

ESTUDO DE CASO: ANÁLISE AMBIENTAL DO LAGO MUNICIPAL DE SANTA CRUZ DO RIO PARDO.

CASE STUDY: ENVIRONMENTAL ANALYSIS OF THE MUNICIPAL LAKE OF SANTA CRUZ DO RIO PARDO.

¹FERRARI, Gabriel Bastos

^{1e2}Curso de Biomedicina – Centro Universitário das Faculdades Integradas de Ourinhos-Unifio/FEMM

RESUMO

A qualidade da água é essencial para a preservação dos ecossistemas aquáticos e para a saúde humana. Este trabalho avaliou a qualidade da água do lago do Parque Ecológico Municipal de Santa Cruz do Rio Pardo (SP), inicialmente atribuído ao Rio Pardo, mas posteriormente identificado como alimentado por um poço de origem subterrânea. Foram realizadas análises físico-químicas em diferentes pontos do lago, utilizando kits analíticos da empresa Alfakit. Os parâmetros avaliados incluíram amônia, oxigênio dissolvido, cloretos, dureza total, ferro, ortofosfato, pH, turbidez e cloro residual. Os resultados revelaram níveis elevados de fósforo e indícios de decomposição orgânica, embora o oxigênio dissolvido estivesse dentro de limites aceitáveis. A presença de minerais como o carbonato de cálcio reforça a hipótese de origem subterrânea da água. A pesquisa destaca a necessidade de monitoramento contínuo, especialmente considerando o uso recreativo do lago e o consumo de peixes por parte da população local. Os dados obtidos contribuem para a conscientização ambiental e podem subsidiar políticas públicas voltadas à conservação dos recursos hídricos da região. Além disso, observa-se que a Biomedicina ainda carece de áreas voltadas à análise ambiental, sendo este um campo promissor para atuação e desenvolvimento profissional.

Palavras-chave: qualidade; subterrânea; físico-químicas; parâmetros.

ABSTRACT

Water quality is essential for the preservation of aquatic ecosystems and for human health. This study evaluated the water quality of the lake in the Santa Cruz do Rio Pardo Municipal Ecological Park (SP), initially designated as the Rio Pardo, but later identified as being fed by a well of underground origin. Physicochemical analyses were performed at different points in the lake, using analytical kits from the company Alfakit. The parameters evaluated included ammonia, distributed oxygen, chlorides, total hardness, iron, orthophosphate, pH, turbidity and residual chlorine. The results revealed high levels of resistance and impediments to organic degradation, although pollution was within acceptable limits. The presence of minerals such as calcium carbonate reinforces the hypothesis that the water is of underground origin. The research highlights the need for continuous monitoring, especially considering the recreational use of the lake and the consumption of fish by the local population. The data obtained to raise environmental awareness and support public policies can be directed to the conservation of water resources in the region. Furthermore, it is observed that Biomedicine still deals with areas outside of environmental analysis, this being a promising field for professional activity and development.

Keywords: quality; underground; *physicochemical*; paramters.

INTRODUÇÃO

A qualidade dos recursos hídricos é essencial para a conservação do equilíbrio ecológico e para a promoção da saúde pública. A água está sujeita a diversas formas de contaminação, tanto por processos naturais quanto por atividades humanas, o que pode comprometer sua qualidade e afetar negativamente os ecossistemas aquáticos e as populações que dela dependem. Estudos indicam

que a poluição por metais pesados e pesticidas pode causar sérios danos aos organismos aquáticos, incluindo peixes, levando a perdas significativas na produção aquícola (Abdel-Khalek *et al.*, 2024).

O monitoramento dos parâmetros físico-químicos da água é indispensável para avaliar sua adequação ao consumo e sua influência na biodiversidade local. Por exemplo, a presença de coliformes e *Escherichia coli* em corpos d'água pode indicar contaminação fecal, representando riscos à saúde humana (Santos *et al.*, 2023).

Diante disso, o estudo tem como propósito analisar a qualidade da água dos lagos do parque ecológico Municipal de Santa Cruz do Rio Pardo, localizado no estado de São Paulo. Como os lagos possuem a mesma fonte hídrica, no início, acreditava-se que era o Rio Pardo, todavia, conseguimos apurar melhor, aprendemos que a nascente encontrada durante o desenvolvimento do estudo na realidade localiza-se em um poço. Logo, esse fato altera a visão inicial do estudo, pois a nascente é holística e representa um recurso hídrico de alto impacto para o meio ambiente, pois é ela que deve ser conservada para promover qualidade na água utilizada na região.

Diante dessa nova perspectiva, tornou-se essencial a realização de análises físico-químicas para avaliar os níveis de poluição na água desses lagos, e sua possível influência na qualidade das águas do Rio Pardo. A poluição dos corpos d'água pode ocorrer por diversas razões, incluindo o lançamento inadequado de resíduos e a ocupação desordenada das margens. Além disso, o uso de substâncias químicas em atividades agrícolas próximas e a ausência de mecanismos eficazes de preservação ambiental contribuem para a degradação da qualidade da água (Pereira *et al.*, 2012). Esses fatores, quando combinados, comprometem a qualidade da água e podem gerar desequilíbrios ecológicos que afetam a fauna e a flora aquáticas, além de representarem riscos diretos à saúde humana.

Um aspecto crucial a ser considerado é que os lagos analisados são amplamente utilizados para a pesca recreativa, sendo os peixes frequentemente consumidos pelos moradores da região. Esse hábito cultural reforça a necessidade de uma avaliação rigorosa da qualidade da água, já que substâncias poluentes podem se acumular nos organismos aquáticos, tornando-os potenciais vetores de contaminação para aqueles que os consomem. O consumo de peixes provenientes de águas contaminadas pode acarretar diversos problemas de saúde, incluindo intoxicações e doenças de longo prazo relacionadas à exposição a metais pesados

e outros compostos tóxicos (Austin, 1998). Assim, a conscientização da população sobre os riscos ligados ao consumo de organismos aquáticos de lagos potencialmente poluídos torna-se essencial para a adoção de práticas mais seguras e sustentáveis.

Este estudo justifica-se pela necessidade de fornecer informações científicas confiáveis que possam contribuir para a sensibilização da sociedade acerca da importância da preservação dos recursos hídricos. Além de alertar a população sobre os riscos associados à poluição da água e ao consumo de peixes provenientes desses lagos, a pesquisa também busca fomentar o debate sobre a necessidade de implementação de políticas públicas voltadas para a conservação e o monitoramento da qualidade da água. O controle sistemático dos parâmetros físico-químicos e biológicos da água é fundamental para a diminuição dos impactos ambientais e para a garantia de um ambiente mais saudável para as gerações presentes e futuras.

Além disso, a formulação de estratégias eficientes de gestão ambiental depende diretamente do conhecimento detalhado da situação dos recursos hídricos locais. Com base nos resultados obtidos, espera-se que este estudo possa suportar ações que visem à proteção do poço que abastece os lagos analisados, bem como medidas que evitem a propagação de poluentes para o Rio Pardo. A correlação entre esses corpos d'água evidencia a necessidade de uma abordagem integrada, que considera tanto a preservação das fontes hídricas quanto a redução dos impactos causados por agentes externos.

Assim, a relevância deste trabalho reside não apenas na obtenção de dados técnicos sobre a qualidade da água dos lagos estudados, mas também no impacto social e ambiental que suas conclusões podem gerar. Ao fornecer um diagnóstico detalhado da situação hídrica local, o estudo busca incentivar a adoção de medidas preventivas e corretivas que garantam a sustentabilidade desses recursos naturais.

A conscientização da população, aliada a iniciativas do poder público e de organizações ambientais, pode contribuir para a formulação de políticas mais eficazes, assegurando que a água continue sendo um recurso viável para consumo e atividades recreativas, sem comprometer a saúde e o bem-estar da comunidade.

Com base nesses aspectos, o presente trabalho propõe-se a ser um instrumento de conhecimento e transformação, reforçando a necessidade de estudos contínuos sobre a qualidade da água e promovendo ações concretas que assegurem a manutenção do equilíbrio ecológico e a segurança da população. A

partir da realização deste estudo, espera-se que novas pesquisas sejam incentivadas, ampliando o entendimento sobre os desafios ambientais enfrentados na região e contribuindo para o desenvolvimento de soluções inovadoras e eficazes na gestão dos recursos hídricos.

A realização deste estudo justifica-se pela importância de compreender e monitorar a qualidade da água em ambientes de uso coletivo, como os lagos do parque ecológico de Santa Cruz do Rio Pardo, que exercem funções ecológicas, sociais e recreativas. Tendo em vista que esses lagos são utilizados para atividades como a pesca esportiva e o lazer da população local, é essencial garantir que a água presente nesses corpos hídricos atenda aos padrões mínimos de qualidade estabelecidos pela legislação ambiental e sanitária vigente.

A descoberta de que a origem da água que abastece esses lagos é proveniente de um poço e não diretamente do Rio Pardo, como inicialmente se acreditava, reforça a necessidade de estudos específicos que investiguem possíveis impactos dessa fonte hídrica sobre o ecossistema aquático local e regional. A análise dos parâmetros físico-químicos da água permite identificar indícios de poluição por compostos como amônia, ortofosfato, ferro, entre outros, que podem afetar a biodiversidade aquática e, conseqüentemente, a saúde dos usuários que mantêm contato direto ou indireto com a água por meio do consumo de peixes.

Além disso, os resultados obtidos oferecem suporte técnico e científico para a formulação de ações preventivas e políticas públicas voltadas à conservação dos recursos hídricos da região. A proteção da nascente que alimenta os lagos, aliada ao controle de fontes de contaminação, é fundamental para evitar a degradação da qualidade da água e prevenir riscos à saúde pública.

Dessa forma, este trabalho contribui significativamente para o diagnóstico ambiental local e para a sensibilização da comunidade quanto à importância da preservação dos corpos d'água, promovendo o uso sustentável e seguro desses recursos naturais.

O presente estudo tem como objetivo analisar a qualidade da água de um curso d'água superficial na cidade de Santa Cruz do Rio Pardo, considerando sua importância ecológica, social e recreativa para a população local. Para isso, foram realizadas análises físico-químicas, a fim de investigar possíveis fontes de

contaminação e avaliar os impactos ambientais e à saúde pública decorrentes do uso dessa água.

METODOLOGIA

A pesquisa foi definida a partir do levantamento bibliográfico desenvolvido por meio de bases de dados científicos, utilizando fontes de reconhecimento notório, como a PubMed, o Google Acadêmico, os Periódicos CAPES e o Scielo. Essa etapa teve como finalidade aprofundar o conhecimento acerca da análise da qualidade da água, com foco específico em águas superficiais. Foram selecionados aproximadamente dez artigos em língua portuguesa, cujos conteúdos demonstraram relevância direta para o desenvolvimento deste estudo.

A avaliação físico-química das amostras de água do lago foi conduzida com a utilização de um kit analítico fornecido pela empresa Alfakit. Durante a realização das análises, foram avaliados os seguintes parâmetros: oxigênio dissolvido, turbidez, concentração de cloretos, dureza total, temperatura, ortofosfato, amônia e cloro residual livre.

As coletas ocorreram em três momentos distintos, respeitando um intervalo de três dias entre cada amostragem, no período compreendido entre os dias 12 e 18 de março de 2025.

A Alfakit é uma empresa catarinense, atuante desde 1989, especializada no desenvolvimento de tecnologias e equipamentos voltados à análise ambiental, com soluções aplicáveis à avaliação de águas, solos, efluentes e biogás, sendo referência no setor.

Todos os parâmetros observados foram analisados à luz da legislação sanitária vigente, conforme estabelecido pelas Portarias GM/MS nº 2.914/2011 e GM/MS nº 888/2021. Os anexos dessas normativas foram consultados para o enquadramento dos dados físico-químicos, com o intuito de verificar a eventual presença de agentes patogênicos nas amostras analisadas.

Ferramentas Utilizadas para a Análise Estatística

Os dados obtidos foram organizados e tabulados com o uso do software Microsoft Excel 365 (versão empresarial). Posteriormente, as análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software PaSt, uma ferramenta gratuita amplamente adotada em estudos científicos para a aplicação de estatística

descritiva. Os resultados foram organizados conforme os parâmetros físico-químicos, permitindo uma leitura clara e objetiva dos achados.

Local de Coleta das Amostras

As coletas ocorreram em três momentos distintos, respeitando um intervalo de três dias entre cada amostragem, no período compreendido entre os dias 12 e 18 de março de 2025, todas no período da tarde, em dias nublados, com temperatura entre (25 °C - 29 °C). As análises físico-químicas foram feitas logo na sequência da coleta, seguindo os protocolos de qualidade do manual do Kit Alfa-kit.

. A escolha dos pontos de amostragem foi orientada pelo protocolo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (2012)³, com o auxílio do software Google Maps. Três pontos geográficos foram demarcados no mapa, com destaque para as seguintes coordenadas: latitude -22.9068624 de longitude -49.6229110, latitude -22.9071598 de longitude -49.6232677 e latitude -22.9065175 de longitude -49.6237079. A seguir, apresenta-se a visualização dos pontos de coleta por meio da ferramenta Google Earth.

Figura 1 - Cano de mina no Lago Municipal de Santa Cruz do Rio Pardo



Fonte: Google Maps, 2025.

Conforme apresentado na Figura 1, o local analisado corresponde a um cano que deriva de um poço, que fornece água diretamente ao lago. Este, por sua vez, é utilizado para atividades recreativas, especialmente a pesca esportiva, praticada por indivíduos de diversas faixas etárias. Tal cenário pode ser observado na imagem subsequente.

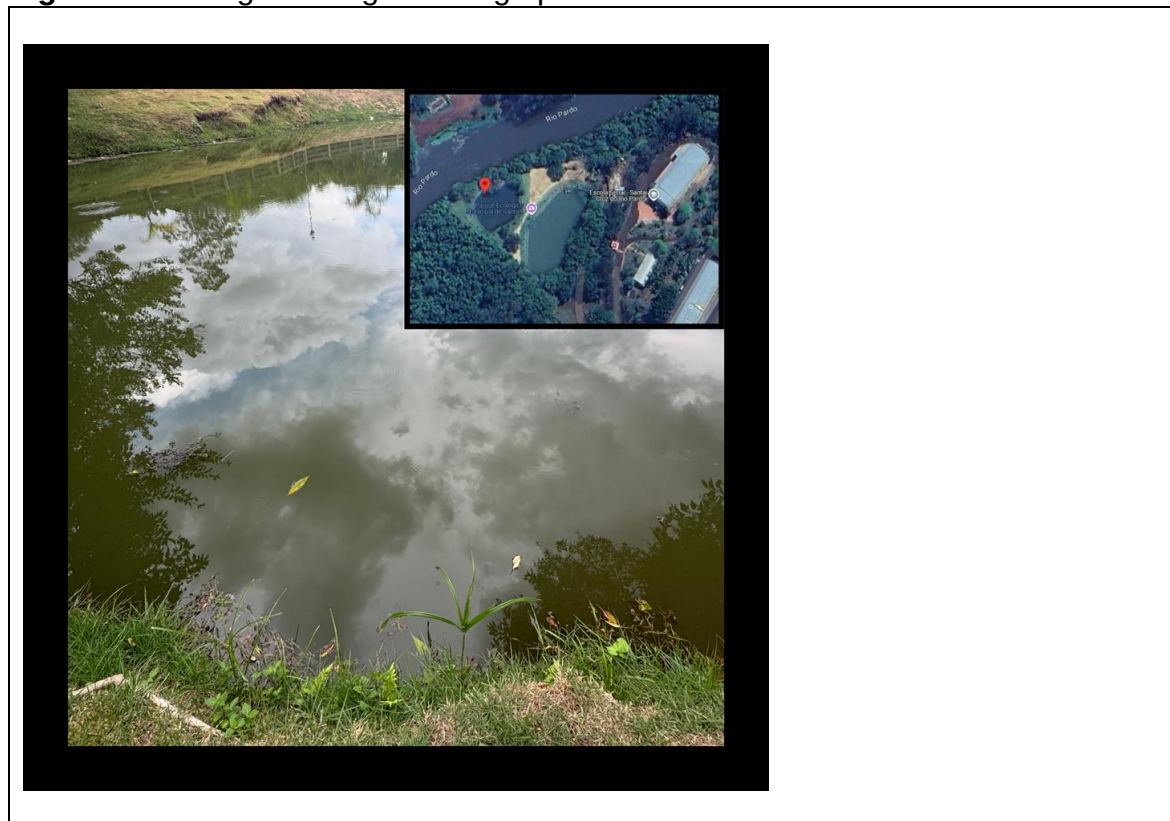
Figura 2 - Prática de pesca na margem do Lago Municipal de Santa Cruz do Rio Pardo



Fonte: *Google Maps*, 2025.

A constatação das condições do lago, evidenciada na Figura 2, despertou preocupação por parte do pesquisador, sobretudo quanto à qualidade da água consumida de forma direta ou indireta pelos frequentadores, seja pelo contato com a água ou pela ingestão de peixes oriundos do local.

Figura 3 - Deságue da água do lago para o Rio Pardo



Fonte: Google Maps, 2025.

A constatação das condições do lago, evidenciada na Figura 3, despertou preocupação por parte do pesquisador, pela qualidade da água que está sendo transportada para o Rio Pardo. Na próxima seção, serão apresentados os resultados dos parâmetros físico-químicos, seguidos das respectivas análises e interpretações fundamentadas na literatura científica pertinente.

Procedimentos Analíticos com o Kit ALFAKIT

Para a realização das análises físico-químicas da água, foram utilizados diferentes kits ALFAKIT, cada um específico para o parâmetro desejado. A seguir, são descritos os procedimentos adotados para cada análise:

Determinação de Cloreto (Cl^-)

Inicialmente, transferiu-se a amostra até a marca de 10 mL da cubeta plástica grande. Em seguida, foram adicionadas duas gotas do Reagente 01, com posterior agitação. Após isso, gotejou-se o Reagente 02 na amostra, agitando-se com movimentos circulares a cada gota adicionada, até a solução atingir a

coloração amarelo tijolo. O resultado é obtido multiplicando-se o número de gotas utilizadas por 10, indicando a concentração de cloretos em mg/L (ALFAKIT, 2025a).

Determinação da Dureza Total (CaCO_3)

A amostra foi transferida até a marca de 10 mL na cubeta grande. Foram adicionadas quatro gotas do Reagente 01, com agitação em seguida. Posteriormente, foi incorporada uma medida do Reagente 02 e a mistura foi novamente agitada. Gotejou-se então o Reagente 03, com agitação circular após cada gota, até que a coloração azul pura fosse atingida. O resultado é calculado multiplicando o número de gotas por 10, representando a dureza total em mg/L de carbonato de cálcio (CaCO_3) (ALFAKIT, 2025b).

Determinação de Amônia (N-NH_3)

Transferiu-se a amostra para a cubeta até a marca de 5 mL. Foram adicionadas, sequencialmente, três gotas de cada um dos Reagentes 1, 2 e 3, com agitação após cada adição. Após a adição dos reagentes, aguardou-se um tempo de reação de 10 minutos. Em seguida, a cubeta foi posicionada sobre a cartela comparativa de cores para a leitura do resultado, expresso em mg/L de nitrogênio amoniacal (N-NH_3) (Alfakit, 2025c).

Determinação de Cloro Livre ou Residual

Este teste foi aplicado apenas a amostras de água previamente tratada. A amostra foi transferida até a marca da cubeta pequena, seguida da adição de 10 gotas do Reagente 1, com agitação. Posteriormente, foi adicionada uma medida do Reagente 2 e novamente agitada até a dissolução completa. Imediatamente após, a cubeta foi posicionada sobre a cartela para comparação da cor e leitura do resultado, expresso em mg/L de cloro (Alfakit, 2025d).

Determinação de Ferro (Fe)

A amostra foi transferida até a marca de 5 mL da cubeta. Adicionaram-se duas gotas do Reagente Tiofer, com posterior agitação. Após aguardar 10 minutos de reação, a cubeta foi posicionada sobre a cartela para comparação visual da cor, determinando-se assim a concentração de ferro em mg/L (Alfakit, 2025d).

Determinação de Ortofosfato (PO_4^{3-})

A amostra foi adicionada à cubeta até a marca de 5 mL. Foram aplicadas cinco gotas do Reagente 1, com agitação, seguidas de uma medida do Reagente 2, também com agitação. A mistura foi deixada em repouso por 10 minutos. Por fim, a leitura foi realizada por comparação da cor obtida com a cartela, sendo o resultado expresso em mg/L de ortofosfato (Alfakit, 2025e).

Determinação de Oxigênio Dissolvido (O_2)

A cubeta pequena foi preenchida com a amostra, cuidadosamente para evitar a formação de bolhas. Foi adicionada uma gota do Reagente 1, seguida de agitação, e posteriormente duas gotas do Reagente 2, com nova agitação. Adicionou-se então uma medida rasa do Reagente 3 (medida nº 2), agitando-se bem a mistura. A leitura foi feita por comparação com a cartela de cores, determinando-se a concentração de oxigênio dissolvido em mg/L (Alfakit, 2025f).

Determinação de pH

Com a amostra medida até a marca de 5 mL da cubeta, foi adicionada uma gota do reagente específico para pH. Após a agitação, a cubeta foi posicionada sobre a cartela de cores para verificação visual do pH da amostra (Alfakit, 2025d).

Determinação de Turbidez (Unidades Nefelométricas de Turbidez – NTU)

A amostra foi colocada até a borda da cubeta grande. Esta foi posicionada sobre os círculos da escala de turbidez, sendo observadas as cores de cima para baixo. A distinção das escalas indica a faixa de turbidez da amostra. Se a diferença entre as cores era perceptível no primeiro círculo, a turbidez era inferior a 50 NTU. Se não, prosseguiu-se para a escala de 100 NTU, e assim sucessivamente, até 200 NTU. Caso não fosse possível distinguir as cores nesta última escala, considerou-se que a amostra apresentava turbidez superior a 200 NTU (Alfakit, 2025d).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise realizada neste trabalho permitiu uma compreensão mais clara sobre a qualidade da água de um manancial que, embora se apresente como uma nascente, mostra fortes indícios de ter origem subterrânea — provavelmente ligada a um poço artesiano abandonado. Dessa forma, foi submetida à análise estatística dos resultados com as variáveis significativas, dado que temos poucos pontos ($n =$

3 por grupo), é uma **ANOVA exploratória**. Segundo as amostragens analisadas, para **cloretos, amônia, ferro e oxigênio dissolvido**, embora apresentem presença, não são relacionados na análise estatística porque não variaram significativamente, o que explica e reforça a presença constante de ação antrópica naquela região. Vamos a seguir, à análise das variantes.

Quadro 1 - Resumo dos resultados da ANOVA

Parâmetro	F	p-valor	Significativo?
Amônia	—	—	Não (sem variação)
Cloreto	—	—	Não (sem variação)
Cloro	4.77	0.048	Sim
Dureza	10.42	0.007	Sim
Ferro	—	—	Não (sem variação)
Fosfato	7.29	0.016	Sim
Oxigênio	—	—	Não (sem variação)
pH	2.00	0.20	Não
Turbidez	72.00	<0.001	Sim

Fonte: o Autor - *Software PaSt*, 2025. **F:** variabilidade dentre os resultados por parâmetro; **p-valor:** indica a significância estatística. Se o $p < 0,05$ considera-se que há diferença significativa entre os grupos.

Conforme apresentado no Quadro 1, foi possível aplicar o **teste de Tukey HSD** para os parâmetros que apresentaram diferença significativa na ANOVA: **Cloro, Dureza, Fosfato e Turbidez**.

Quadro 2 - Médias $\pm$ DP e Letras de Agrupamento (Teste de Tukey)

Parâmetro	Local	Média $\pm$ DP	Letra
Cloro	Lago 1 (Margem)	2.67 $\pm$ 0.58	a
	Lago 1 (Mina)	0.62 $\pm$ 0.45	b
	Lago 2	1.75 $\pm$ 1.39	a
Dureza	Lago 1 (Margem)	83.3 $\pm$ 28.9	ab
	Lago 1 (Mina)	66.7 $\pm$ 5.8	a
	Lago 2	136.7 $\pm$ 75.0	b
Fosfato	Lago 1 (Margem)	0.75 $\pm$ 0.00	a
	Lago 1 (Mina)	1.17 $\pm$ 0.29	b
	Lago 2	1.33 $\pm$ 0.29	b
Turbidez	Lago 1 (Margem)	100.0 $\pm$ 0.0	a
	Lago 1 (Mina)	50.0 $\pm$ 0.0	b
	Lago 2	100 $\pm$ 0.0	a

Fonte: O Autor – Software Utilizado PaSt, 2025.

Média $\pm$ DP: Média aritmética seguida do desvio padrão. **Letras:** Grupos com letras diferentes indicam diferença significativa (**$p < 0.05$**) pelo teste de Tukey HSD. Parâmetros com valores constantes (**como amônia, ferro, oxigênio**) não foram incluídos pois não há variação estatística.

No parâmetro de **Turbidez** na (Mina) é significativamente menor, já quanto ao **Fosfato** o ponto da (Margem) tem fosfato significativamente menor. Quanto à **Dureza** no ponto (Lago 2) difere de (Mina) e possivelmente de (Margem) (parcialmente sobrepostos). No que concerne ao **Cloro residual livre**, (Mina) difere de (Margem) e (Lago 2).

Letras de agrupamento por parâmetro

Quadro 3 - CLORO

Local	Letra
Lago 1 (Margem)	a
Lago 2	a
Lago 1 (Mina)	b

Mina difere de Margem e Lago 2

O cloro residual livre é essencial para garantir a desinfecção contínua da água durante sua distribuição. No entanto, níveis inadequados podem acarretar sérios riscos. A subdosagem pode permitir a proliferação de microrganismos patogênicos, como *Escherichia coli* e *Legionella*, elevando o risco de contaminações (Microambiental, 2021). Por outro lado, a superdosagem pode resultar na formação de subprodutos nocivos, como trihalometanos, que são potencialmente cancerígenos, além de causar alterações no sabor, odor e turbidez da água (Microambiental, 2021).

A Portaria GM/MS nº 888/2021 estabelece que a concentração de cloro residual livre na água distribuída deve estar entre 0,2 mg/L e 5,0 mg/L (Spr qualidade, 2021).

Quadro 4 - DUREZA

Local	Letra
Lago 1 (Mina)	a
Lago 1 (Margem)	ab
Lago 2	b

Lago 2 difere do ponto denominado Mina e possivelmente de Margem (parcialmente sobrepostos)

A dureza da água, determinada principalmente pela concentração de íons cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}), pode impactar negativamente sistemas hidráulicos e a qualidade do consumo. Altos níveis de dureza estão associados à formação de

incrustações em tubulações e equipamentos, como caldeiras e trocadores de calor, reduzindo sua eficiência e elevando custos de manutenção (Techfilter, 2021). Além disso, águas muito duras têm sabor desagradável e dificultam a ação de sabões e detergentes (Techfilter, 2021).

Segundo a legislação brasileira, recomenda-se que a dureza total da água potável não ultrapasse 300 mg/L de CaCO_3 (Techfilter, 2021).

Quadro 5 - FOSFATO

Local	Letra
Lago 1 (Margem)	a
Lago 1 (Mina)	b
Lago 2	b

Margem tem fosfato significativamente menor

Os fosfatos, comumente oriundos de esgotos domésticos e efluentes industriais, são nutrientes que, em excesso, provocam impactos ambientais. Sua presença elevada pode causar eutrofização, caracterizada pelo crescimento excessivo de algas e plantas aquáticas, o que leva à diminuição do oxigênio dissolvido na água e à morte de organismos aquáticos (Silva *et al.*, 2020). Além disso, a eutrofização pode comprometer a transparência da água e inviabilizar seu uso para abastecimento e lazer (Silva *et al.*, 2020).

Quadro 6 - TURBIDEZ

Local	Letra
Lago 1 (Mina)	b
Lago 1 (Margem)	a
Lago 2	a

Turbidez do ponto denominado Mina é significativamente menor

A turbidez representa a presença de partículas em suspensão na água, interferindo diretamente na qualidade e segurança do recurso hídrico. Níveis elevados de turbidez podem proteger microrganismos da ação de desinfetantes como o cloro, comprometendo a eficiência da desinfecção (Higeya lab, 2020).

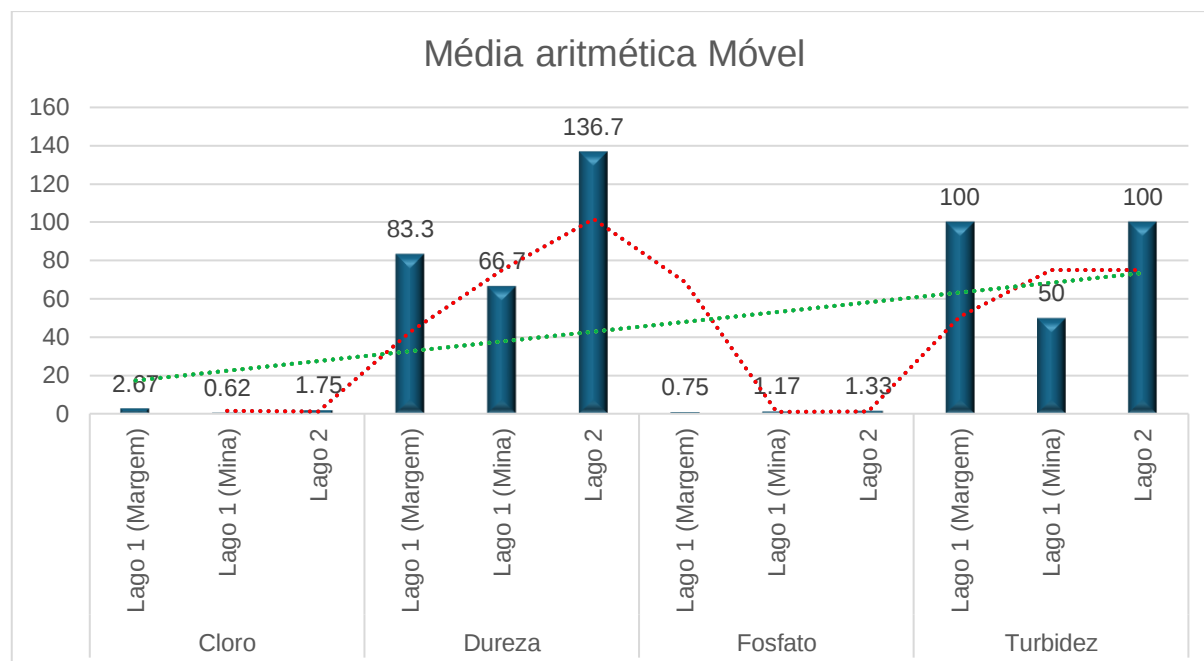
Também é um indicador de possíveis contaminações por matéria orgânica ou poluentes diversos (Acqua nativa, 2020), além de reduzir a penetração da luz no meio aquático, prejudicando a fotossíntese de plantas submersas e desequilibrando o ecossistema (Campo vivo, 2020). Embora o esperado para águas subterrâneas seja uma turbidez baixa, os valores medidos ultrapassaram o limite estabelecido pela Portaria nº 888/2021 (5,0 NTU) e até os 40 NTU da Resolução CONAMA nº 357/2005 em algumas amostras. Esse aumento pode estar relacionado à presença de íons metálicos como o ferro, que oxidam em contato com o ar e deixam a água mais turva (Funasa, 2010). Essa turbidez reforça a ideia de que se trata, de fato, de uma água oriunda de um poço.

Quadro 7 - Consolidado Com Letras

Local	Cloro	Dureza	Fosfato	Turbidez
Lago 1 (Margem)	a	ab	a	a
Lago 1 (Mina)	b	a	b	b
Lago 2	a	b	b	a

Fonte: *Software PaSt*, 2025.

Assim, letras diferentes são valores que diferem entre si e letras unidas estão parcialmente sobrepostas. A seguir será apresentado o gráfico de tendência média aritmética móvel dos resultados obtidos.

Gráfico 1 – Média aritmética móvel dos resultados

Fonte: Autor – *Softwares Utilizados: Excel e PaSt, 2025.*

Ainda há de ressaltar que para exaurir todas as possibilidades de eventuais falsos-positivos, propõe-se a seguir **análise de Bonferroni** com base nesses valores, considerando os seguintes pontos:

Identificar se há **diferença estatística significativa** entre os grupos “**Lago 1 (Margem)**”, “**Lago 1 (Poço)**” e “**Lago 2**” em relação a um **parâmetro específico**. Vamos usar o **parâmetro Cloro** como exemplo, pois apresenta **variação entre os locais e nas três coletas**.

Quadro 8 - Consolidado cloro em Bonferroni

Comparação	Diferença de Médias	Bonferroni $\alpha=0,0167$	Diferença Significativa?
Margem × Poço	$2,67 - 0,62 = 2,05$	Sim (grande diferença)	Sim
Margem × Lago 2	$2,67 - 1,75 = 0,92$	Não atinge 0,0167	Não
Poço × Lago 2	$0,62 - 1,75 = -1,13$	Sim (grande diferença)	Sim

Fonte: autor

Com esses dados (3 grupos, 3 valores por grupo), já é possível aplicar uma **ANOVA de uma via**. O resultado indicará **se há diferença entre os grupos**. Como estamos focando no **teste de Bonferroni**, vamos assumir que a ANOVA

resultou em $p < 0,05$ (ou seja, existe diferença significativa entre os grupos). A seguir, seguiremos para os outros parâmetros, Fósforo, pH e Turbidez.

Quadro 9 - Consolidado fósforo em Bonferroni

Comparação	Diferença de Médias	Significativa? ($\alpha = 0,0167$)
Margem × Poço	$0,75 - 1,17 = -0,42$	Sim
Margem × Lago 2	$0,75 - 1,33 = -0,58$	Sim
Poço × Lago 2	$1,17 - 1,33 = -0,16$	Não

Fonte: autor

Diferenças significativas foram encontradas entre **Lago 1 (Margem)** e os demais pontos (**Poço** e **Lago 2**), indicando maior concentração de fósforo nestes locais. A diferença entre **Poço** e **Lago 2** não foi estatisticamente significativa.

A seguir, seguiremos para o parâmetro do pH, e o comparativo em Bonferroni.

Quadro 10 – Consolidado pH em Bonferroni

Comparação	Diferença de Médias	Significativa? ($\alpha = 0,0167$)
Margem × Poço	$6,83 - 6,33 = 0,50$	Não
Margem × Lago 2	$6,83 - 7,17 = -0,34$	Não
Poço × Lago 2	$6,33 - 7,17 = -0,84$	Sim

Fonte: autor

A única diferença significativa foi observada entre **Lago 1 (Poço)** e **Lago 2**, sugerindo que o poço apresenta uma acidez ligeiramente maior. As demais comparações não foram significativas, demonstrando estabilidade do pH entre os pontos.

Dessa forma, concluindo os parâmetros elencados para a análise de Bonferroni, passaremos a Turbidez.

Quadro 11 – Consolidado turbidez em Bonferroni

Comparação	Diferença de Médias	Significativa? ($\alpha = 0,0167$)
Margem × Poço	100 - 50 = 50	Sim
Margem × Lago 2	100 - 100 = 0	Não
Poço × Lago 2	50 - 100 = -50	Sim

Fonte: autor

A turbidez da água no **Lago 1 (Poço)** é significativamente menor do que nos outros pontos. Isso pode indicar **maior filtração natural, menor impacto de escoamento superficial** ou **características geológicas** que favorecem maior clareza da água.

Não obstante a isso, se faz necessário a seguir, averiguação ainda dos parâmetros ao longo das coletas, pois mesmo com valores praticamente constantes, estão presentes e são indícios importantes da análise.

Começando pela **amônia**, observamos que seus níveis, embora baixos, indicam que há decomposição de matéria orgânica no corpo d'água, o que pode comprometer o equilíbrio do ecossistema. A presença de amônia não apenas interfere na saúde dos organismos aquáticos, como também reduz a concentração de oxigênio disponível na água, tornando o ambiente menos propício à sobrevivência dos peixes (Tundisi; Tundisi, 2008).

Apesar disso, o **oxigênio dissolvido** (OD) aferido foi de 9 mg/L, um valor bastante satisfatório, já que a maioria das espécies aquáticas exige um mínimo de 4 mg/L para sobreviver (Cetesb, 2023). Esse dado demonstra que, ao menos no momento da amostragem, havia uma boa oxigenação, o que pode estar relacionado à movimentação da água ou à ausência de excesso de matéria orgânica nos pontos analisados.

No caso dos **cloretos**, a presença dessa substância geralmente está relacionada à ação humana, principalmente em áreas onde há ocupação urbana ou uso agrícola. No contexto deste estudo, a suspeita de intervenção humana se confirmou com a identificação de uma estrutura abandonada, que indica claramente a tentativa de perfuração de um poço artesiano. A ausência de

acabamento típico dessa estrutura e o fato de a região possuir solo de terra roxa, rico em carbonato de cálcio (CaCO_3), fortalecem essa hipótese.

Falando em **carbonato de cálcio**, foi possível observar um aumento significativo de sua concentração ao longo do percurso da água, saindo de cerca de 70 mg/L para mais de 180 mg/L. Essa elevação mostra claramente que a água tem origem subterrânea, já que a presença de minerais como o CaCO_3 tende a ser maior em aquíferos e lençóis freáticos (Funasa, 2010).

Outro ponto que merece atenção é o **ferro**. A concentração encontrada se manteve ligeiramente abaixo do limite permitido pela legislação brasileira, que é de 0,3 mg/L (Portaria GM/MS nº 888/2021). Como a coloração da água permaneceu inalterada, sem tons alaranjados típicos do excesso de ferro, entende-se que, nesse aspecto, a qualidade ainda é aceitável.

Já o **fósforo total** foi o parâmetro mais preocupante. Com níveis entre três a quatro vezes superiores ao máximo recomendado pela Organização Mundial da Saúde (0,1 mg/L), o fósforo em excesso pode causar sérios problemas, como a **proliferação de algas e cianobactérias**, além de um processo chamado **eutrofização**, que reduz drasticamente o oxigênio na água, afetando a vida aquática e a potabilidade da água (Who, 2022; CONAMA, 2005). A **coloração esverdeada** da água observada no local é um claro sinal desse desequilíbrio.

Além dos impactos ambientais, o excesso de fósforo, caso a água seja consumida por longos períodos sem tratamento, pode afetar a saúde humana, causando coceiras, problemas ósseos e até complicações nos vasos sanguíneos (Rodrigues et al., 2017).

O **pH** da água, por sua vez, manteve-se dentro da faixa aceitável, entre 6,5 e 9,5. Pequenas variações observadas nos dias de chuva (12/03/2025 e 14/03/2025) são consideradas normais, já que o pH pode oscilar com a entrada de água pluvial (Cetesb, 2023).

Em resumo, os resultados obtidos sugerem que a água analisada é de **origem subterrânea**, com **indícios de interferência humana**, e que embora apresente parâmetros aceitáveis em alguns quesitos, como oxigênio e ferro, outros — como fósforo e turbidez — ainda precisam de **tratamento adequado antes de qualquer uso para consumo**.

CONCLUSÕES

A presente pesquisa permitiu uma avaliação criteriosa da qualidade da água de um manancial, o qual, embora aparente ser uma nascente natural, apresentou fortes indícios de tratar-se de um poço. A ausência de acabamento técnico e a canalização direta da água para irrigação evidenciam uma intervenção antrópica sem controle legal, cuja influência é claramente perceptível nos parâmetros físico-químicos analisados.

Os resultados obtidos demonstraram alterações significativas em variáveis como turbidez, cloro residual, dureza e fósforo total, com destaque para a turbidez, cujos valores ultrapassaram os 100 UNT estabelecidos pela Resolução CONAMA n.º 357/2005 para corpos hídricos de classe 2, indicando excesso de partículas em suspensão. O fósforo total, com concentrações superiores ao limite de 0,1 mg/L, aponta para a possível presença de efluentes domésticos ou agrícolas, favorecendo processos de eutrofização. Ainda que ferro e amônia estejam dentro dos limites permitidos (0,3 mg/L e até 3,7 mg/L, respectivamente, conforme pH e temperatura), a detecção contínua desses compostos reforça a presença de fontes contaminantes persistentes.

A constatação de alterações na qualidade da água, mesmo em parâmetros que não apresentaram variações estatísticas, como amônia e cloretos, é suficiente para indicar interferência humana significativa. Essa situação representa riscos não apenas ao ambiente — como o comprometimento da fauna aquática e do equilíbrio ecológico —, mas também à saúde pública, devido à potencial veiculação de microrganismos patogênicos e substâncias tóxicas.

Diante desse cenário, é imprescindível a regularização da captação de água subterrânea, com solicitação de outorga, adequação técnica do poço e implementação de um sistema de tratamento básico, visando à melhoria da qualidade da água utilizada. Além disso, recomenda-se a realização de monitoramento ambiental contínuo, com análises periódicas que considerem os parâmetros definidos pelas resoluções CONAMA n.º 357/2005 e 430/2011, assegurando o uso sustentável dos recursos hídricos.

No âmbito da saúde coletiva, o biomédico possui papel fundamental ao atuar na vigilância ambiental, contribuindo tecnicamente para a identificação e controle de riscos sanitários. Esse profissional pode ainda desenvolver ações educativas em escolas, universidades e comunidades locais, promovendo a conscientização sobre

o uso racional da água, os perigos da contaminação e a importância da preservação ambiental. Campanhas de educação ambiental, articulação com o poder público e incentivo à criação de políticas públicas voltadas à saúde ambiental também fazem parte desse escopo de atuação.

Por fim, ressalta-se a necessidade de ampliar a inserção da Biomedicina no campo ambiental, com a valorização e formação de profissionais aptos a atuar na interface entre saúde e meio ambiente. A contribuição biomédica para a gestão ambiental é estratégica e urgente, especialmente frente aos desafios impostos pelas ações antrópicas em ecossistemas frágeis. Assim, este trabalho reforça a importância da integração entre ciência, saúde e sustentabilidade, como base para a construção de um futuro mais equilibrado e saudável para as próximas gerações.

APÊNDICE

COLETA 12/03/25	LAGO 1 (MARGEM)	LAGO 1 (POÇO)	LAGO 2
AMÔNIA	0 NH ₃ mg/l	0 NH ₃ mg/l	0 NH ₃ mg/l
CLORETO	20 CL mg/l	20 CL mg/l	20 CL mg/l
CLORO	3 Cl ₂ mg/l	1 Cl ₂ mg/l	0,25 Cl ₂ mg/l
DUREZA	100 CaCO ₃ mg/l	70 CaCO ₃ mg/l	180 CaCO ₃ mg/l
FERRO	0,25 Fe mg/l	0,25 Fe mg/l	0,25 Fe mg/l
FOSFATO	0,75 PO ₄ mg/l	1 PO ₄ mg/l	1,5 PO ₄ mg/l
OXIGÊNIO	9 O ₂ mg/l	9 O ₂ mg/l	9 O ₂ mg/l
PH	6,5	7,0	7,5
TURBIDEZ	100	50	100

COLETA 14/03/25	LAGO 1 (MARGEM)	LAGO 1 (POÇO)	LAGO 2
AMÔNIA	0 NH ₃ mg/l	0NH ₃ mg/l	0 NH ₃ mg/l
CLORETO	20 CL mg/l	20 CL mg/l	20 CL mg/L
CLORO	2 Cl ₂ mg/l	0,10 Cl ₂ mg/l	3 Cl ₂ mg/l
DUREZA	100 CaCO ₃ mg/l	70 CaCO ₃ mg/l	180 CaCO ₃ mg/l
FERRO	0,25 Fe mg/l	0,25 Fe mg/l	0,25 Fe mg/l
FOSFATO	0,75 PO ₄ mg/l	1,5 PO ₄ mg/l	1 PO ₄ mg/l
OXIGÊNIO	9 O ₂ mg/l	9 O ₂ mg/l	9 O ₂ mg/l
PH	7	6	7
TURBIDEZ	100	50	100
COLETA 18/03/25	LAGO 1 (MARGEM)	LAGO 1 (POÇO)	LAGO 2
AMÔNIA	0 NH ₃ mg/l	0 NH ₃ mg/l	0 NH ₃ mg/l
CLORETO	20 CL mg/l	20 CL mg/l	20 CL mg/L
CLORO	3 Cl ₂ mg/l	0,75 Cl ₂ mg/l	2,0 Cl ₂ mg/l
DUREZA	50 CaCO ₃ mg/l	60 CaCO ₃ mg/l	50 CaCO ₃ mg/l
FERRO	0,25 Fe mg/l	0,25 Fe mg/l	0,25 Fe mg/l
FOSFATO	0,75 PO ₄ mg/l	1 PO ₄ mg/l	1,5 PO ₄ mg/l
OXIGÊNIO	9 O ₂ mg/l	9 O ₂ mg/l	9 O ₂ mg/l
PH	7	6	7
TURBIDEZ	100	50	100

REFERÊNCIAS

- ACQUA NATIVA. **Turbidez: importância e aplicações**. 2020. Disponível em: <https://www.acquanativa.com.br/aplicacoes/turbidez-importancia.html>. Acesso em: 11 maio 2025.
- ABDEL-KHALEK, A.; ELHENDY, A.; MAHMOUD, S. Effect of environmental pollutants on fish health: An overview. **Egyptian Journal of Aquatic Research**, v. 50, n. 2, p. 225-233, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2024.02.006>.
- ALFAKIT. **Isoquant Alfa Cloro**. 2025d. Disponível em: <https://alfakit.com.br/produto/isoquant-alfa-cloro/>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- ALFAKIT. **Kit para análise de amônia: controle essencial**. 2025c. Disponível em: <https://alfakit.com.br/kit-para-analise-de-amonia-controle-essencial/>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- ALFAKIT. **Spectro Kit Ortofosfato AC**. 2025e. Disponível em: <https://alfakit.com.br/produto/spectro-kit-ortofosfato-ac/>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- ALFAKIT. **Unikit Cloretos**. 2025a. Disponível em: <https://alfakit.com.br/produto/unikit-cloretos/>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- ALFAKIT. **Unikit de Bancada Dureza Total**. 2025b. Disponível em: <https://alfakit.com.br/produto/unikit-de-bancada-dureza-total/>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- ALFAKIT. **Unikit Oxigênio Dissolvido**. 2025f. Disponível em: <https://alfakit.com.br/produto/unikit-oxigenio-dissolvido/>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- CAMPO VIVO. **Turbidez, cor e índice de qualidade das águas**. 2020. Disponível em: <https://campovivo.com.br/artigos/artigo-sobre-turbidez-cor-e-indice-de-qualidade-das-aguas/>. Acesso em: 11 maio 2025.
- CETESB. **Qualidade da Água Superficial no Estado de São Paulo**. 2023. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br>.
- CONAMA. **Resolução nº 357/2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_357_2005_conama_classificacao_corpos_agua.pdf.
- FUNASA. **Manual prático de análise da qualidade da água**. 2010. Disponível em: <https://www.funasa.gov.br>.

HIGEYA LAB. **Turbidez na água: o que é e qual a sua importância.** 2020. Disponível em: <https://www.higeyalab.com.br/turbidez-na-agua-o-que-e-e-qual-a-sua-importancia>. Acesso em: 11 maio 2025.

MICROAMBIENTAL. **Como evitar as oscilações de cloro residual livre na água?** 2021. Disponível em: <https://microambiental.com.br/analises-de-agua/como-evitar-as-oscilacoes-de-cloro-residual-livre-na-agua/>. Acesso em: 11 maio 2025.

PARRON, L. M.; MUNIZ, H. de F.; PEREIRA, C. M. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água.** Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/921050/manual-de-procedimentos-de-amostragem-e-analise-fisico-quimica-de-agua>.

PORTARIA GM/MS nº 888/2021. **Estabelece os padrões de qualidade para água potável no Brasil.** Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-316608932>.

RODRIGUES, M. T. *et al.* Impactos do fósforo na saúde humana e ambiental. **Revista de Saúde Ambiental**, 2017.

SANTOS, N. G. N. *et al.* Water quality monitoring in southern Brazil and the assessment of risk factors related to contamination by coliforms and *Escherichia coli*. **Journal of Water and Health**, v. 21, n. 10, p. 1550–1561, 2023. <https://doi.org/10.2166/wh.2023.182>.

SILVA, J. A. da; COSTA, M. F.; ANDRADE, A. S. Impactos da eutrofização em corpos d'água e o papel dos fosfatos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 25, n. 2, p. 1-9, 2020.

SPR QUALIDADE. **Cloro residual livre na água potável: importância e padrões de potabilidade.** 2021. Disponível em: <https://sprqualidade.com.br/cloro-residual-livre-na-agua-potavel-importancia-e-padroes-de-potabilidade>. Acesso em: 11 maio 2025.

TECHFILTER. **O que é dureza da água?** 2021. Disponível em: <https://www.techfilter.com.br/artigos/o-que-e-dureza-da-agua/>. Acesso em: 11 maio 2025.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Limnologia.** São Paulo: **Oficina de Textos**, 2008.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for Drinking-water Quality.** 2022. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240045064>. Acesso em: 11 maio 2025.