



Ciência Cidadã em Ação: Monitoramento da Qualidade da Água em Alcântara-MA com o Programa GLOBE como Ferramenta de Transformação Ambiental e Social

Enndy Layane Ribeiro De Moura

Estudante do Ensino Médio, Centro Educa Mais Aquiles Batista, Alcântara, Maranhão, Brasil

Paulo Henrique Cardoso Reis

Estudante do Ensino Médio, Centro Educa Mais Aquiles Batista, Alcântara, Maranhão, Brasil

Ana Maria Bender Seidenfuss das Neves

Professora, Centro Educa Mais Aquiles Batista, Alcântara, Maranhão, Brasil

Sergio Serra Silva

Estudante de graduação em Engenharia de Pesca, Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Pinheiro, Maranhão, Brasil

Emanuele Silva Costa

Estudante de graduação em Engenharia de Pesca, Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Pinheiro, Maranhão, Brasil

Anderson Diego da Silva Araujo

Estudante de graduação em Engenharia de Pesca, Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Pinheiro, Maranhão, Brasil

Jefferson Matos Teixeira

Graduado em Engenharia de Pesca, Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Pinheiro, Maranhão, Brasil

Aline Bessa Veloso

Coordenadora de Desenvolvimento de Competências e Tecnologia, Agência Espacial Brasileira (AEB), Brasil

Aslei Andrade da Silva

Analista de Ciência e Tecnologia da Agência Espacial Brasileira (AEB)

Mikele Candida Sousa de Sant'Anna

Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia,
Avenida dos Portugueses, número 1966, Vila Bacanga 65080-805, São Luís – MA

Daniely Gaspar De Sousa

Avenida Aurila Maria dos Santos Barros Sousa, 2010, Loteamento Frei Alberto Beretta, Estrema, Grajaú
– MA, CEP: 65940-000

Adilson Matheus Borges Machado

Universidade Federal do Maranhão, Rua Nelma Mitozo, Km 10, s/n, Enseada,
652000-000, Pinheiro – MA.

Hilton Costa Louzeiro

Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia,
Avenida dos Portugueses, número 1966, Vila Bacanga 65080-805, São Luís – MA

João Paulo Tenório da Silva Santos

Universidade Federal do Maranhão, Rua Nelma Mitozo, Km 10, s/n, Enseada,
652000-000, Pinheiro – MA.

joao.tenorio@ufma.br

Resumo

Este artigo apresenta uma análise comparativa da qualidade da água em dois pontos de monitoramento (Ponto P e Ponto FP) na cidade de Alcântara, Maranhão, durante duas campanhas de coleta de dados. O estudo focou em parâmetros físico-químicos como pH, sólidos totais dissolvidos (TDS), oxigênio dissolvido (OD), nitrito (NO_2^-), amônia (NH_3) e temperatura (T), que são indicadores essenciais para avaliar a saúde dos ecossistemas aquáticos e a qualidade da água para consumo humano. A pesquisa foi conduzida com base nas diretrizes estabelecidas pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), especialmente a Resolução nº 357/2005, que define os padrões de qualidade da água para diferentes usos. Os resultados indicaram variações significativas nos parâmetros analisados entre as duas campanhas. No Ponto P, observou-se um aumento nos níveis de TDS (de 5160 ppm para 6680 ppm) e nitrito (de indetectável para 0,33 ppm), sugerindo possíveis impactos de atividades antropogênicas, como despejos industriais ou agrícolas. Além disso, houve um aumento no oxigênio dissolvido (de 2,66 ppm para 5 ppm), possivelmente devido a uma menor decomposição de matéria orgânica ou maior circulação da água. Já no Ponto FP, os parâmetros mostraram maior estabilidade, com níveis de TDS e nitrito mais baixos e a eliminação completa da amônia, indicando um ambiente menos impactado por fontes externas de poluição. A análise do pH revelou que o Ponto P passou de neutro (7,13) para ligeiramente alcalino (7,43), enquanto o Ponto FP manteve-se levemente ácido (6,36 a 6,40). A temperatura da água permaneceu estável em ambos os pontos, com médias de 29,3°C no Ponto P e 28,66°C no Ponto FP, o que pode influenciar a solubilidade do oxigênio e a taxa metabólica dos organismos aquáticos. O estudo também destacou a importância do monitoramento contínuo da qualidade da água, especialmente em regiões como Alcântara, onde a falta de infraestrutura adequada para tratamento de água e esgoto representa um desafio significativo para a saúde pública e a sustentabilidade ambiental. A implementação de práticas de ciência cidadã, como o Programa GLOBE, foi sugerida como uma estratégia eficaz para envolver a comunidade local no monitoramento ambiental, promovendo a conscientização e a adoção de medidas preventivas para a conservação dos recursos hídricos.

Palavras-chave: Ciência Cidadã, Qualidade da Água, Monitoramento Ambiental, Programa GLOBE.

Abstract

This article presents a comparative analysis of water quality at two monitoring points (Point P and Point FP) in Alcântara, Maranhão, Brazil, during two data collection campaigns. The study focused on physicochemical parameters such as pH, total dissolved solids (TDS), dissolved oxygen (DO), nitrite (NO_2^-), ammonia (NH_3), and temperature (T), which are essential indicators for assessing aquatic ecosystem health and water quality for human consumption. The research followed guidelines established by the National Council for the Environment (CONAMA), particularly Resolution No. 357/2005, which sets water quality standards for different uses. The results revealed significant variations in the analyzed parameters between the two campaigns. At Point P, an increase in TDS levels (from 5160 ppm to 6680 ppm) and nitrite (from undetectable to 0.33 ppm) was observed, suggesting potential impacts from anthropogenic activities such as industrial or agricultural discharges. Additionally, there was an increase in dissolved oxygen (from 2.66 ppm to 5 ppm), possibly due to reduced organic matter decomposition or improved water circulation. In contrast, Point FP showed greater stability, with lower TDS and nitrite levels and the complete elimination of ammonia, indicating a less impacted environment. The pH analysis showed that Point P shifted from neutral (7.13) to slightly alkaline (7.43), while Point FP remained slightly acidic (6.36 to 6.40). Water temperature remained stable at both points, averaging 29.3°C at Point P and 28.66°C at Point FP, which may influence oxygen solubility and aquatic organisms' metabolic rates. The study underscores the importance of continuous water quality monitoring, particularly in regions like Alcântara, where inadequate water and sewage treatment infrastructure poses significant challenges to public health and environmental sustainability. The implementation of citizen science practices, such as the GLOBE Program, was suggested as an effective strategy to engage local communities in environmental monitoring, promoting awareness and preventive measures for water resource conservation.

Keywords: Citizen Science, Water Quality, Environmental Monitoring, GLOBE Program.

1. Introdução

A monitorização da qualidade da água em Alcântara, Maranhão, por meio de parâmetros físico-químicos, é fundamental para ajudar a contribuir na melhora da saúde pública bem como da preservação ambiental. A cidade, situada na baixada maranhense possui uma grande diversidade natural, enfrenta desafios relacionados ao abastecimento e à conservação de seus recursos hídricos. O acompanhamento regular de parâmetros como pH, oxigênio dissolvido, amônia, nitrito, temperatura, sólidos dissolvidos, entre outros, possibilita a avaliação preliminar da qualidade da água da região. Além disso, esses dados contribuem e podem contribuir para o desenvolvimento de políticas públicas eficazes e também promover práticas sustentáveis de uso da água, fundamentais para o bem-estar da comunidade local e a proteção dos ecossistemas aquáticos da região.

No Brasil, a gestão da qualidade da água é regulamentada por diretrizes estabelecidas pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). A Resolução CONAMA nº 357/2005 define as diretrizes para a classificação dos corpos d'água e os padrões de qualidade exigidos para diferentes usos, considerando parâmetros como pH, oxigênio dissolvido (OD), nitrogênio amoniacal, nitrito e sólidos totais dissolvidos (TDS), entre outros. Além disso, a Resolução CONAMA nº 396/2008 estabelece padrões para águas subterrâneas, enquanto a Resolução CONAMA nº 430/2011 complementa a regulamentação ao dispor sobre o lançamento de efluentes em corpos d'água.

Este estudo analisa a qualidade da água com base em dados coletados durante duas campanhas distintas em dois pontos estratégicos de monitoramento, focando nos parâmetros pH, TDS, OD, nitrito, amônia e temperatura. O objetivo é comparar os resultados obtidos ao longo das campanhas, identificar mudanças nos padrões de qualidade, avaliar a estabilidade dos parâmetros analisados e discutir os possíveis fatores ambientais e antropogênicos que possam ter influenciado tais variações.

A análise da qualidade da água é fundamental para a gestão ambiental, permitindo a avaliação e o monitoramento de ecossistemas aquáticos. Estudos recentes reforçam a relevância de parâmetros como pH, oxigênio dissolvido (OD), nitrito, sólidos totais dissolvidos (TDS) e amônia na determinação da saúde desses ecossistemas.

O pH da água influencia diretamente os processos bioquímicos e a disponibilidade de nutrientes para os organismos aquáticos. Valores de pH fora da faixa ideal podem causar estresse ou até mesmo a morte de espécies sensíveis. Além disso, o pH afeta a toxicidade de compostos químicos, como a amônia, cuja forma não ionizada (NH_3) é mais

tóxica e prevalece em pH mais elevado. Portanto, o monitoramento regular do pH é essencial para manter condições adequadas nos corpos hídricos.

O oxigênio dissolvido é vital para a respiração de organismos aeróbicos. Níveis baixos de OD podem resultar em condições anaeróbicas, prejudicando a vida aquática e favorecendo a proliferação de organismos indesejáveis. Fatores como temperatura elevada, decomposição de matéria orgânica e poluição orgânica podem reduzir os níveis de OD. Portanto, a manutenção de níveis adequados de OD é crucial para a sustentabilidade dos ecossistemas aquáticos.

O nitrito é um intermediário na oxidação da amônia para nitrato durante o processo de nitrificação. Em concentrações elevadas, o nitrito é tóxico para os peixes, podendo causar metehemoglobinemia, que compromete o transporte de oxigênio no sangue. A presença de nitrito em níveis elevados indica uma oxidação incompleta da matéria orgânica ou uma sobrecarga de nutrientes, frequentemente resultante de poluição por esgoto ou uso excessivo de fertilizantes. Monitorar os níveis de nitrito é, portanto, essencial para prevenir impactos negativos na biota aquática.

Os sólidos totais dissolvidos referem-se à concentração de substâncias inorgânicas e orgânicas dissolvidas na água. Níveis elevados de TDS podem afetar a qualidade da água, influenciando seu sabor, dureza e condutividade elétrica. Além disso, concentrações excessivas podem ser prejudiciais à vida aquática, afetando os processos osmóticos dos organismos. Fontes comuns de TDS incluem escoamento agrícola, descargas industriais e intrusão de água salina. Portanto, o controle dos níveis de TDS é importante para garantir a qualidade da água para diversos usos.

A amônia na água pode originar-se da decomposição de matéria orgânica ou de fontes externas, como despejos industriais e esgoto doméstico. A forma não ionizada da amônia (NH_3) é altamente tóxica para os organismos aquáticos e sua concentração é influenciada pelo pH e pela temperatura da água. Condições de pH elevado e temperaturas altas aumentam a proporção de NH_3 , elevando sua toxicidade. Portanto, é crucial monitorar e controlar os níveis de amônia para proteger a vida aquática e manter a qualidade da água.

A Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabelece diretrizes e padrões para a classificação e enquadramento dos corpos d'água no Brasil, considerando os parâmetros mencionados. O cumprimento dessas diretrizes é essencial para a preservação dos ecossistemas aquáticos e para assegurar a disponibilidade de água de qualidade para os diversos usos.

Em resumo, o monitoramento contínuo e a gestão adequada dos parâmetros de qualidade da água são fundamentais para a conservação dos ecossistemas aquáticos e para a saúde pública. A compreensão das interações entre esses parâmetros permite a implementação de estratégias eficazes de manejo e proteção dos recursos hídricos.

Dessa forma, este estudo contribui para a compreensão da dinâmica da qualidade da água nos pontos monitorados, fornecendo informações valiosas para subsidiar ações de gestão ambiental, preservação dos recursos hídricos e conformidade com a legislação vigente. Além de estimular a implementação do conceito de Ciência Cidadã preconizado pelo Programa GLOBE*, para contribuir na formação de alunos do ensino médio em uma escola pública localizada na cidade Alcântara – MA.

2. Pergunta e Hipótese

Pergunta: Como a ciência cidadã, por meio do Programa GLOBE e seus protocolos, pode contribuir na avaliação da qualidade de água na cidade de Alcântara – MA?

Hipótese: A implementação da ciência cidadã por meio do Programa GLOBE, utilizando protocolos padronizados de monitoramento da qualidade da água, favorece a identificação de padrões de contaminação e variações ambientais nos corpos hídricos de Alcântara – MA, permitindo a conscientização da comunidade local e contribuindo para a formulação de políticas públicas voltadas à gestão sustentável dos recursos hídricos. Caso essa hipótese seja confirmada, espera-se que a participação ativa da comunidade no monitoramento resulte na melhoria da percepção ambiental e na adoção de medidas preventivas para a conservação da qualidade da água na região.

3. Metodologia

3.1 Descrição do problema

A qualidade da água no município de Alcântara, no estado do Maranhão, representa um desafio significativo para a saúde pública e o desenvolvimento sustentável da região. A ausência de infraestrutura adequada para captação, tratamento e distribuição de água potável compromete a qualidade de vida da população, especialmente nas comunidades rurais e quilombolas, que dependem de fontes alternativas para suprir suas necessidades diárias. Esse cenário evidencia a necessidade urgente de políticas públicas voltadas para a melhoria do abastecimento e da segurança hídrica.

Um dos principais problemas enfrentados pelos habitantes de Alcântara é a contaminação da água por agentes patogênicos e substâncias químicas. Estudos indicam a presença de coliformes fecais, nitratos e metais pesados na água consumida, resultado da ausência de sistemas eficientes de tratamento e da contaminação causada pelo esgoto não tratado e resíduos industriais e agrícolas. Além disso, a utilização de fontes alternativas, como poços, cisternas e rios, eleva os riscos de exposição a doenças de veiculação hídrica, afetando principalmente crianças e idosos.

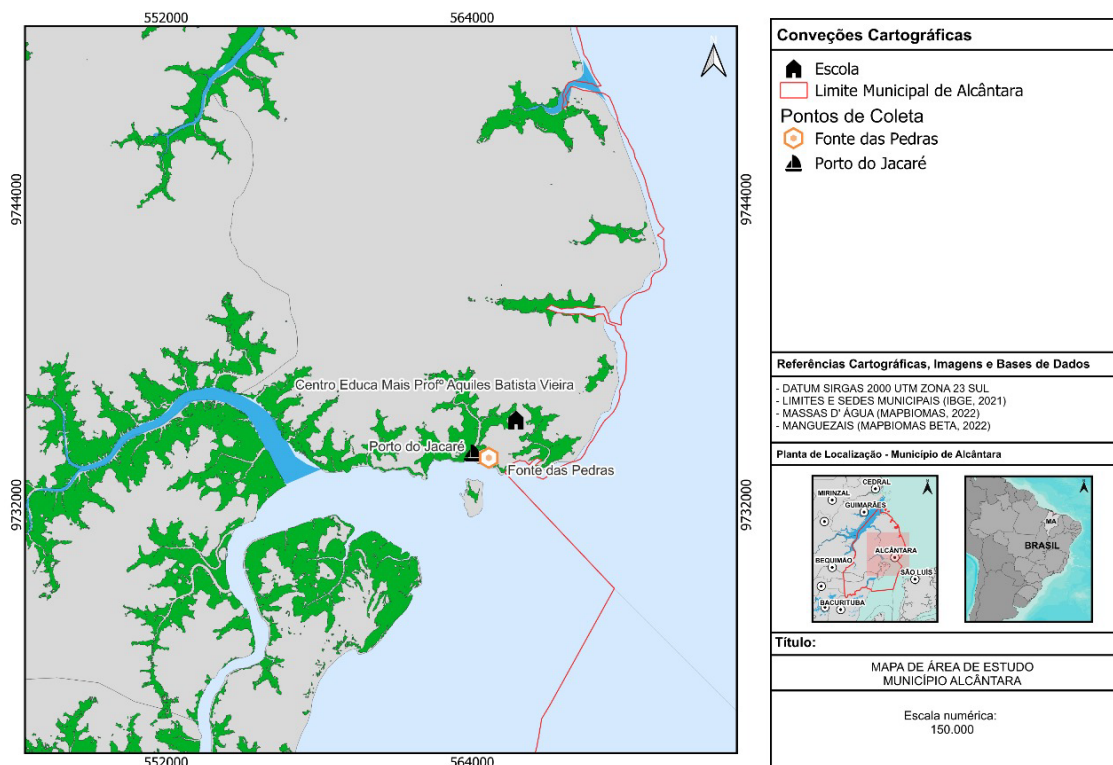
Outro fator preocupante está relacionado aos impactos ambientais e às mudanças climáticas, que influenciam diretamente a disponibilidade hídrica na região. A degradação dos recursos naturais, somada a períodos prolongados de estiagem e ao aumento da salinização de águas superficiais, compromete a oferta de água doce e intensifica a precariedade do abastecimento. Esses desafios são agravados pela falta de monitoramento contínuo da qualidade da água e pela ausência de programas estruturados que garantam o acesso à água potável.

Diante desse cenário, a implementação de medidas para a melhoria da qualidade da água em Alcântara é essencial. O investimento em infraestrutura de saneamento, o desenvolvimento de tecnologias acessíveis para purificação da água e a ampliação do acesso a fontes seguras de abastecimento são ações fundamentais para minimizar os impactos da escassez e garantir a saúde da população. Além disso, a criação de políticas públicas voltadas para a fiscalização e o controle da qualidade da água contribuirá para um futuro mais sustentável e para o fortalecimento das condições sanitárias no município.

3.2 Pontos de Amostragem

Os dois pontos de coleta selecionados foram a Fonte da Pedra e o Porto do Jacaré, como apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Localização dos pontos de coletas na cidade de Alcântara – MA.



A localização exata dos pontos é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Localização geográfica dos pontos escolhidos para amostragem.

id	Nome	Longitude (UTM)	Latitude (UTM)	Longitude (UTM)	Latitude (UTM)
1	Porto do Jacaré	564010,3244	9734055,545	44°25'27.35"O	2°24'21.43"S
2	Fonte das Pedras	564655,0308	9733852,655	44°25'6.46"O	2°24'28.03"S

3.3 Técnicas utilizadas

A coleta de dados foi realizada em dois momentos distintos, correspondentes à 1ª e à 2ª campanhas de monitoramento. Para a análise das variáveis ambientais, foram definidos dois pontos estratégicos de coleta: Ponto Porto do Jacaré (P) e Ponto da fonte

das Pedras (FP). As variáveis analisadas, que são indicadores-chave da qualidade da água, incluem:

pH

O pH é um indicador essencial para determinar a acidez ou alcalinidade da água, influenciando diretamente a saúde dos ecossistemas aquáticos e a solubilidade de diversos compostos. Para a medição, utilizou-se um medidor de pH portátil (Cloroph, modelo 009), devidamente calibrado com soluções padrão de pH 4, 7 e 10. O procedimento consistiu na imersão do equipamento nas amostras coletadas em cada ponto de monitoramento, com registro imediato das leituras. A medição foi realizada de forma direta via eletrodo, sem a necessidade de reagentes adicionais.

Sólidos Totais Dissolvidos

Os Sólidos Totais Dissolvidos medem a concentração de substâncias dissolvidas na água, refletindo a presença de minerais, sais, metais e outros compostos que podem influenciar tanto a qualidade da água quanto os organismos aquáticos. Para a análise, utilizou-se um medidor de TDS (Water Quality Tester, TDS-3), que fornece leituras em partes por milhão (ppm). O procedimento consistiu na submersão do equipamento nas amostras coletadas, registrando-se a leitura após a estabilização do valor. A medição foi realizada por meio de um sensor de condutividade elétrica, sem a necessidade de reagentes adicionais.

Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido (OD) é essencial para a respiração de organismos aquáticos, como peixes e invertebrados, sendo um fator crucial para a manutenção de ecossistemas saudáveis e para o controle de processos biológicos e químicos na água. A análise foi realizada utilizando um kit de análise colorimétrica para oxigênio dissolvido (LabconTest). O procedimento consistiu na coleta de amostras de água em frascos plásticos estéreis, seguida da adição de reagentes específicos para OD. A concentração foi determinada pela formação de um composto colorido, cuja intensidade foi comparada com a escala de referência do teste. Os reagentes utilizados incluíram a Solução Reagente 1 (sulfato manganoso e água destilada), Solução Reagente 2 (hidróxido de sódio, iodeto de potássio e água destilada) e Solução Reagente 3 (ácido sulfúrico e água destilada).

Nitrito (NO_2^-)

O nitrito é um indicador de contaminação orgânica, geralmente associado à decomposição de matéria orgânica ou ao lançamento de efluentes contendo nitrogênio. Seu excesso na água pode ser tóxico para a fauna aquática, comprometendo a qualidade do ecossistema. A análise foi realizada utilizando um kit de análise colorimétrica para nitrito (LabconTest). O procedimento envolveu a coleta de amostras de água em frascos plásticos estéreis, seguida da adição de reagentes específicos para a formação de um complexo colorido, cuja intensidade foi comparada com a escala de cores do teste. A composição dos reagentes utilizados incluiu a Solução Reagente 1 (ácido sulfanílico, ácido acético e água destilada) e a Solução Reagente 2 (alfa-naftilamina e álcool etílico).

Amônia (NH_3)

A amônia é um indicador da presença de dejetos orgânicos em ambientes aquáticos, sendo especialmente relevante na avaliação da poluição por fontes externas que podem causar desequilíbrios ecológicos. Sua toxicidade varia de acordo com o pH e a temperatura da água, influenciando diretamente a fauna aquática. A análise foi realizada utilizando um kit de análise colorimétrica para amônia (LabconTest). O procedimento consistiu no tratamento das amostras com reagentes específicos, seguido da determinação da concentração por espectrofotometria. A amostra foi misturada com os reagentes em um tubo de ensaio, e a cor resultante foi comparada com padrões conhecidos. Os reagentes utilizados incluíram solução de fenato e solução de cloreto de amônio, sendo a composição detalhada da Solução Reagente 1 (fenol, nitroprussiato de sódio, álcool isopropílico e água destilada) e da Solução Reagente 2 (hidróxido de sódio, hipoclorito de sódio e água destilada).

Temperatura (T)

A temperatura da água influencia diretamente a dissolução de gases, como o oxigênio, e as taxas de reações químicas, afetando a bioquímica do ambiente aquático. Para a medição, utilizou-se um termômetro digital à prova d'água (WMeter, TP101). O procedimento consistiu na submersão do equipamento nas amostras coletadas, com registro imediato da temperatura. A medição foi realizada de forma direta, sem a necessidade de reagentes.

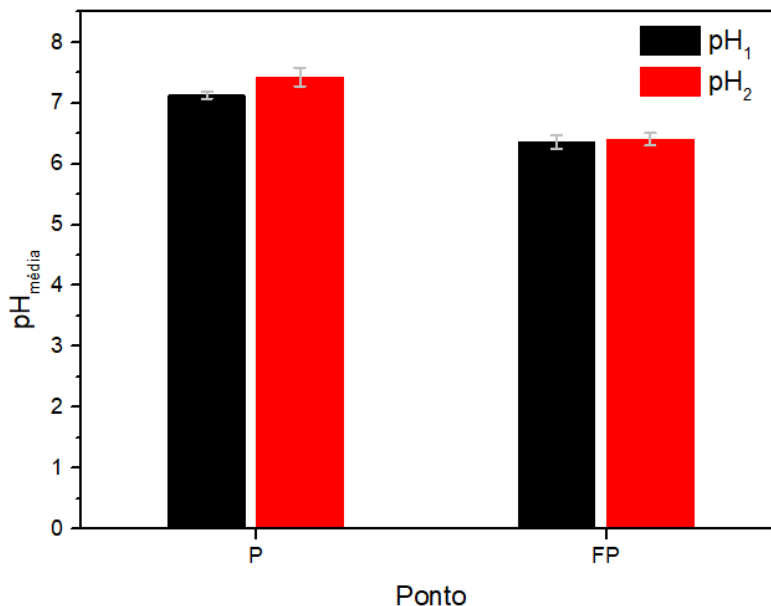
4. Resultados e Discussões

Os dados das campanhas de monitoramento foram organizados em dois momentos distintos: a 1ª e a 2ª Campanha, abrangendo medições de pH, Sólidos Totais Dissolvidos (TDS), Oxigênio Dissolvido (OD), Nitrito (NO_2^-), Amônia (NH_3) e Temperatura (T). A seguir, apresenta-se a análise comparativa dos parâmetros avaliados com embasamento na literatura científica.

4.1 pH

O pH é um dos principais parâmetros de qualidade da água, influenciando a biodisponibilidade de nutrientes e metais pesados, além de impactar a fisiologia dos organismos aquáticos. Na 1ª Campanha, o Ponto P apresentou uma média de 7,13 (próximo ao neutro), enquanto o Ponto FP registrou 6,36 (ligeiramente ácido). Na 2ª Campanha, houve um aumento para 7,43 no Ponto P, tornando-se ligeiramente alcalino, enquanto o Ponto FP manteve uma leve acidez, com média de 6,40. Na Figura 2 são apresentados os dados comparativos para a primeira (pH_1) e segunda (pH_2) campanha.

Figura 2 – Comparativo da variação do pH das duas campanhas realizadas.



De acordo com Boyd (2019), valores de pH entre 6,5 e 9 são geralmente adequados para a maioria das espécies aquáticas, pois favorecem a estabilidade dos processos metabólicos. Valores abaixo de 6,5 podem comprometer a respiração de peixes e invertebrados, enquanto pH acima de 9 pode causar toxicidade por amônia não ionizada. A leve alcalinização no Ponto P pode indicar maior atividade fotossintética, como

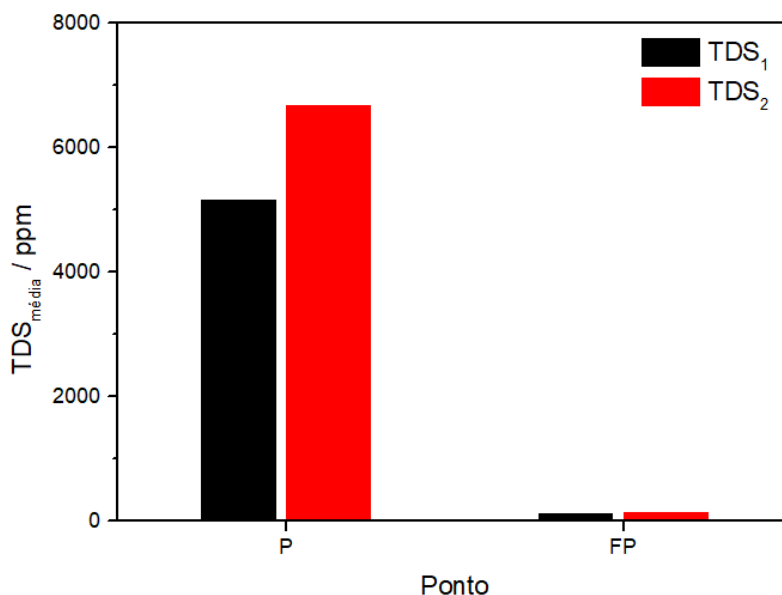
demonstrado por Wetzel (2001), que destaca o consumo de CO₂ por algas e plantas como um fator regulador do pH.

Além disso, a estabilidade relativa do Ponto FP sugere um ambiente menos sujeito a variações químicas externas, possivelmente influenciado por menor aporte de resíduos alcalinos ou ácidos. Estudos de Esteves (2011) indicam que corpos d'água com alta estabilidade química tendem a manter o pH em faixas mais estreitas ao longo do tempo.

4.2 Sólidos Totais Dissolvidos (TDS)

Os sólidos totais dissolvidos (do inglês, Total Dissolved Solids, TDS) refletem a concentração de substâncias inorgânicas e orgânicas dissolvidas na água, incluindo minerais, metais e compostos orgânicos. Na 1ª Campanha, o Ponto P apresentou um valor elevado de 5160 ppm, aumentando para 6680 ppm na 2ª Campanha, o que pode estar relacionado a maior aporte de efluentes ou processos de evaporação. No Ponto FP, os valores foram bem menores, passando de 118 ppm para 132,67 ppm. Os dados são apresentados na Figura 3.

Figura 3 – Comparativo da variação do TDS das duas campanhas realizadas.



Segundo Hem (1985), concentrações de TDS abaixo de 500 ppm são características de águas limpas, enquanto valores acima de 5000 ppm indicam águas altamente mineralizadas, com possíveis impactos ecológicos. Embora seja uma região de mangue que naturalmente haverá uma quantidade considerável de sólidos dissolvidos, os valores observados bem como o aumento registrado no Ponto P sugere a possibilidade de

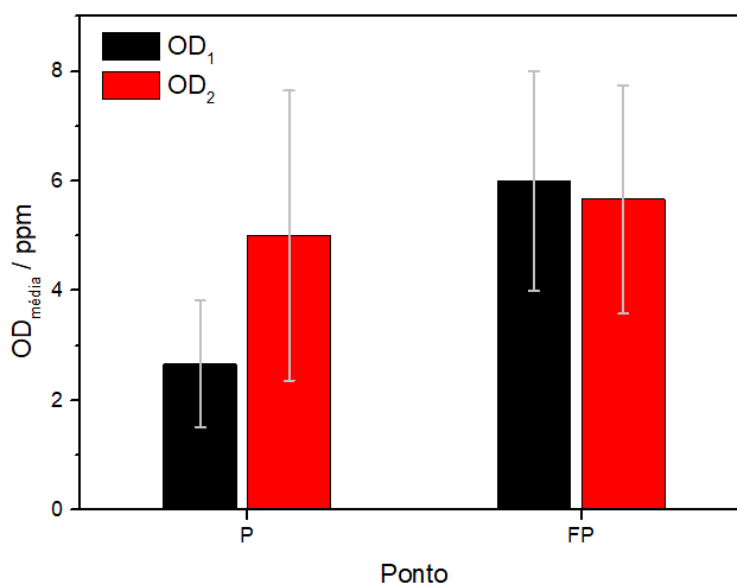
despejos antrópicos, corroborando os achados de Chapman e Kimstach (1996), que relatam que atividades agrícolas e industriais podem elevar significativamente os níveis de TDS.

A estabilidade no Ponto FP sugere um ambiente menos impactado, o que está de acordo com estudos de Allan e Castillo (2007), que indicam que águas de baixa turbidez e com pouca influência externa mantêm níveis reduzidos de TDS ao longo do tempo. Isso pode explicar a pequena variação observada nesse ponto.

4.3 Oxigênio Dissolvido (OD)

O oxigênio dissolvido (OD) é um parâmetro crítico para a manutenção da vida aquática, sendo essencial para a respiração de peixes e microorganismos aeróbicos. Na 1ª Campanha, o Ponto P apresentou um valor de 2,66 ppm, caracterizando uma baixa concentração de oxigênio, enquanto no Ponto FP os níveis foram de 6 ppm. Já na 2ª Campanha, houve um aumento significativo no Ponto P para 5 ppm, enquanto no Ponto FP houve uma leve variação para 5,66 ppm. Os dados de TDS estão apresentados na Figura 4.

Figura 4 – Comparativo da variação do TDS das duas campanhas realizadas.

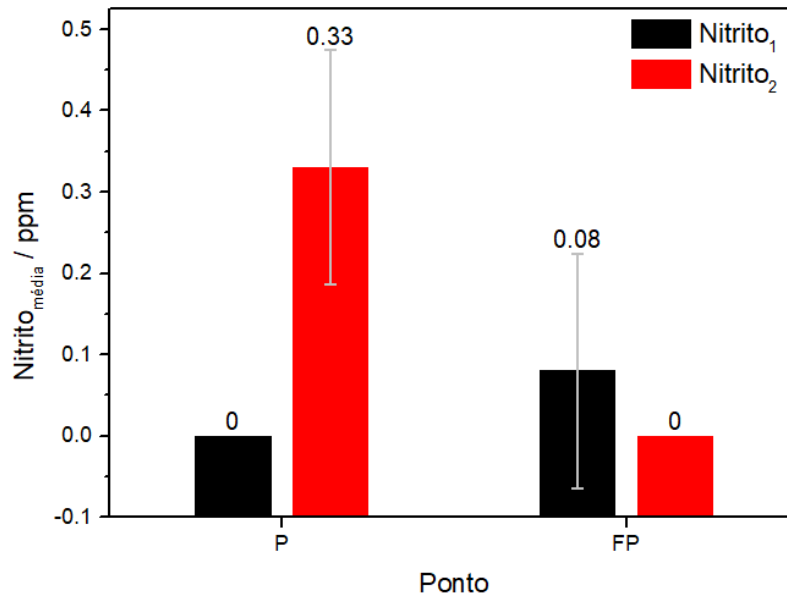


A literatura aponta que concentrações abaixo de 4 ppm podem causar estresse e mortalidade em organismos aquáticos, especialmente peixes sensíveis (Wetzel, 2001). O aumento observado no Ponto P pode estar relacionado a uma menor decomposição de matéria orgânica ou a maior circulação da água, conforme indicado por Dodds (2002). Em contraste, o Ponto FP manteve níveis de OD mais altos, indicando um ambiente mais oxigenado e estável, o que está alinhado com os achados de Boyd (2019), que destaca que corpos d'água menos impactados tendem a preservar melhores condições de oxigenação.

4.4 Nitrito (NO₂⁻)

O nitrito (NO₂⁻) é um intermediário do ciclo do nitrogênio e um indicador de contaminação orgânica. Na 1ª Campanha, os níveis foram indetectáveis no Ponto P, enquanto no Ponto FP a média foi de 0,08 ppm. Na 2ª Campanha, verificou-se um aumento expressivo no Ponto P para 0,33 ppm, enquanto no Ponto FP os níveis foram reduzidos a zero. Na Figura 5 são mostrados os resultados para o parâmetro de TDS.

Figura 5 – Comparativo da variação do TDS das duas campanhas realizadas.

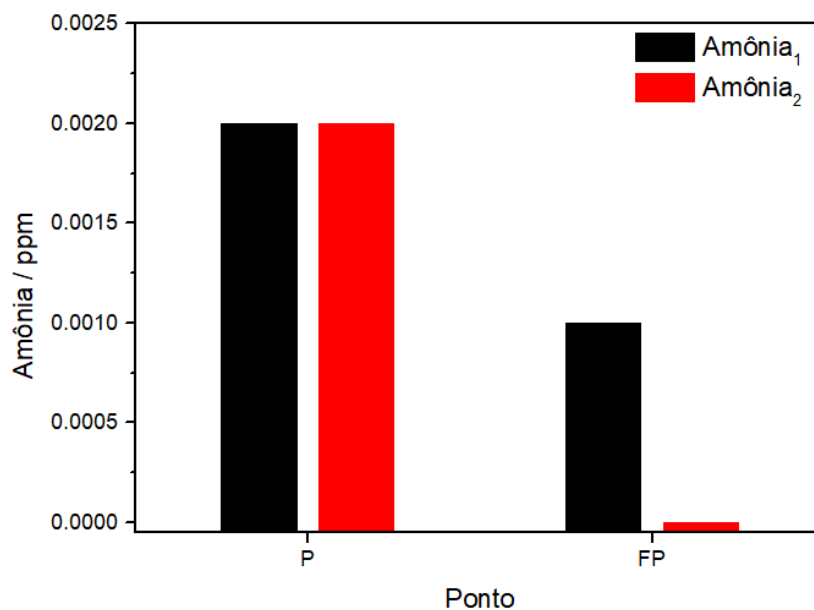


De acordo com Camargo e Alonso (2006), concentrações de NO_2^- acima de 0,1 ppm podem ser tóxicas para peixes e outros organismos aquáticos, interferindo na absorção de oxigênio pelo sangue. O aumento observado no Ponto P pode indicar início de contaminação por efluentes urbanos ou industriais, conforme relatado por Esteves (2011), que destaca o nitrito como um importante indicador de poluição. Já a redução no Ponto FP pode sugerir maior eficiência dos processos de nitrificação, convertendo NO_2^- em nitrato (NO_3^-), um composto menos tóxico.

4.5 Amônia (NH_3)

A amônia (NH_3) é um subproduto da decomposição de matéria orgânica e pode ser altamente tóxica para a fauna aquática, dependendo do pH e da temperatura. Na 1ª Campanha, os valores foram baixos, com 0,002 ppm no Ponto P e 0,001 ppm no Ponto FP. Na 2ª Campanha, os níveis no Ponto P permaneceram inalterados, enquanto no Ponto FP a amônia tornou-se indetectável. A determinação dos valores de amônia é apresentada na Figura 6.

Figura 6 – Comparativo da variação da concentração de amônia das duas campanhas realizadas.



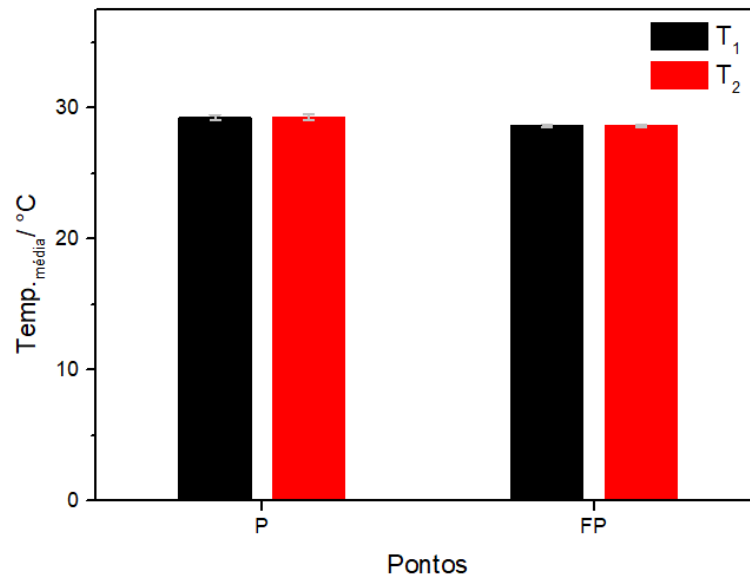
Segundo Randall e Tsui (2002), concentrações de amônia acima de 0,05 ppm podem ser letais para algumas espécies de peixes, especialmente em águas com pH elevado. O fato de os níveis permanecerem baixos indica que a degradação da matéria orgânica está relativamente controlada, conforme observado por Wetzel (2001), que afirma que a eficiência da nitrificação pode reduzir a concentração de amônia em corpos d'água saudáveis.

A eliminação da amônia detectável no Ponto FP pode indicar um ambiente mais equilibrado em termos de ciclos biogeoquímicos. Isso está de acordo com os estudos de Boyd (2019), que indicam que a conversão eficiente da amônia em nitrito e, posteriormente, em nitrato reduz seu impacto sobre os organismos aquáticos.

4.6 Temperatura (T)

A temperatura da água influencia diretamente a solubilidade de gases e a taxa metabólica dos organismos aquáticos. Nos dois períodos de monitoramento, os valores permaneceram estáveis, com médias de 29,3°C no Ponto P e 28,66°C no Ponto FP. São apresentados na Figura 7 os valores médios das temperaturas.

Figura 7 – Comparativo da variação da concentração de amônia das duas campanhas realizadas.



De acordo com Wetzel (2001), temperaturas acima de 25°C podem reduzir a solubilidade do oxigênio e aumentar a taxa metabólica dos organismos aquáticos. No entanto, a estabilidade registrada sugere que os efeitos da temperatura sobre a qualidade da água e a biota permaneceram constantes ao longo das campanhas.

5. Conclusão

Os resultados deste estudo evidenciam a importância do monitoramento contínuo e sistemático da qualidade da água, especialmente em regiões com desafios socioambientais, como Alcântara, Maranhão. As variações observadas nos parâmetros físico-químicos entre as duas campanhas, principalmente no Ponto P, indicam a influência de fatores antropogênicos, como despejos industriais, agrícolas ou urbanos, que podem comprometer a saúde dos ecossistemas aquáticos e a qualidade da água para consumo humano. O aumento significativo dos níveis de TDS e nitrito no Ponto P sugere a necessidade de ações imediatas para identificar e mitigar as fontes de contaminação, bem como a implementação de políticas públicas mais eficazes para o controle da poluição hídrica.

Por outro lado, a estabilidade observada no Ponto FP, com a eliminação da amônia e menores variações nos demais parâmetros, reforça a importância da preservação de áreas menos impactadas por atividades humanas. Esse cenário destaca a necessidade de estratégias de gestão ambiental que priorizem a proteção de ecossistemas aquáticos saudáveis, evitando a degradação futura.

A hipótese de que a ciência cidadã, por meio do Programa GLOBE, pode contribuir para a avaliação da qualidade da água e a conscientização da comunidade local foi corroborada pelos resultados. A participação ativa da população no monitoramento ambiental não apenas facilita a identificação de padrões de contaminação, mas também promove a educação ambiental e a adoção de práticas sustentáveis. A implementação de programas de ciência cidadã pode, portanto, ser uma ferramenta poderosa para a gestão sustentável dos recursos hídricos, especialmente em regiões com limitações de infraestrutura e recursos técnicos.

Em conclusão, este estudo reforça a necessidade de investimentos em infraestrutura de saneamento, tecnologias de purificação de água e políticas públicas voltadas para a fiscalização e o controle da qualidade da água. Além disso, a integração de práticas de ciência cidadã no monitoramento ambiental pode desempenhar um papel crucial na promoção da sustentabilidade e na proteção dos ecossistemas aquáticos, garantindo a saúde e o bem-estar das comunidades locais. A continuidade do monitoramento e a ampliação das campanhas de coleta de dados são essenciais para acompanhar as mudanças na qualidade da água e para orientar ações futuras de conservação e gestão dos recursos hídricos.

6. Referências

Allan, J. D., & Castillo, M. M. (2007). *Stream Ecology: Structure and Function of Running Waters*. Springer.

Boyd, C. E. (2019). *Water Quality: An Introduction*. Springer.

Camargo, J. A., & Alonso, A. (2006). Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: A global assessment. *Environment International*, 32(6), 831-849. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2006.05.002>

Chapman, D., & Kimstach, V. (1996). Selection of water quality variables. In: Chapman, D. (Ed.), *Water Quality Assessments - A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring* (2nd ed., pp. 59-126). WHO/UNESCO/UNEP.

Dodds, W. K. (2002). *Freshwater Ecology: Concepts and Environmental Applications*. Academic Press.

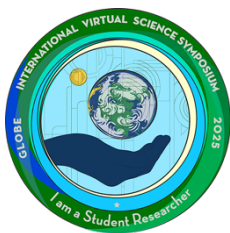
Esteves, F. A. (2011). *Fundamentos de Limnologia* (3ª ed.). Interciência.

Hem, J. D. (1985). *Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water* (3rd ed.). U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 2254.

Randall, D. J., & Tsui, T. K. N. (2002). Ammonia toxicity in fish. *Marine Pollution Bulletin*, 45(1-12), 17-23. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(02\)00227-8](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(02)00227-8)

Wetzel, R. G. (2001). *Limnology: Lake and River Ecosystems* (3rd ed.). Academic Press.

7. Badges



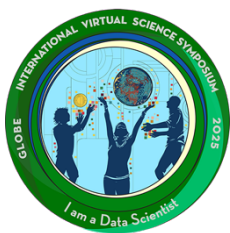
I AM A STUDENT RESEARCHER

O artigo apresenta uma pergunta científica bem definida: "Como a ciência cidadã, por meio do Programa GLOBE e seus protocolos, pode contribuir na avaliação da qualidade da água na cidade de Alcântara – MA?". Essa pergunta guiou a coleta de dados e a análise, tornando esta badge altamente relevante.



I AM A COLLABORATOR

O estudo propõe a participação da comunidade local de Alcântara por meio do Programa GLOBE, promovendo a ciência cidadã e a colaboração entre estudantes, educadores e a população. A coleta de dados e a análise da qualidade da água envolvem um esforço conjunto, o que se encaixa perfeitamente nesta badge.



I AM A DATA SCIENTIST

O estudo incluiu uma análise detalhada dos parâmetros de qualidade da água (pH, TDS, OD, nitrito, amônia e temperatura) em duas campanhas distintas, com comparações e discussões baseadas em literatura científica. A análise dos dados e a interpretação dos resultados são pontos fortes do trabalho, alinhando-se com esta badge.



I AM A PROBLEM SOLVER

O estudo implementa ações concretas, como campanhas de monitoramento, e promove o envolvimento da comunidade na coleta de dados, fortalecendo a gestão sustentável dos recursos hídricos. Ao aliar educação científica, conscientização ambiental e participação cidadã, o trabalho demonstra impacto potencial na saúde pública e na preservação dos ecossistemas aquáticos, alinhando-se aos objetivos do GLOBE e destacando-se como uma iniciativa transformadora.