



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS AGRÁRIAS
ZOOTECNIA

ANITA NEVES SANTISTEABAN

“QUALIDADE DA ÁGUA DURANTE A IV EXPEDIÇÃO AO BAIXO RIO SÃO FRANCISCO PARA FINS DE PRESERVAÇÃO E ABASTECIMENTO DOS MUNICÍPIOS RIBEIRINHOS”

Rio Largo, 2025
ANITA NEVES SANTISTEBAN

Qualidade da Água do Baixo Rio São Francisco para fins de Preservação e Abastecimento dos Municípios
Ribeirinhos

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de zootecnia da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharelado/Licenciatura em zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. Emerson Carlos Soares.

Rio Largo

2025

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
Bibliotecário Responsável: Erisson Rodrigues de Santana - CRB4 – 1512

S236q Santisteban, Anita Neves.

Qualidade da água durante a iv expedição ao baixo rio São Francisco para fins de preservação e abastecimento dos municípios ribeirinhos. / Anita Neves Santisteban. – 2025.

36 f.: il.

Orientador(a): Emerson Carlos Soares.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Zootecnia) – Graduação em Zootecnia, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo, 2025.

Inclui bibliografia

1. Rio São Francisco. 2. Qualidade da Água. 3. Poluição . I. Título.

CDU: 628.1


Folha de Aprovação

ANITA NEVES SANTISTEBAN

“QUALIDADE DA ÁGUA DURANTE A IV EXPEDIÇÃO AO BAIXO RIO SÃO FRANCISCO PARA FINS DE PRESERVAÇÃO E ABASTECIMENTO DOS MUNICÍPIOS RIBEIRINHOS”


Trabalho de Conclusão de Curso de zootecnia submetido à banca examinadora da Universidade Federal de Alagoas como requisito parcial para obtenção do título de bacharela.

Aprovado em: 25/11/2025


Documento assinado digitalmente
 EMERSON CARLOS SOARES E SILVA
Data: 29/10/2025 17:43:37-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

(Orientador (a) - Prof. Dr. Emerson Carlos Soares)

Banca examinadora:

Documento assinado digitalmente
 VIVIAN COSTA VASCONCELOS
Data: 29/10/2025 17:29:21-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

(Examinador (a) Externo (a) – Mestre Vivian Costa Vasconcelos

Documento assinado digitalmente
 THEMIS DE JESUS DA SILVA
Data: 29/10/2025 17:40:22-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

(Examinador (a) Interno (a) - Prof. Dra. Themis Jesus Silva

Dedico este trabalho a minha amiga Viviam que sempre acreditou em mim e me ensinou com carinho e acompanhou cada passo da minha trajetória. Jamais esquecerei as nossas risadas durante nosso tur pelo CECA vazio durante a pandemia e o quanto você me incentivou a prosseguir, mesmo nos meus momentos mais difíceis.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a DEUS por me dá saúde e força para concluir este trabalho.

Agradeço profundamente meus coordenadores Emerson Soares e Themis de Jesus, pelo apoio e amizade, durante minha jornada e pelo convite para participar da Expedição Científica, onde tive a oportunidade ímpar de ampliar minhas amizades e guardar na memória momentos inesquecíveis.

Agradeço a equipe de bancada, Fábio, Edmara, Alice, Edjane, Kailanye, por dividirem comigo tantos momentos de aprendizado e responsabilidade.

Agradeço a equipe LAQUA. Grata pelos momentos compartilhados.

Agradeço a Vivian, os ensinamentos, amizade e a honra de ter - lá em minha defesa.

Às amigas que tive a oportunidade de fazer, em todas as turmas pela qual passei: Jéssica, Shirley, Creusa, Laíz, Luana, Emmanuelle, Alanderson, Vitória, Ezir, Danilo, Lívia, Alan, Thaynan, Ludymilla, Dudinha Lira, Anete, Ramon, Diego, Maria Emile, pela caminhada e a todos que tive o prazer de conhecer nessa jornada.

Um agradecimento especial a todos os meus professores, as minhas amigas Edjane, Vanda, as tias do lanche, a tia da limpeza Nena.

Agradecimento especial a professora Sandra que muito me ajudou e me encorajou a prosseguir, quando minhas forças estavam se exaurindo.

RESUMO

O Rio São Francisco, com uma extensão de 2.800 km, é dividido em alto, médio, submédio e baixo, sendo a região baixa responsável por 5% da bacia. O objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade da água ao longo do baixo rio e entender o impacto das variações na vazão e nas condições climáticas, além de sugerir melhorias para sua preservação. A pesquisa adotou uma abordagem quantitativa e descritiva, coletando amostras de água em diversos pontos do rio, em vários municípios até a Foz. Foram analisados parâmetros físico-químicos e os parâmetros microbiológicos. A análise comparou os resultados com os padrões da Resolução CONAMA nº 357/2005 e avaliou variações devido a mudanças na vazão. Os resultados mostraram variações significativas na qualidade da água, com altos níveis de coliformes totais e *Escherichia. coli* em várias localidades, como Pão de Açúcar e Penedo, indicando poluição severa associada ao lançamento inadequado de esgoto, isso acontece devido a falta de saneamento básico, nos municípios afetados. A análise revelou que a retenção de água durante períodos de seca e a liberação da vazão durante períodos úmidos afetam a concentração de poluentes, exacerbando a poluição. Parâmetros como potássio e nitrito apresentaram variações preocupantes, especialmente na Foz, sugerindo a presença de contaminantes adicionais. Apesar de alguns parâmetros, como pH e amônia, estarem dentro dos padrões de potabilidade, a condutividade elétrica e os sólidos totais dissolvidos (TDS) aumentaram em direção à Foz, indicando a presença de poluentes. Destaca-se a necessidade urgente de melhorar a infraestrutura de saneamento e tratamento de esgoto nas áreas ribeirinhas. A persistência de altos níveis de contaminação e a variação na concentração de poluentes evidenciam a insuficiência das medidas atuais de controle. Recomenda-se expandir e modernizar as redes de saneamento e realizar monitoramento contínuo da qualidade da água para identificar e resolver problemas emergentes.

Palavras-chave: Rio São Francisco; Qualidade da Água; Poluição.

ABSTRACT/

The São Francisco River, stretching 2,800 km, is divided into upper, middle, sub- middle, and lower regions, with the lower region accounting for 5% of the basin. The objective of this study was to evaluate water quality along the lower river and understand the impact of variations in flow and climatic conditions, as well as to suggest improvements for its preservation. The research adopted a quantitative and descriptive approach, collecting water samples at various points along the river, in several municipalities up to its mouth. Physical/chemical parameters and microbiological parameters were analyzed. The analysis compared the results with the standards set by CONAMA Resolution No. 357/2005 and assessed variations due to changes in flow and climate. The results revealed significant variations in water quality, with high levels of fecal coliforms and *Escherichia coli* in several locations, such as Pão de Açúcar and Penedo, indicating severe pollution associated with improper sewage disposal. The analysis showed that water retention during dry periods and release during wet periods affect pollutant concentrations, exacerbating pollution. Parameters such as potassium and nitrite exhibited concerning variations, especially near the river's mouth, suggesting the presence of additional contaminants. Although some parameters, like pH and ammonia, met potability standards, electrical conductivity and total dissolved solids (TDS) increased towards the river's mouth, indicating the presence of pollutants. The conclusions highlight the urgent need for improvements in sanitation infrastructure and sewage treatment in riparian areas. The persistence of high contamination levels and variations in pollutant concentrations underscore the inadequacy of current control measures. It is recommended to expand and modernize sanitation networks and conduct continuous water quality monitoring to identify and address emerging problems.

Keywords: São Francisco River; Water Quality; Pollution.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Mapa indicando os locais de coleta das amostras 24
- Figura 2 -Embalagem contendo 10 reagentes ONPG-MUG (A), 100 mL da amostra, (B), 24
Agitador (C), divisão da amostra em cinco tubos de 20mL
(D), colocação das amostras em estufa a 35° C (E), manutenção das amostras
por um período de 24 horas, (F).
- Figura 3 -Tubos de ensaio apresentando fluorescência de cor azul/esverdeada sob luz 26
ultravioleta (UV) em comprimento de onda de 365 nm

LISTA DE GRÁFICOS/TABELA

Gráfico 1 - Análise microbiológica das águas do Baixo rio São Francisco- Superfície	27
Gráfico 2 -Análise microbiológica das águas do Baixo Rio São Francisco- Fundo	28
Gráfico 3 -Variações das concentrações de ORP, TDS e Turbidez	33
Tabela 1 -Compostos nitrogenados, fosfato, sulfato e potássio avaliados durante a expedição científica.	
Tabela 2 - Parâmetros físico-químicos da água extraídos da sonda multiparamétrica	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

LAQUA	Laboratório de Aquicultura e Ecologia Aquática
CECA	Centro de Engenharias e Ciências agrária
UFAL	Universidade Federal de Alagoas

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	18
2. OBJETIVO	19
2.1 Objetivo Geral	19
2.2 Objetivos específicos	19
3. REFERENCIAL TEÓRICO	20
3.1 Uso da Água no Brasil	20
3.2 Qualidade da Água	20
3.3 Indicadores de qualidade – Índice de qualidade das Águas (IQA)	22
3.4 Parâmetros físico-químicos	22
3.5 Parâmetros Microbiológicos	22
4 METODOLOGIA	23
4.1 Descrição da área de estudo	23
4.2 Ensaio Microbiológicos	24
4.3 Análise físico-química	25
5 RESULTADOS e DISCUSSÃO	26
5.1 Análise microbiológica	26
5.2 Análise dos Parâmetros físico-químicos	28
6 CONCLUSÃO	36
REFERÊNCIAS	37

1. INTRODUÇÃO

O Rio São Francisco, conhecido como o “Velho Chico”, é um dos mais importantes cursos d’água do Brasil (Pereira,2007; Camargo,2023), abrangendo aproximadamente **2.800** quilômetros e atravessando os estados de Minas Gerais, Bahia, Pernambuco, Alagoas e Sergipe (Souza; França,2023). Esse rio é vital para o abastecimento de água, a agricultura e a geração de energia na região nordeste do Brasil, além de desempenhar um papel crucial na manutenção da biodiversidade aquática e terrestre ao longo de sua bacia (Leal; Santos; Gomes 2024). Contudo, a qualidade da água do Rio São Francisco tem sido comprometida por diversas pressões antrópicas, o que representa um desafio significativo para a gestão dos recursos hídricos (Guida; Trevisan, 2024).

Nos últimos anos, o aumento da urbanização, da agricultura intensiva e da atividade industrial nas áreas ribeirinhas tem gerado impactos negativos na qualidade da água do rio (Camargo,2023). Poluentes, como esgoto doméstico, resíduos industriais e fertilizantes agrícolas, têm contribuído para a degradação ambiental e a alteração dos parâmetros naturais da água (Leal; Santos; Gomes, 2024). Esses problemas não apenas afetam a saúde dos ecossistemas aquáticos, mas também representam riscos para a saúde pública e a segurança hídrica das populações que dependem do rio para o abastecimento de água potável (Souza; França, 2023).

Segundo Andreoli (2000), o crescimento populacional desordenado às margens dos rios causa o comprometimento da qualidade da água e o desmatamento da vegetação, em virtude do despejo de esgotos sanitários e do descarte de lixo impróprio, que contamina as águas com a presença de coliformes e contaminantes oriundos dos resíduos industriais e urbanos. A água de consumo não deve apresentar riscos à saúde humana e deve possuir ausência de organismos microbiológicos em 100 mL das amostras. Anvisa, (2021).

Neste contexto, a análise da qualidade da água do Rio São Francisco é essencial para compreender os efeitos das atividades humanas e para promover práticas de manejo sustentável (Camargo, (2023). Diante disso, o presente estudo foca na região do Baixo São Francisco, abrangendo os municípios de Piranhas, Pão de Açúcar, Traipu, São Brás, Propriá, Igreja Nova, Penedo e Piaçabuçu, e utiliza dados coletados durante a IV Expedição Científica, realizada entre 29 de outubro e 10 de novembro de 2021.

Portanto, este trabalho pretende contribuir significativamente para o conhecimento científico sobre a qualidade da água do Rio São Francisco, bem como para a implementação de estratégias eficazes de gestão e conservação.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Coletar e analisar amostras de água da região do Baixo Rio São Francisco, com o intuito de avaliar o impacto em decorrência das atividades humanas, com fins de detectar os níveis de Coliforme e *Escherichia Coli*.

2.2 Objetivos Específicos

Coletar e avaliar dados limnológicos em diferentes pontos dos municípios de Piranhas, Pão de Açúcar (AL), Traipu (AL), São Brás (AL), Propriá (SE), Igreja Nova (AL), Penedo (AL) e Piaçabuçu (AL) e Foz (AL), durante a IV Expedição Científica (2021), para determinar a presença de coliformes totais e *E. coli*;

Mensurar e avaliar alguns parâmetros físico-químicos da água, para compreender as condições ambientais e a presença de substâncias potencialmente prejudiciais.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Uso da Água no Brasil

O gerenciamento e a utilização dos recursos hídricos são questões de crescente relevância no Brasil, especialmente em um contexto onde o aumento da demanda e as mudanças climáticas exacerbam a pressão sobre esses recursos. De acordo com UNESCO (2021), sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos, em comemoração ao Dia Mundial da Água destaca a necessidade urgente de adotar economias verdes e políticas hídricas integradas para garantir a eficiência no uso da água. Esse relatório da UNESCO revela que, no último século, o consumo de água global aumentou seis vezes, e muitos locais enfrentam uma "escassez econômica" onde, apesar da disponibilidade física de água, a falta de infraestrutura impede o acesso adequado.

Para a (ODS) Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da agenda 2030 da ONU, a água é um fator importante a ser resolvido, por ser um recurso básico para a humanidade e ser a origem de todos os alimentos para todas as espécies. Uma mudança na educação e no comportamento humano se faz necessário para o uso sustentável desse recurso tão importante para a humanidade e organismos aquáticos.

No entanto Souza (2017), em estudos sobre a bacia hidrográfica do rio Poxin, em Sergipe, observou que neste ambiente havia intensa degradação antrópica ao analisar os níveis de coliformes totais ao longo do rio, desde a nascente até a foz do rio Poxin, foi detectado contaminação em todos os pontos de coleta. Estes resultados contribuem para o entendimento da realidade atual do rio e para a expansão de ações futuras de saneamento básico não só na principal calha do rio São Francisco, como também em seus efluentes, com aspectos principais à conservação do ecossistema.

O descarte inadequado de diferentes fontes contribui para a degradação do rio, afetando as características da água e do solo e contaminando o meio ambiente Melo *et al.*, (2020). Entretanto no estudo do rio em questão foram analisados a quantidade de coliforme e *Escherichia coli* em vários municípios bem como os parâmetros físico /químicos como: amônia, nitrito, sulfato, potássio e fosfato.

3.2 Qualidade da Água

A qualidade da água é influenciada por uma combinação de fatores naturais e ações humanas. Naturalmente, a decomposição de matéria orgânica, a lixiviação de nutrientes, a dissolução de minerais e os processos atmosféricos contribuem para a composição da água em lagos e rios. No entanto, as ações humanas têm um impacto significativo na degradação da qualidade da água. O despejo de efluentes, o lixo e os poluentes químicos resultam em uma ampla gama de contaminantes, como microrganismos patogênicos, metais pesados, matéria orgânica, nutrientes, pesticidas e micro poluentes como disruptores endócrinos e microplásticos. Estudos, como os de Zerws (2015), destacam que o acesso a água livre de contaminantes químicos e patogênicos, é um direito fundamental que deve ser garantido a todos os cidadãos.

3.3 Indicadores de Qualidade – Índice de Qualidade das Águas (IQA)

O Índice de Qualidade das Águas (IQA), introduzido pela CETESB (1975), é uma ferramenta importante para avaliar a qualidade da água em seu estado bruto e após tratamento para abastecimento público. O IQA utiliza nove parâmetros, cada um com um peso específico, para determinar a qualidade da água. Esses parâmetros incluem oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio (DQO), temperatura da água, nitrogênio total, fósforo total, turbidez e resíduo total. No entanto, o IQA tem limitações, pois não avalia substâncias tóxicas e pode não refletir completamente a qualidade da água.

3.4 Parâmetros Físico-Químicos

Os parâmetros físico-químicos são essenciais para a avaliação da qualidade da água. O oxigênio dissolvido é um parâmetro vital para a vida aquática, e suas concentrações podem indicar poluição quando reduzidas.

Segundo Mota, (2012) essas concentrações mais baixas, sugerem características indesejáveis ao corpo hídrico, tornando-o inadequado para o abastecimento público. Portanto uma água não poluída deve estar saturada de oxigênio. Entretanto, baixos níveis de oxigênio dissolvido são indicativos de grande atividade bacteriana em decomposição da matéria orgânica lançada no ambiente aquático.

A temperatura da água influencia a viscosidade, a tensão superficial e os organismos aquáticos, podendo causar impactos negativos se estiver fora dos limites de tolerância, segundo a Resolução Conama 357/2005, para os padrões de potabilidade da água. O pH da água afeta a saúde dos organismos aquáticos, se as variações estiver fora do intervalo recomendado pela resolução Conama 357/2005 de (6 a 9), que é o intervalo considerado aceitável para água doce de classe 1, essa alteração pode potencializar a toxicidade de substâncias químicas.

Entretanto Libânio (2016), diz que inúmeros fatores podem alterar o pH da água, entre eles podemos citar atividades de algas (fotossíntese e respiração), dissolução de rochas, bem como lançamentos de efluentes industriais e domésticos.

3.5 Parâmetros Microbiológicos

A água potável deve estar em conformidade com o padrão microbiológico, pois a detecção de microrganismos considera esta como imprópria para o consumo, pois os coliformes totais são indicadores importantes da poluição por esgotos domésticos e podem sinalizar a presença de patógenos que causam doenças como desintéria bacilar e cólera. Garantir a potabilidade da água e

a redução de contaminação microbiológica é fundamental para a saúde pública e o abastecimento seguro Brasil, (2021).

Em estudos realizados por Neves *et al.* (2015), diz que ambientes com alta densidade urbana está sujeito a esse tipo de contaminação microbiológica, pois essa poluição contribui com o surgimento de doenças de veiculação hídrica como, giardíase, amebíase, gastroenterite etc.

Além disso, a gestão da água deve considerar a necessidade urgente de produzir alimentos com menos água, implementar saneamento básico e resolver conflitos entre o uso da água para cidades e agricultura. O Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização Mundial da Saúde (ONU) para 2030 sublinha a importância de garantir o acesso à água de qualidade e em quantidade suficiente para um desenvolvimento sócio econômico justo e sustentável. A Portaria Nº 518/2004 e a Resolução Conama nº 357/2005 estabelecem diretrizes para o controle e vigilância da qualidade da água, considerando os padrões de potabilidade e as exigências para diferentes usos da água.

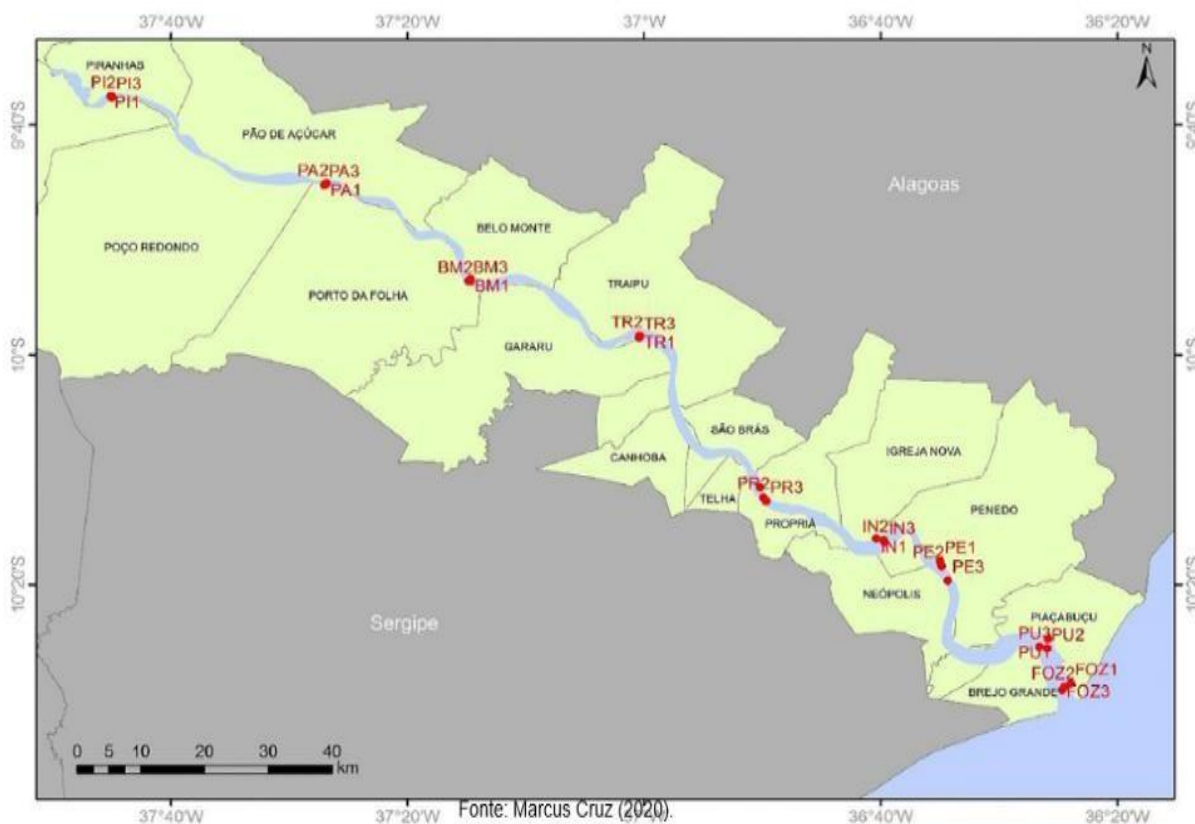
METODOLOGIA

4.1 Descrição da área de estudo

As coletas foram realizadas na região do Baixo São Francisco, abrangendo os municípios de Piranhas (AL), Pão de Açúcar (AL), Traipu (AL), São Brás (AL), Propriá (SE), Igreja Nova (AL), Penedo (AL) e Piaçabuçu (AL) e Foz (AL) durante a IV Expedição Científica, realizada entre os dias 29 de outubro e 10 de novembro de 2021, os dados foram comparados a vazão dos anos de 2019 e 2020.

As amostras de água foram coletadas em cada município nas seguintes condições: na superfície e fundo, a montante, meio (ponto de parada das embarcações) e a jusante, para amostragem de fundo, foi utilizado a garrafa de Van Dorn. As análises das amostras foram realizadas no Laboratório de Aquicultura e Ecologia Aquática (LAQUA) do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas (CECA/UFAL), em Alagoas, Brasil.

Figura 1- Mapa indicando os locais de coleta das amostras



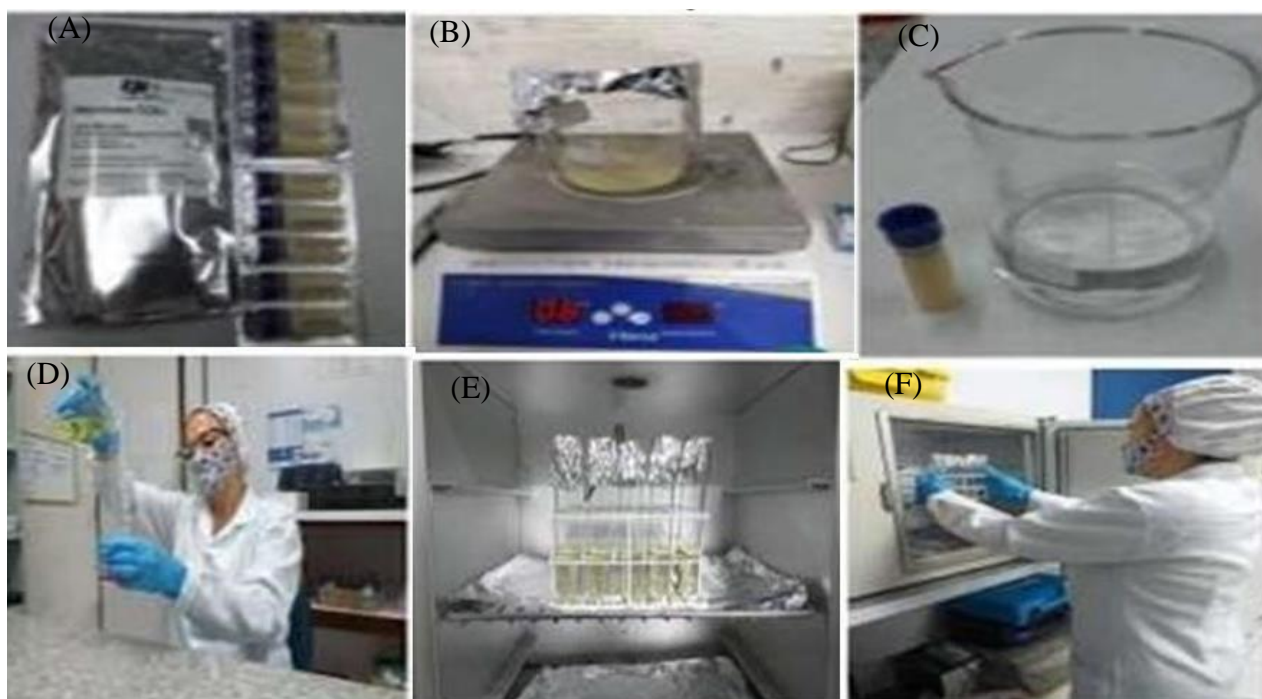
Locais de coleta: Piranhas (AL); Pão de Açúcar (AL); Traipu (AL); São Brás (AL);

Propriá (SE); Igreja Nova (AL); Penedo (AL); Piaçabuçu (AL); Foz (AL).

4.2 Ensaios Microbiológicos

Para a análise de coliformes totais e *Escherichia coli*, (Figura 2), foi empregada a técnica do substrato enzimático Aquateste Coli®–ONPG MUG (Registro na Anvisa: 100.970.10.149), conforme a metodologia de Bianchin (2012). Foram coletadas 48 amostras no total, sendo 24 na superfície e 24 no fundo. Em cada amostra foi utilizado um tubo do reagente ONPG-MUG, misturando 100 mL da amostra com um sachê do reagente e agitado por 3 minutos. A amostra foi então dividida em cinco tubos de ensaio, com 20 mL de volume cada, e incubada a 35°C por 24 horas. A presença de coliformes totais e *Escherichia coli* foi determinada com base na emissão de fluorescência sob luz ultravioleta (UV) de 365 nm, indicando a atividade das enzimas β -galactosidase e β glucuronidase, respectivamente (**Figura 2**).

Figura 2. Reagente aquateste Coli ONPG-MUG (A), 100 mL da amostra (B), agitador (C), divisão da amostra em cinco tubos de 20 mL (D) , colocação das amostras em estufa a 35° C (E), manutenção das amostras por um período de 24 horas (F).



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Este método é baseado na atividade das enzimas β -galactosidase e β -glucuronidase presentes em coliformes totais e *E. coli*, respectivamente. A técnica é capaz de fornecer resultados qualitativos (presença/ausência) e quantitativos, expressos como Número Mais Provável (NMP) de coliformes por 100 mL de amostra, utilizando tabelas baseadas na distribuição de Poisson para estimativas estatísticas da concentração.

A tabela apresenta a relação entre o número de tubos positivos e o respectivo valor de Número Mais Provável (NMP/100 mL) de coliformes totais, obtido a partir do método presuntivo de fermentação em série múltipla, conforme metodologia descrita por Aquateste coli (2018).

Tabela NMP- Número Mais Provável para 5 porções de 20 mL

Tubos Positivos	NMP/100/mL
0	<1,1
1	1,1
2	2,6
3	4,6
4	8
5	>8,0

Fonte: Aquateste coli, (2018)

4.3 Análise Físico-Química

Em cada município foram coletadas amostras de água em três pontos em duplicatas, na superfície (cerca de 50 cm de profundidade da lâmina d'água) a montante, ponto do barco (área central da cidade) e a jusante com auxílio da garrafa de Van Dorn.

A amônia, nitrito, fósforo, potássio e sulfato foram analisados com base em amostras armazenadas em recipientes estéreis de polietileno de 250 mL. Estas amostras foram refrigeradas a 8°C até a análise no laboratório. As variáveis físico-químicas, como oxigênio dissolvido (OD), potencial hidrogeniônico (pH), temperatura da água (°C), turbidez (FNU), condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), potencial de óxido-redução (ORP), sólidos dissolvidos totais (TDS) e salinidade (PSU), foram medidas in situ utilizando sonda multiparamétrica (modelos HI 9829 e HI 98494, ambas da HANNA Instruments). Para os parâmetros químicos, como nitrito (NO_2^-), amônia ($\text{NH}_3\text{-N}$), fósforo (P), potássio (K), sulfato entre outros. Foram utilizados espectrofotômetros (modelos HI83399 e HI839800, HANNA Instruments, e espectrofotometria UV Kasvi e Merck®) para análise no laboratório.

4 . RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.4 Análise microbiológica

A análise microbiológica dos dados revelou que os pontos de Piranhas, Pão de Açúcar, Traipu, Propriá, Penedo e Foz apresentaram elevados índices de coliformes totais, conforme detalhado na (**Tabela1**). A presença de coliformes totais foi detectada em todos os pontos de coleta, com valores que superam significativamente os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005.

Entretanto estudos realizados por Araújo; Angelakis (2016), indica que a prática de reuso de água é uma excelente alternativa para garantir água em quantidade e aliviar as pressões nos mananciais, pois uma vez que água é tratada otimiza a qualidade para os diversos usos, e assim reduz conflitos pelo uso da água e conseqüentemente contribui para o desenvolvimento sócio econômico regional.

Portanto várias regiões do mundo, como áreas do Oriente Médio, países da África como África do Sul e Namíbia, países mediterrânicos, Austrália, Singapura, México, Chile e diversos estados dos Estados Unidos já praticam o reuso de água de forma sistematizada (direta ou indiretamente), inclusive para uso potável, pois é uma água livre de patógenos. Nesse contexto Israel merece destaque, por praticar atualmente o reuso de 87% do efluente tratado na irrigação, superando 40% da demanda de água necessária para agricultura no país Marin, (2017). De acordo com o (MCTI), Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, pesquisadores do (INSA) Instituto Nacional do Semiárido, desenvolveram uma solução para a falta de água e saneamento básico nas áreas rurais do semiárido brasileiro. Através da tecnologia de Saneamento Ambiental e reuso de Água (Sara), o esgoto é tratado e transformado em água para ser usada na irrigação e na agricultura familiar. (Gov.br) Acesso em 09/11/ 2025. Desta forma, um alto índice de contaminantes como *E. coli* foi detectado nos municípios estudados, conforme mostra a (Figura3).

Figura 3: Coliformes totais e *E. coli* presentes nas amostras de Traipu/AL, Tubos de ensaio apresentando fluorescência de cor azul/esverdeada sob luz ultravioleta (UV) em comprimento de onda de 365 nm, os resultados quantitativos baseiam-se na tabela de Número Mais Provável

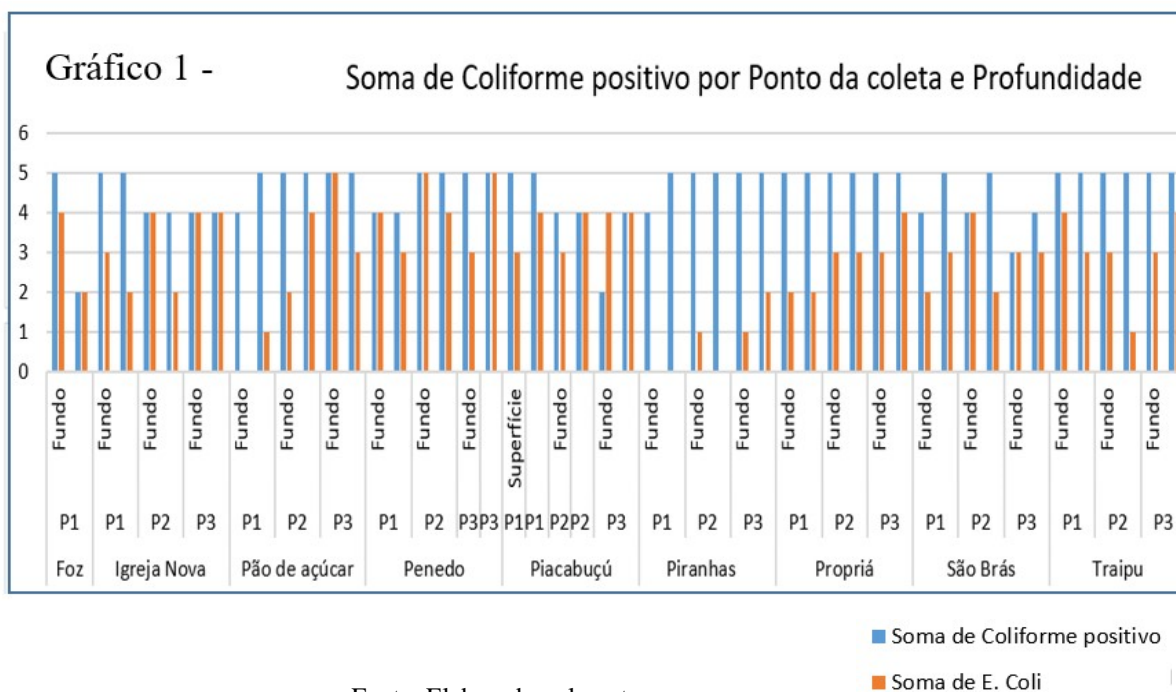


Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Nos municípios de Piranhas, Penedo e Pão de Açúcar, observou-se o lançamento de efluentes *in natura*, incluindo esgoto doméstico não tratado, sendo lançados diretamente na calha do rio.

Estudos de Rodrigues, (2009) indicam que tais condições refletem problemas higiênico-sanitários e/ou a presença de animais nas margens do rio, como foi visto no município de Penedo. Os municípios de Pão de Açúcar e Penedo apresentaram os maiores índices de coliformes e *E. coli*. Conforme mostra nos **gráficos 1 e 2**.

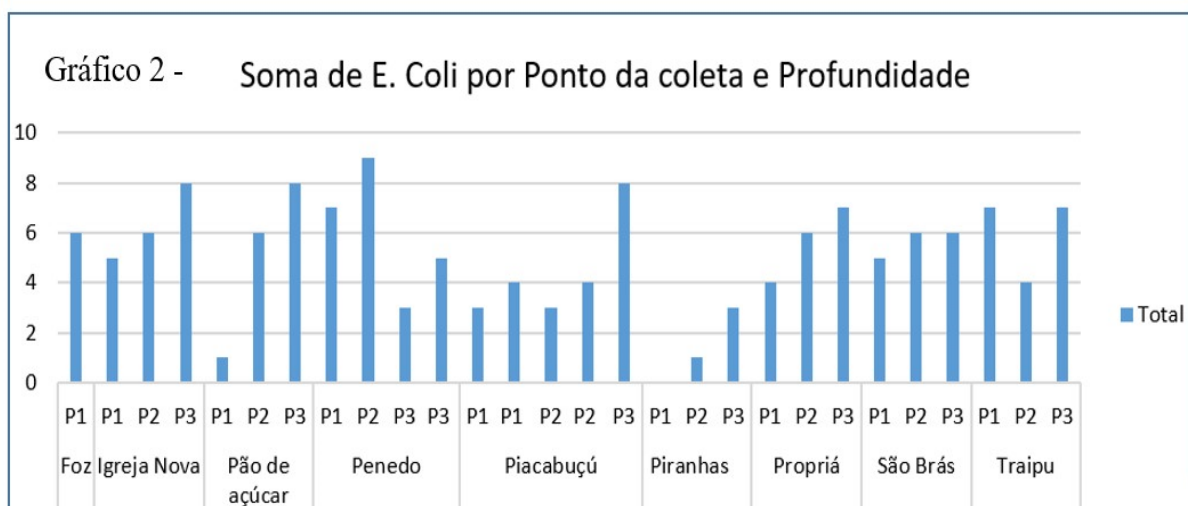
Gráfico 1 -Análise Microbiológica das águas do Baixo Rio São Francisco- por Ponto de coleta e Profundidade



Fonte: Elaborado pelo autor

Gráfico dos resultados encontrados nas amostras de superfície nos diferentes pontos de coleta. Barra azul-coliforme e barra laranja- *E. Coli*. P1 Montante, P2 meio, P3 Jusante.

Gráfico 2 - Análise Microbiológicas das Águas do Baixo rio São Francisco- por ponto de coleta e Profundidade



Fonte: Elaborado pelo autor

Gráfico 2: Resultados encontrados nas amostras de fundo nos diferentes pontos de coleta. Barra azul – *E. coli*
P1 Montante, P2 Meio, P3 Jusante

Esses altos níveis de coliformes podem estar associados a compostos químicos e falta de saneamento básico de cada cidade que contribui diretamente na microbiologia, além de uma maior retenção de água devido à operação da usina hidrelétrica de Xingo, que retém água durante os meses secos. Durante o período úmido e de chuvas (outubro a novembro), a liberação de vazões pode causar a liberação de grandes quantidades de compostos orgânicos e substâncias, afetando a ciclagem de nutrientes e a assimilação por microrganismos e biota aquática. Além disso, a própria produção de poluentes pelos municípios contribui para a saturação do sistema Soares *et al.*, (2024). Os menores valores de contaminação por coliforme totais e *Escherichia coli* foram observados em São Brás (4,6 NMP/100 m/L) e Foz (2,6 NMP/100 m/L), em São Brás por ser um município pequeno e sua densidade populacional é menor e na Foz, devido a salinidade e possivelmente devido à diluição dos efluentes ao longo do rio e à absorção pela biota aquática.

Em Piranhas, Traipu, Penedo e Piaçabuçu, as concentrações de coliformes totais e *Escherichia coli* se mantiveram praticamente a mesma se comparada a 2019 com (vazão 1.500 m³/s) e 2020 com (vazão média superior a 2.600m³/s), houve uma queda considerável na vazão em 2021, em relação a 2020 com (vazão média 1.400 m³/s). Portanto apesar das variações na vazão do rio que pode ter influenciado a manutenção dos altos níveis de contaminação, este pode ser um dos motivos para que o índice de contaminação permaneça praticamente inalterado. Estes municípios apresentaram níveis altos de contaminação por coliforme (>8 NMP/m/L). Entretanto mais estudos adicionais são necessários para correlacionar esses fatores e compreender melhor a relação entre a vazão do rio e a qualidade da água. Zornin (2011), sugere que liberações gradativas de vazão podem melhorar a recuperação ambiental e a qualidade da água, reduzindo o potencial de transmissão de doenças associadas à má qualidade da água.

Além disso a má qualidade da água e o acúmulo de sedimentos no rio São Francisco são indicativos de problemas significativos no gerenciamento dos recursos hídricos. Segundo Oliveira *et al.*, (2017), altos índices de coliformes totais e a redução de oxigênio dissolvido são indicativos de grave contaminação por esgoto doméstico, prejudicando a qualidade do curso hídrico.

2 Análise dos Parâmetros Físico-Químicos

De acordo com os dados apresentados na (**Tabela 1**), foi possível observar que as concentrações de potássio, sulfato, fosfato e amônia em sua maioria, estão em conformidade com a resolução CONAMA 357/2005 não apresentando alterações significativas entre os municípios estudados (ANOVA, $p < 0,05$).

Tabela 1. Compostos nitrogenados , fosfato, sulfato e potássio avaliados durante a expedição científica de 2021. CONAMA 357/2005

		Parâmetros em mg/L					
Id ponto			Amônia	Fosfato	Nitrito	Potássio	Sulfato
			(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
Piranhas /AL	Montante	Superfície	0,01	0,03	0,000	3,2	2
		Fundo	0,01	0,92	0,028	2,4	1
	Meio	Superfície	0,01	0,28	0,032	2,2	0
		Fundo	0,01	0,01	0,011	2,6	2
	Jusante	Superfície	0,01	0,05	0,040	10,4	3
		Fundo	0,01	0,06	0,017	49,6	3
Pão de/Açúcar/AL	Montante	Superfície	0,01	0,04	0,014	3,6	1
		Fundo	0,01	0,05	0,030	3,2	1
	Meio	Superfície	0,01	0,01	0,033	4,0	2
		Fundo	0,01	0,02	0,016	1,8	1
	Jusante	Superfície	0,01	0,01	0,007	3,0	0
		Fundo	0,01	0,01	0,019	3,4	2
Traipú/AL	Montante	Superfície	0,01	0,06	0,023	2,4	1
		Fundo	0,01	0,01	0,019	3,0	1
	Meio	Superfície	0,01	0,38	0,008	2,2	1
		Fundo	0,01	0,42	0,034	2,4	1
	Jusante	Superfície	0,01	0,08	0,003	1,6	0
		Fundo	0,00	0,03	0,008	2,2	0
São Brás/AL	Montante	Superfície	0,01	0,06	0,012	2,4	1
		Fundo	0,01	0,08	0,007	1,8	0
	Meio	Superfície	0,01	0,28	0,003	2,2	1
		Fundo	0,01	0,27	0,021	4,0	2
	Jusante	Superfície	0,01	0,27	0,008	1,0	2
		Fundo	0,01	0,36	0,016	0,6	3
Propriá/SE	Montante	Superfície	0,01	0,01	0,021	2,0	1
		Fundo	0,01	0,07	0,023	3,8	2
	Meio	Superfície	0,01	0,12	0,028	2,8	1
		Fundo	0,01	0,14	0,009	3,0	0
	Jusante	Superfície	0,01	0,02	0,026	2,4	2
		Fundo	0,01	0,07	0,011	2,0	1

Igreja Nova/AL	Montante	Superfície	0,01	0,04	0,002	2,0	4	
		Fundo	0,01	0,10	0,026	4,2	7	
	Meio	Superfície	0,01	0,00	0,025	2,4	2	
		Fundo	0,01	0,00	0,013	2,2	2	
	Jusante	Superfície	0,00	0,34	0,007	2,4	3	
		Fundo	0,01	0,00	0,020	1,2	8	
	Penedo/AL	Montante	Superfície	0,01	0,02	0,000	0,6	1
			Fundo	0,01	0,00	0,050	2,0	2
Meio		Superfície	0,01	0,00	0,027	2,8	4	
		Fundo	0,01	0,02	0,009	2,6	3	
Jusante		Superfície	0,01	0,10	0,005	1,8	2	
		Fundo	0,01	0,00	0,016	2,0	0	
Piaçabuçu/AL		Montante	Superfície	0,01	0,30	0,000	2,6	1
			Fundo	0,01	0,16	0,001	3,2	1
	Meio	Superfície	0,01	0,01	0,032	2,4	1	
		Fundo	0,01	0,03	0,031	1,8	1	
	Jusante	Superfície	0,01	0,00	0,020	1,8	0	
		Fundo	0,01	0,02	0,029	1,6	0	
	Foz /AL	Meio	Superfície	0,17	0,01	0,024	64	388
			Fundo	0,00	0,03	0,025	48,8	484

Os níveis de amônia, um composto que pode resultar da decomposição de matéria orgânica e do lançamento inadequado de esgoto, mostraram valores muito baixos em quase todos os municípios, apresentando valores menores que 0,01 mg/L. A concentração mais elevada de amônia foi encontrada na região da foz do rio, apresentando uma variável de 0,17mg/L. Os valores de amônia mensurados mantiveram-se dentro dos limites toleráveis pela legislação Conama, (2020).

Segundo Silva *et al.*, (2021), no ambiente aquático, este composto pode ser originado de processo de degradação biológica da matéria orgânica. Porque a amônia apresenta-se em altas concentrações, e portanto é um indicativo de contaminação oriunda de esgoto bruto, afluxo de fertilizantes e/ou efluentes industriais.

De acordo com Grizzetti *et al.*,(2016), a poluição dos corpos d'água pode ser atribuída a fatores como sedimentos, salinização, patógenos e produtos químicos. Muitos desses contaminantes, persistem em ambientes como sedimentos, solo, ar e água mesmo em baixas concentrações e são altamente tóxicos Saquib *et al.*, (2021).

Esteves (1998), relata que o nitrogênio apresenta-se em ambientes aquáticos nas formas de nitrato (NO³), nitrito (NO²), amônia (NH³) e nitrogênio molecular (N₂), ou ainda na forma

particulada orgânica através das bactérias, detritos ou comunidade de plâncton. O nitrogênio encontrado nos corpos hídricos advém de produtos utilizados na agricultura como os agrotóxicos e também lançamento de efluentes, podendo está na forma de amônia (60%) e nitrogênio orgânico (40%). Dessa forma, a amonificação, que é o (processo de decomposição da matéria orgânica por organismos heterotróficos, acontece no leito dos ambientes aquáticos e geralmente é formada no sedimento Sá, (2012).

O fosfato, que também é um indicador crucial da poluição, apresentou valores acima de 0,05 mg/L apenas em quatro localidades: Piranhas, Traipu, e São Brás. Segundo Pivele; Kato,(2005) o fosfato é efetivo ao crescimento dos organismos, o teor existente em um corpo de água pode ser considerado um fator limitante, quando em concentrações elevadas, pode promover a eutrofização.

A presença de altos níveis de fosfato nestes pontos específicos sugere a necessidade de investigar as fontes de fósforo, como fertilizantes agrícolas e esgoto, que podem estar contribuindo para a deterioração da qualidade da água.

O potássio (K) ou sais de potássio, geralmente são utilizados nas indústrias e agricultura como fertilizantes, mais conhecido como **NPK** e regularmente em (combinação com o nitrogênio e o fósforo), estes sais estão presentes na agricultura e em descargas industriais e com isso aumentam as concentrações nos mananciais, aumentando assim suas características físico-químicas Doviduskas *et al.*, (2016); Meira, (2020). O potássio, que é essencial para várias funções biológicas, níveis elevados podem indicar fontes de poluição, como fertilizantes agrícolas que se acumulam na água.

É importante salientar que os valores de *potássio* obtidos nas amostras, apresentaram maior variação nos municípios de Piranhas, e Foz com valores acima de 8,4 mg/L. Comparando-se as áreas de captação de água para abastecimento das cidades, os valores de potássio encontrados mantiveram-se superiores a 4,2 mg/L, com picos de valores 1,0 km antes do ponto de captação de água da cidade com 49,6 mg/L em Piranhas e 64 mg/L na Foz.

O sulfato é outro parâmetro que fornece informações sobre a composição química da água. O sulfato, por sua vez pode ter origem de atividades industriais e da decomposição da matéria orgânica. O monitoramento desse parâmetro é importante para identificar e controlar possíveis fontes de poluição.

O nitrito reflete o estado intermediário do nitrogênio, e pode ocorrer quanto pela oxidação de amônio, tanto pela redução de nitrato. Portanto é encontrado em pequena quantidade em águas superficiais, por ser instável na presença de oxigênio, em decorrência disso acontece o processo de nitrificação em que o íon de amônio atua como doador de hidrogênio e através destes compostos, os microrganismos obtém os equivalentes de redução, como: ferro, manganês, sulfito e etc. Parron *et al.*, (2011).

Os valores de nitrito diminuíram bastante ao longo do percurso do rio, apresentando o maior valor em Piranhas com (0,40 mg/L), significa que os valores de nitrito não excederam o valor limite para água potável (1,0 mg de NO₂) BRASIL, (2005).

Em relação aos parâmetros da sonda, o potencial hidrogeniônico (pH) refere-se à concentração de íons H⁺ nos corpos hídricos e caracteriza as condições do ambiente aquático em

ácidas ou alcalinas Baccar *et al.*, (2018) relata que os valores de pH das amostras encontram-se dentro do intervalo aceitável de 6,0 a 9,0, este é um parâmetro importante que influencia a solubilidade e a toxicidade de outros compostos na água, Conama, (357/2005). A conformidade com os padrões de pH indica que a água do Rio São Francisco, em geral, não apresenta acidez ou alcalinidade excessiva, o que é um sinal positivo para a saúde do ecossistema aquático. No entanto, variações de pH podem ocorrer localmente devido a fatores naturais e antropogênicos, como poluição industrial e descarte de produtos químicos.

Araújo; Oliveira (2013), relata que o total de sólidos dissolvidos caracteriza-se por substâncias orgânicas e inorgânicas dissolvidas em ambientes aquáticos e correlaciona-se com a condutividade elétrica, sendo oriundos de rochas sedimentares e produtos da hidrogeoquímica. Os sais como potássio, magnésio, cálcio, sódio e cloretos afetam diretamente o sabor e o odor da água. Os sólidos solidificam-se no leito dos rios e com isso acabam com organismos que disponibilizam alimentos, soterrando os leitos dos rios e prejudicando a desova dos peixes. Além disso podem reter resíduos e bactérias no fundo dos rios, ocorrendo assim uma deterioração anaeróbica, reduzindo o nível de oxigênio nos corpos hídricos Bassoi *et al.*, (2004).

No entanto, nas amostras analisadas o maior valor médio encontrado ocorreu no município de Piranhas e o menor em Pão de Açúcar. Os sólidos totais dissolvidos (TDS) aumentaram conforme aproximação com a Foz, tendo como o menor valor médio 29,0 mg para o município de Piranhas e o maior 41,17 mg/L, em Piaçabuçu.

Com relação ao potencial de Oxirredução da água (ORP), que trata da capacidade da substância receber elétrons, permite analisar o processo de oxidação e redução da matéria orgânica e assim determinar os microrganismos que se desenvolverão em um meio. Estudos realizados por Bastos *et al.*, (2021) também encontraram resultados dentro das normas para a maioria dos pontos, com exceção de um ponto onde se tinha uma carência alarmante de serviços de saneamento básico. No entanto nos municípios de Piranhas e Pão de Açúcar foram encontradas situações que corroboram com os estudos de Bastos (2021), onde esgotos *in natura* são lançados diretamente na calha do rio em estudo.

Entretanto os valores de ORP apresentaram valores altos nos municípios de Piranhas, São Brás, Pão de Açúcar e Igreja Nova. Os valores encontrados foram: 238,0(MV) em Piranhas especificamente no (meio) frente a cidade, a turbidez também estava alta, apresentando um valor acima de 46,6(NTU) e TDS apresentou o valor de 29mg/L. Seguido por São Brás (meio), Pão de açúcar (meio) e Igreja Nova (Jusante), que apresentaram valores de ORP 205,4(MV); 204,6(MV); 200,2(MV) respectivamente. Já a turbidez desses municípios apresentaram os seguintes valores: 3,0 (NTU); 7,20(NTU); 18,0(NTU) respectivamente.

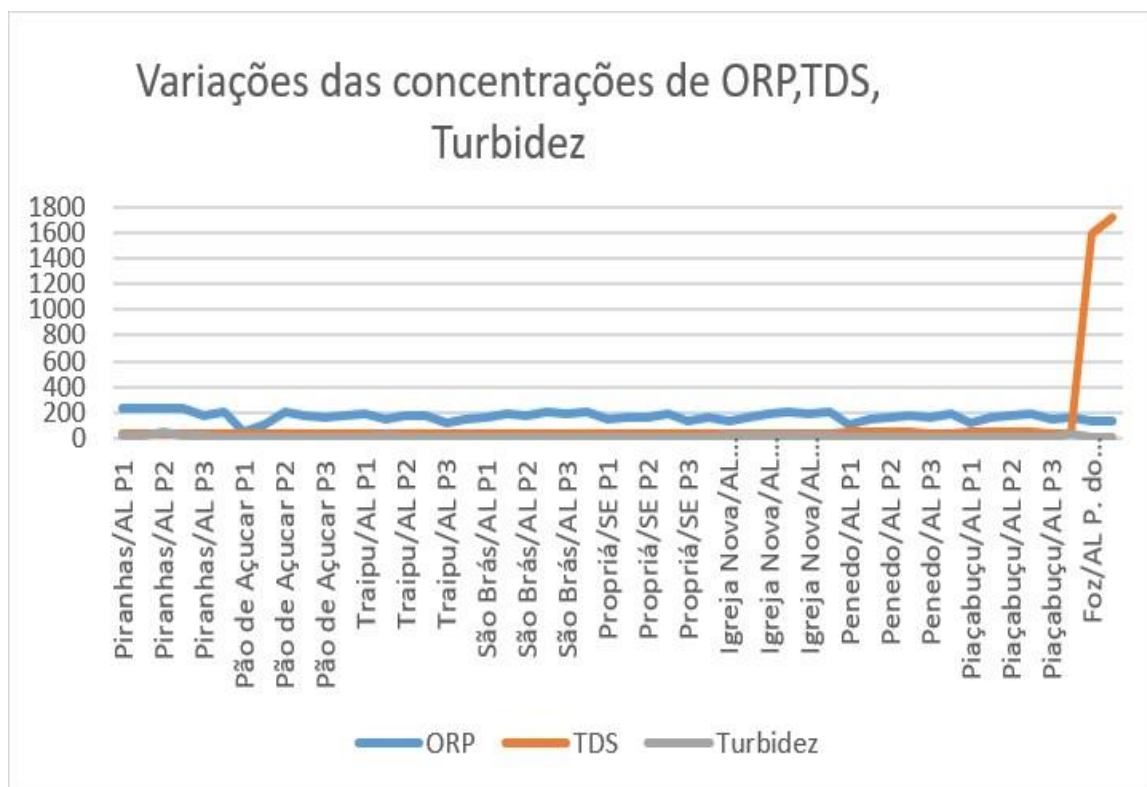
Contudo os menores valores encontrados de ORP, TDS e Turbidez foram localizados nos municípios de Piaçabuçu (Meio), Propriá (meio), Traipu (montante), Penedo (jusante) e Foz (Meio), onde foram mensurados os seguintes valores: ORP; 196,0(MV); 194,3(MV); 194,0(MV); 185,1(MV); 129,8(MV) respectivamente. Já com relação a turbidez os valores encontrados foram: 22,7(NTU); 5,90(NTU); 4,90(NTU); 4,90 (NTU); 7,20(NTU) equitativamente.

A turbidez também não apresentou dados preocupantes no decorrer do corpo hídrico e seus maiores resultados ocorreram em Piranhas e em Igreja Nova, esses resultados de turbidez obtidos corroboram com os estudos realizados por Reis *et al.*, (2021), onde também foram encontrados

valores aceitáveis para esta variável, visto que o recomendado é concentrações abaixo de 100 NTU, segundo a resolução CONAMA 357/20005.

A turbidez pode ser provocada pela presença de matéria orgânica, plâncton, algas, entre outros parâmetros como areia, manganês, ferro, zinco, sendo decorrente do processo natural de erosão ou de efluentes industriais e domésticos que conseqüentemente elevam a turbidez das águas Moura, (2017). Estes valores estão representados pelo (Gráfico 3).

Gráfico 3- Variações das concentrações de ORP, TDS, Turbidez



Fonte: Elaborado pelo autor

Varição das concentrações de ORP (MV), TDS mg/L e turbidez (NTU) da água de superfície e fundo nas estações de monitoramento de qualidade da água do baixo Rio São Francisco, durante a expedição de 2021. *P1 Montante; P2 Meio; P3 Jusante.*

Tabela 2: Parâmetros físico-químicos da água extraídos de sonda multiparamétrica.

Id. Ponto		COND ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	ORP	OD	pH	Resistividade	Salinidade PSU	TDS	Temp ($^{\circ}\text{C}$)	Turbidez		
Piranhas/AL	Montante	Superfície	59	229,2	2,68	7,11	0,005	0,03	29	24,28	17,3	
		Fundo	58	233,5	2,86	7,04	0,005	0,03	29	24,27	17,3	
	Meio	Superfície	58	238,3	0,48	7,37	0,005	0,03	29	24,57	46,6	
		Fundo	58	227,8	2,45	7,04	0,005	0,03	29	24,35	17,8	
	Jusante	Superfície	58	169,6	0,98	7,56	0,005	0,03	29	24,38	16,7	
		Fundo	58	197,7	1,91	7,26	0,005	0,03	29	24,37	-	
	Traipu/AL	Montante	Superfície	60	51,8	0,27	8,50	0,006	0,03	30	25,16	0,02
			Fundo	60	103,2	0,96	8,12	0,006	0,03	30	25,22	4,20
Meio		Superfície	59	204,6	3,06	7,11	0,005	0,03	30	25,00	7,20	
		Fundo	61	172,5	2,67	7,48	0,006	0,03	30	25,31	-	
Jusante		Superfície	60	164,3	2,74	7,78	0,006	0,03	30	25,22	0,07	
		Fundo	60	171,3	3,09	7,77	0,006	0,03	30	25,24	2,10	
São Brás/AL		Montante	Superfície	60	184,3	2,17	7,81	0,006	0,03	30	26,01	10,1
			Fundo	60	145,9	2,45	7,41	0,006	0,03	30	26,02	12,5
	Meio	Superfície	60	182,3	3,00	7,38	0,005	0,03	29	25,92	6,30	
		Fundo	60	181,2	3,20	7,42	0,006	0,03	30	25,91	6,90	
	Jusante	Superfície	60	115,7	0,32	7,63	0,006	0,03	30	25,90	3,60	
		Fundo	60	145,8	1,10	7,45	0,006	0,03	30	25,90	3,60	
São Brás/AL	Montante	Superfície	55	166,9	2,72	7,86	0,006	0,03	30	26,88	2,50	
		Fundo	61	194,0	2,95	7,46	0,006	0,03	30	26,56	5,90	
	Meio	Superfície	61	176,3	3,46	7,94	0,006	0,03	30	26,58	2,70	
		Fundo	61	205,4	3,64	7,38	0,006	0,03	30	26,59	3,00	
	Jusante	Superfície	61	192,9	2,61	7,57	0,006	0,03	30	26,59	1,60	

		Fundo	61	197,8	2,86	7,40	0,006	0,03	30	26,51	1,50
Propriá/SE	Montante	Superfície	61	144,5	1,71	7,65	0,006	0,03	31	26,25	1,20
		Fundo	61	167,5	1,87	7,34	0,006	0,03	31	26,24	1,80
	Meio	Superfície	63	157,7	1,98	7,70	0,006	0,03	31	26,45	1,70
		Fundo	61	194,3	2,13	7,03	0,006	0,03	31	26,47	2,20
	Jusante	Superfície	62	139,3	2,05	7,56	0,006	0,03	32	26,65	1,50
		Fundo	62	163,9	2,11	7,02	0,006	0,03	31	26,44	1,10
Igreja Nova/AL	Montante	Superfície	73	133,4	0,65	7,66	0,007	0,03	36	26,40	22,7
		Fundo	74	159,8	1,10	7,26	0,007	0,03	37	26,40	20,6
	Meio	Superfície	74	189,8	1,51	7,14	0,007	0,03	37	19,10	26,3
		Fundo	74	196,7	1,72	7,02	0,007	0,03	37	26,38	21,2
	Jusante	Superfície	74	195,2	2,13	7,13	0,007	0,03	37	26,38	17,8
		Fundo	74	200,2	2,20	7,70	0,007	0,03	37	27,00	18,0
Penedo/Al	Montante	Superfície	86	111,3	0,77	7,46	0,009	0,04	43	26,82	7,90
		Fundo	87	152,3	1,09	7,05	0,009	0,04	43	26,78	8,40
	Meio	Superfície	86	167,2	1,54	7,20	0,008	0,04	43	26,79	8,70
		Fundo	85	176,2	1,67	7,02	0,088	0,04	43	26,79	6,90
	Jusante	Superfície	76	162,3	2,34	7,70	0,007	0,04	37	27,16	4,50
		Fundo	79	185,1	2,23	7,21	0,008	0,04	40	26,80	4,90
Piaçabuçu/AL	Montante	Superfície	85	124,2	0,99	7,59	0,008	0,04	42	27,15	3,50
		Fundo	85	157,7	1,27	6,94	0,008	0,04	42	27,15	3,70
	Meio	Superfície	84	170,3	2,07	7,46	0,008	0,04	42	27,10	4,90
		Fundo	84	196,3	2,17	6,99	0,008	0,04	42	27,10	3,90
	Jusante	Superfície	79	144,4	1,70	7,63	0,008	0,04	39	27,14	6,20
		Fundo	79	165,7	1,86	7,16	0,008	0,04	40	27,11	28,3
Foz/AL	Meio	Superfície	3184	129,8	1,05	7,72	3,302	1,65	1592	26,95	7,20
		Fundo	3426	137,4	1,16	7,81	3,565	1,79	1713	27,14	7,10

O TDS correlaciona-se com a condutividade elétrica e caracteriza-se por substâncias orgânicas e inorgânicas dissolvidas em ambiente aquático sendo produto de rochas sedimentares e da hidrogeoquímica Araújo *et al.*, (2013). Dentre os sais inorgânicos podemos citar os principais como o magnésio, potássio, cálcio, cloretos e sódio, estes sais afetam diretamente o sabor da água. Os sólidos tem a capacidade de acabar com os organismos que disponibilizam alimentos, e podem sedimentar no leito dos rios e soterrar os leitos de desova dos peixes. Além disso podem reter resíduos orgânicos no fundo dos rios e reter bactérias, ocasionando deterioração anaeróbica reduzindo o nível de oxigênio nos corpos hídricos Philippi Jr *et al.*, (2004).

Dados referentes às expedições científicas realizadas em 2020 apresentaram valores médios nos municípios de Piranhas a igreja Nova de 40 mg/L, com valores elevados no município de Piaçabuçu que superam 2.000 mg/L Cruz, *et al.*, (2022). Nesta expedição (2021), o TDS não ultrapassou valores acima de 30mg/L.

Segundo Patil (2012), a condutividade elétrica refere-se a capacidade que a água tem de conduzir corrente elétrica mediante a presença de íons e correlaciona-se significativamente com aproximadamente dez outros parâmetros como ferro, cloreto, (DQO), sólidos totais, alcalinidade, cálcio, dureza, temperatura e pH.

A condutividade elétrica, que variou entre **60 e 70** $\mu\text{S}/\text{cm}$, também foi avaliada. Este parâmetro mede a capacidade da água em conduzir eletricidade, o que está diretamente relacionado à presença de íons na água. Segundo Morais, (2016) não se tem um valor máximo permitido estabelecido para condutividade elétrica, valores de condutividade elétrica dentro deste intervalo indicam que a água possui uma quantidade moderada de sólidos dissolvidos, o que é típico em muitas regiões do rio. No entanto, variações regionais foram observadas, especialmente próximas ao estuário, onde a mistura de água doce e água salgada pode alterar a condutividade.

A presença do fósforo na água pode está relacionada ao carreamento de solo, dissolução de rochas, decomposição de matéria orgânica, processos naturais, quanto a processos antropogênicos, como o uso de fertilizantes, detergentes, pesticidas, além de esgotos *in natura*, que são lançados diretamente na calha do rio. Portanto o fósforo é essencial para o crescimento dos organismos e o teor existente em um corpo d'água pode ser considerado um fator limitante Piveli; Kato, (2005).

No entanto, a análise dos parâmetros físico-químicos evidencia que, apesar de algumas áreas apresentarem condições aceitáveis, há indícios claros de poluição em certas regiões. A identificação de locais com altos níveis de amônia e fosfato é crucial para direcionar ações de monitoramento e controle. Pois, medidas para reduzir a poluição e melhorar o tratamento de esgoto são essenciais para garantir a preservação da qualidade da água e a saúde dos ecossistemas aquáticos.

Em relação aos resultados gerais, os dados mostram que apesar da maioria dos parâmetros estarem dentro dos limites estabelecidos pela legislação, Conama (2005), que estabelece uma faixa máxima de 40 UT para Turbidez em corpos de água de classe 1, enquanto na classe 2 esse valor pode 100 UT. Já o ministério da saúde, através da Portaria nº 1.469/2000, estabeleceu um volume permitido para consumo humano de 5 UT. Portanto há uma necessidade contínua de monitoramento e gestão dos recursos hídricos para garantir a qualidade da água e a proteção do ecossistema aquático.

A combinação desses dados permite uma visão abrangente da qualidade da água ao longo do Rio São Francisco. A presença de amônia elevada na foz e o aumento de fosfato em pontos específicos destacam a necessidade de uma gestão eficaz das fontes de poluição. A conformidade com os padrões de pH e condutividade elétrica sugere que, em geral, as condições da água são aceitáveis, embora variações regionais possam indicar áreas com maior impacto ambiental.

Contudo no ambiente aquático, compostos como a amônia pode ser formado do processo de degradação biológica da matéria orgânica. Quando a amônia apresenta-se em altas concentrações

em águas naturais, é um indicativo de contaminação por esgotos *in natura*, afluxo de fertilizantes e/ou efluentes industriais Silva, (2021). Uma vez que a presença desses compostos, mesmo em concentrações baixas, inferiores a 0,5 mg/L, exige atenção, pois seus níveis no ambiente aquático são preocupantes Pillay; Kutty,(2005).

E portanto a análise dos parâmetros físico-químicos das amostras de água do Rio São Francisco oferece uma visão detalhada sobre a qualidade da água ao longo de sua extensão.

Finalmente, os resultados ressaltam a importância de uma abordagem integrada para a gestão da qualidade da água no Rio São Francisco. Políticas de saneamento e conservação, aliadas a um monitoramento contínuo e a medidas corretivas específicas, são fundamentais para assegurar a sustentabilidade e a saúde ambiental ao longo de todo o curso do rio.

6 CONCLUSÃO

O estudo sobre a qualidade da água ao longo do Baixo Rio São Francisco revelou questões preocupantes que demandam ações imediatas para a preservação desse importante recurso hídrico, incluindo ações de melhoria no saneamento básico dos municípios, bem como rever soluções para a questão da vazão do rio.

A análise microbiológica identificou altos níveis de coliformes totais e *E. coli* em diversos pontos, como Pão de Açúcar e Penedo, superando os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005. Esse cenário reflete uma contaminação severa, diretamente associada ao lançamento inadequado de esgoto doméstico e efluentes *in natura* nas margens dos municípios ribeirinhos, o que compromete não apenas a qualidade da água, mas também a saúde pública.

Embora a maioria dos parâmetros físico-químicos, como pH, amônia e sulfato, esteja dentro dos limites aceitáveis para águas potáveis, houve variações preocupantes do nível de potássio e nitrito no município de Piranhas.

Nas cidades como Piranhas, Penedo e Pão- de Açúcar, os esgotos *in natura*, são lançados diretamente na calha do rio, com isso nas análises microbiológicas podemos observar que os índices de contaminação são maiores nestes municípios devido a falta de saneamento básico.

REFERÊNCIAS

ANDREOLI, C. V. Limites ao Desenvolvimento da Região Metropolitana de Curitiba, Impostos pela Escassez de Água. **Simpósio brasileiro de engenharia sanitária e Ambiental**.v.9,p. 185 – 195, 2000.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária.2020. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2000/prt1469_29_12_2000.Acesso em: 13/08/2022.

BACCAR et al. Water Quality Parameters: Na Overview. In: Water Quality, 2018.

BASSOI, L. J., GUAZELLI, M. R. Controle Ambiental da Água. *In*: PHILIPPI Jr., A., ROMÉRIO, M.A., BRUNA, G. C. **Curso de Gestão Ambiental**. São Paulo: Universidade de São Paulo. 2004. P. 53-99.

Bastos, (2021) (www.arsesp.sp.gov.br). acesso em 08/07 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria 518, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. **Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 26 mar. 2004. Seção 1, P. 266-270.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília – DF: Conama, 2005. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/459>. Acesso em: 20/03/2022

BRASIL - Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021: dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. 2021.

CAMARGO, P. L. T *et al.* Análise da perda de calha do Rio São Francisco por 41 anos (1975-2016): estudo de caso do município de São Francisco, norte de Minas Gerais. **Extensão Tecnológica: Revista de Extensão do Instituto Federal Catarinense**, v. 10, n. 20, p. 178-198, 2023.

CETESB, Relatório de qualidade de águas superficiais no estado de São Paulo, 2009, São Paulo, 310p., 2010

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **CONAMA nº 357: 17 de março 2005 – Seção1, p. 58-63, 2005.**

CRUZ *et al.* A salinidade da água no baixo São Francisco. *In*: AUTORIA. **O Baixo São Francisco: Características Ambientais e Sociais**. Volume II. Editora da Universidade Federal de Alagoas – UFAL. Maceió/AL. 2020.

LEI ESTADUAL Nº 898, DE 1º DE NOVEMBRO DE 1975 (CETESB,1975)

DOVIDAUSKAS *et al.* Parâmetros físico-químicos incomuns em água de abastecimento público de um município da região nordeste do Estado de São Paulo (Brasil). *Revista Visa em Debate*. Sociedade, Ciência e Tecnologia. 2016

ESTEVES, F.A. Fundamentos da Limnologia. 2º Edição. Editora Interciência. 1998

gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2023/04/pesquisadores-do-insa-desenvolvemtecnologia-de-reuso-da-agua-do-esgoto-para-irrigacao Acesso em 09/11/2025.

Santos, Lima e Silva Junior et al., *Gesta*, v. 9, n. 2 p. 1-17, 2021.

GRIZZETTI, B. *et al.* **Assessing water ecosystem services for water reuse** *Management Environmental Science & Policy* 61, p. 194-203,(2016).

GUIDA, C.; TREVISAN, R. SOBREVIVÊNCIAS DE CIDADES-RUÍNAS PÓS BARRAGEM DE ITAPARICA: Uma montagem urbana. **Pixo: Revista de Arquitetura Cidade e Contemporaneidade**, v. 8, n. 29, 2024.

- LIBÂNIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. Editora Átomo. 2016.
- LEAL, Z. S.; SANTOS, J. M.; GOMES, G. K. Telejornalismo E Transposição Do Rio São Francisco: Uma Mitocrítica Socioambiental. **Boletim de Conjuntura (BOCA)**, v. 18, n. 53, p. 161-191, 2024.
- MARIN, P.; TAL, S.; YERES, J.; RINGSKOG, K. Water Management in Israel: Key Innovations and Lessons Learned for Water Scarce Countries. World Bank, Washington, DC. 2017.
- MELO BRANDINI *et al.* Nutrients Load Estimation in a Regulated Streamflow Estuary: The São Francisco Estuary (NE/Brazil). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, 2020.
- MORAIS, W. A., *et al.* Qualidade sanitária da água distribuída para abastecimento público em Rio Verde, Goiás. Brasil, **Caderno de Saúde Coletiva**, n. 24, v. 3, p. 361367, 2016. Disponível em: Acesso em: 21/06/21as21:30. <https://brasil.un.org/pt-br/122875-artigo-%C3%A1gua-para-odesenvolviment-sustent%C3%A1vel-justo-e-igual> (2021) acesso em 20/03/2022
- MOTA, S. **Introdução a engenharia ambiental**. Rio de Janeiro: ABES, 2012
- MOURA, T. S. **Avaliação da qualidade da Água do Rio Sanhauá na área de influência direta do antigo lixão do Róger**. 2017.00f. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal da Paraíba centro de tecnologia curso de graduação em engenharia ambiental. João pessoa – PB. 2017.
- NEVES, F.M.C.; CASTRO, F.B.G.; GODEFROID, R.S.; SANTOS, V.L.P.; WAGNER, R. (2015) Avaliação da qualidade da água do rio Bacacheri, Curitiba/PR. **Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 8, n. 4, p. 81-98.
- OLIVEIRA *et al.* Avaliação toxicológica dos efeitos do cobre na espécie *Carassius auratus*. **R. gest. sust. Ambient.**, v.7 n.3, p 260-275, abr./jun. 2018.
- PARRON, L.; MUNIZ, D.; PEREIRA, C. Manual de procedimentos de amostragem e análises físico-química de água. Colombo, Paraná, 2011p. 14-21, Disponível em: < Doc232ultimaversao.pdf (embrapa.br)>. Acesso em: 20 jan 2024.
- PATIL P.N. *et al* Physical chemical parameters for testing of water – A review. **International journal of Environmental sciences**, v.3,2012.
- PILLAY, T.V.R.; KUTTY, M. N. **Aquaculture Principles and Practuces**. Wiley Blackwell, 2005.
- PIVELI, R. P.; KATO, M. T. **Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos**. São Paulo: ABES. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/directbitstream/b2773d05c583-4be1-bf79-cc0f3dd77a81/Piveli-2006-Qualidade.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2024. , 2006
- REIS, R. A.; SANCHES, M. C.; MALDONADO, A. C. D. Água, fonte da vida/Water, source of life. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 3, p. 28297-28296, 2021.
- RODRIGUES, J. R. D. D.; JORGE A. O. C.; UENO, M. Avaliação da qualidade das águas de duas áreas utilizadas para recreação do rio Piracuama-SP. **Biociências**, n. 2, v. 15, p. 88-94,2009.
- SÁ, M.V.C. **Limnocultura: Limnologia para Aquicultura**. Fortaleza, Edições: UFC. 2012.
- SAQUIB, S. *et al.* Contamination of Water Healt – Risk assessment and Treatmmen Emerging pollutants in water and human healt. **Academic Press**, v. 1, p. 285-299, 2021

SILVA, R. R. et al. Avaliação da qualidade microbiológica e físico-química da água de um trecho do Rio Capibaribe, no município de São Lourenço da Mata, Pernambuco, Brasil. **Brazilian Journal of Development**, v.7,2021.

SOARES,E.C. *et al.* **O Baixo São Francisco**. Características Ambientais e Sociais, v.III, p. 123-147,2024.

SOUZA, Q. S. E. *et al.* Análise de coliformes totais e termotolerantes-fecais em diferentes pontos da sub-bacia do Rio Poxim Sergipe, **Brasil Agroflorestal**, v.3, n. 1, p. 1-21, 2017.

SOUZA, R. F. M.; FRANÇA, J. A. A. Eichhornia crassipes (Mart.) Solms: impactos do aguapé na região do submédio Rio São Francisco. **Natural Resources**, v. 13, n. 2, p. 28-34, 2023.

UNESCOrelat-rio-ONU-O-valor-da-A-gua-fatos-dados_compressed 1 (2021).

ZERWS et al., 2015 Ciência e Natura v.38 n.3, 2016, p. 1615 – 1625

ZORNIN, F. M. *et al.* Análise da qualidade da água do Ribeirão Sobradinho. **Contaminação Ambiental e Qualidade de Vida**, v.5, n.4, p. 107-118, 2011.

