Sergipe State, Brazil. *Environmental Monitoring & Assessment*, 185(5), 4417–4426.
- ANA - Agência Nacional das Águas. (2019). *Relatório de Segurança de Barragens 2018: Política Nacional de Segurança de Barragens*. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Regional. 54 p.
- Andrade, E. M., Araújo, L. F. P., Rosa, M. F., Gomes, R. B., & Lobato, F. A. O. (2017). Fatores determinantes da qualidade das águas superficiais na bacia do Alto Acaraú, Ceará, Brasil. *Ciência Rural*, 37(6), 1791-1797.
- APHA. American Public Health Association. (2005). *Standard methods for the examination of water and wastewater*, (21st ed.) Washington.
- Araújo, I. S., Blainski, E., & Garbossa, L. H. P. (2016). Influência da vazão na qualidade da água em uma seção do rio Camboriú (Santa Catarina). In: *Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, XVII.*, 2016, Florianópolis. Anais [...]. Florianópolis: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental.
- Bicudo, C. E. de M., Tundisi, J. G., & Scheuenstuhl, M. C. B. (2010). *Água dos Brasil: análises estratégicas*. São Paulo: Academia Brasileira de Ciências. 226p.
- Bouslah, S., Djemili, L., & Houichi, L. (2017). Water quality index assessment of Koudiat Medouar Reservoir, northeast Algeria using weighted arithmetic index method. *Journal of Water and Land Development*. (35)221–228. 10.1515/jwld-2017-0087
- CETESB. Companhia De Tecnologia De Saneamento Ambiental. Apêndice D - Índice de Qualidade das Águas. <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2018/06/Appendice-D-Indices-de-Qualidade-das-Aguas.pdf>.
- CETESB. Companhia De Tecnologia De Saneamento Ambiental. Apêndice E – Significado Ambiental das Variáveis de Qualidade. <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2018/06/Appendice-E-Significado-Ambiental-das-Variaveis-de-Qualidade.pdf>.

Chakraborty, S., & Kumar, R. N. (2016). Assessment of groundwater quality at a MSW landfill site using standard and AHP based water quality index: a case study from Ranchi, Jharkhand, India. *Environmental Monitoring & Assessment*, 188(6), N.PAG.

CONAMA. Conselho Nacional Do Meio Ambiente. Resolução 357. Brasília, 2005. 23 p.

Garcia, C. A. B., Melo, A. P. S., Garcia, H. L., Nascimento, C. C., Costa, S. S. L., Mendonça, M. C. S., Alves, J. P. H., Cruz, M. A. S., & Araújo, R. G. O. (2017). Evolution on the Water Quality in Sergipe Hinterland Reservoirs, Northeast Brazil. *Journal of Environmental Science and Engineering*, 6, 345-351. <https://doi.org/doi:10.17265/2162-5263/2017.07.001>.

Jha, D. K., Devi, M. P., Vidyakshmi, R., Brindha, B., Vinithkumar, N. V., & Kirubakaran, R. (2015). Water quality assessment using water quality index and geographical information system methods in the coastal waters of Andaman Sea, India. *Marine Pollution Bulletin*, 100 (1), 555-561, ISSN 0025-326X, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.08.032>.

Lobato, T. C., Hauser-Davis, R. A., Oliveira, T. F., Silveira, A. M., Silva, H. A. N., Tavares, M. R. M., & Saraiva, A. C. F. (2015). Construction Of A Novel Water Quality Index And Quality Indicator For Reservoir Water Quality Evaluation: A Case Study In The Amazon Region. *Journal of Hydrology*, 522, 674-683.

Medeiros, W. M. V., Silva, C. E., & Lins, R. P. M. (2018). Avaliação sazonal e espacial da qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Longá, Piauí, Brasil. *Revista Ambiente & Água*, 13(2).

Menberu, Z., Mogesse, B., & Reddythota, D. (2021). Evaluation of water quality and eutrophication status of Hawassa Lake based on different water quality indices. *Applied Water Science*, 11(61). <https://doi.org/https://doi-org.ez20.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s13201-021-01385-6>.

Neves, M. A., Fonseca, L. C., Macedo, L. C., & Alves, J. P. H. (2015). Estratificação da coluna d'água do reservatório do rio Poxim, São Cristóvão – Sergipe. *Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste*. 1. 1-9.

Nilin, J., Santos, A. A. O., & Nascimento, M. K. S. E. (2019). Ensaio de toxicologia para avaliação da qualidade ambiental da água em um estuário urbano tropical. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* [online]. 91(1).

Piazi, J., Lopes, F. A., & Azevedo, R. R. (2018). Qualidade das águas e outorgas superficiais no médio rio das Velhas, Minas Gerais, Brasil. *Caderno de Geografia*, 28(55).

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., 2020, Caruaru: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2020.

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.

Santos, S. A., Gastaldini, M. C. C., Pivetta, G. G., & Filho, O. S. (2018). Qualidade da água na bacia hidrográfica urbana Cancela Tamandaí, Santa Maria/RS. *Sociedade & Natureza*, 30(2), 23-44, 7.

Silva, A. F., Garcia, C. A. B., Costa, S. S. L., Santos, N. C. M., Silva, M., & Garcia, H. L. (2017). Qualidade da água do reservatório Nossa Senhora das Dores através do índice de qualidade da água de reservatório. *Scientia Plena*, 13(10), 1099-2005.

Silva, K. R., Santos, W. A., Silva, J. M., Leite, I. V., Oliveira Júnior, J. A. O., Almeida, A. Q., Garcia, C. A. B., & Costa, S. S. L. (2020). The relationship between water flow and water quality in an experimental coastal watershed microbasin in Northeastern Brazil. *Research, Society and Development*, 9(10), 1-20. 2525-3409. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i10.8944>.

Silva, R. P., Souza, R. G., Macedo, A. P. B. A., Fonseca, L. C., & Rocha, J. C. S. (2021). Avaliação da qualidade da água dos reservatórios da rede de monitoramento do estado de Sergipe. In: *Encontro de Recursos Hídricos em Sergipe*, XII., 2021, Aracaju: Associação Brasileira de Recursos Hídricos.

Souza, A. O., Carvalho, C. M., Gomes Filho, R. R., Garcia, C. A. B., Cerqueira, E. S. A., Valnir Júnior, M., Carvalho, L. L. S., Saraiva, K. R., & Silva, A. F. (2021). Temporal and spatial analysis of the waters of the irrigated perimeter Cotinguiba/Pindoba in the hydrographic region of the lower São Francisco Sergipano. *Research, Society and Development*, 10(2), 1-18. 2525-3409. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i2.12403>.

Torres, D. M. (2019). Estudo de caso sobre a qualidade da água do Rio Potengi na cidade de São Paulo do Potengi, Rio Grande do Norte, Brasil. *Holos*, 8, 1-15.

Xu, G., Zhong, X., Wang, Y., Warren, A., & Xu, H. (2014). A multivariate approach to the determination of an indicator species pool for community-based bioassessment of marine water quality. *Marine Pollution Bulletin*, 87(2), 147-151. 1879-3363. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.07.068>.