



**Universidade Federal de Uberlândia  
Instituto de Ciências Agrárias  
Curso de Graduação em Engenharia Ambiental**

**ANA PAULA COSTA OLIVEIRA**

**QUALIDADE DAS ÁGUAS DO SABIÁ EM FUNÇÃO DE SEUS USOS: CONSUMO  
HUMANO E PRESERVAÇÃO DE AMBIENTES AQUÁTICOS EM ÁREA DE  
PROTEÇÃO PERMANENTE (APP)**

**UBERLÂNDIA – MG**

**2024**



ANA PAULA COSTA OLIVEIRA

**QUALIDADE DAS ÁGUAS DO SABIÁ EM FUNÇÃO DE SEUS USOS: CONSUMO  
HUMANO E PRESERVAÇÃO DE AMBIENTES AQUÁTICOS EM ÁREA DE  
PROTEÇÃO PERMANENTE (APP)**

Trabalho de Conclusão de curso apresentado à  
Universidade Federal de Uberlândia, como parte das  
exigências do curso de Graduação em Engenharia  
Ambiental, para a obtenção do título de bacharel em  
Engenheira Ambiental.

Orientadora

Profª Dra. Sueli Moura Bertolino

UBERLÂNDIA – MG

2024



## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço a Deus pela oportunidade de cursar uma graduação tão especial, que foi fundamental para o meu desenvolvimento pessoal e profissional.

Aos meus pais, Sônia e Antônio, e minha irmã Bruna, o meu mais profundo agradecimento. Foram eles que me apoiaram incondicionalmente durante toda essa jornada e sou imensamente grata pelo esforço, pela confiança e pelo amor que sempre depositaram em mim. Sem o apoio constante e os sacrifícios deles, eu não teria alcançado esta conquista. Poderia escrever um livro para expressar a importância que têm em minha vida: são minha força, inspiração e minha maior motivação. Sinto-me privilegiada e feliz por ter pais que sempre acreditaram no meu potencial e fizeram tudo para que eu pudesse trilhar um caminho de sucesso.

Aos meus colegas e amigos que me acompanham nesta jornada, deixo minha sincera gratidão. Em especial, agradeço a Bárbara Ellen, Mariana Ribeiro e Luyde Taluar, que foram fundamentais no meu percurso. A cada um deles, devo muito do que aprendi e cresci ao longo do curso.

Por fim, um agradecimento especial à minha prima Dayane, que me incentivou desde o início a seguir meus sonhos no ensino técnico e na graduação. Sempre me espelhei na profissional e na pessoa que ela é. Seu exemplo e apoio foram essenciais para que eu me mantivesse firme e continuasse fazendo aquilo que eu acreditava.



## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1:Ponto de coletas no Parque Sabiá em Uberlândia.....                             | 21 |
| Figura 2: Bebedores de água onde foram realizadas as coletas de água. ....               | 23 |
| Figura 3: Ponto de coleta na Lagoa 1 .....                                               | 24 |
| Figura 4: Ponto de coleta na Nascente.....                                               | 24 |
| Figura 5: Ponto de coleta na Lagoa 2 .....                                               | 25 |
| Figura 6: Ponto de coleta na Lagoa 3 .....                                               | 25 |
| Figura 7: Multiparâmetro Hanna® HI9829 utilizado nas medições. ....                      | 26 |
| Figura 8: Medição dos parâmetros utilizando multiparâmetro.....                          | 27 |
| Figura 9: Cloro Tester - Medidor de Cloro .....                                          | 28 |
| Figura 10: Soluções utilizadas no procedimento .....                                     | 32 |
| Figura 11: Soluções utilizadas no procedimento de determinação da DBO <sub>5</sub> ..... | 33 |
| Figura 12: Soluções utilizadas no experimento .....                                      | 33 |
| Figura 13: Água de diluição e bomba de ar com filtro.....                                | 34 |
| Figura 14: Gráfico 1 - Coleta dos bebedores 15/07.....                                   | 39 |
| Figura 15: Gráfico 2 – Coleta dos bebedores 05/08 .....                                  | 40 |
| Figura 16: Gráfico 3 e 4 - resultados obtidos de turbidez .....                          | 40 |
| Figura 17: Gráfico 5 e 6 - Resultados de cloro.....                                      | 42 |
| Figura 18: Gráfico 7 e 8 - Resultado de cobre.....                                       | 43 |
| Figura 19:Gráfico 9 e 10 - Resultados Manganês .....                                     | 44 |
| Figura 20: Gráfico 11 e 12 - resultados de ferro .....                                   | 45 |
| Figura 21: Resultados dos Coliformes Totais .....                                        | 46 |
| Figura 22: Gráfico 13 – Resultados Obtidos - pH.....                                     | 50 |
| Figura 23: Gráfico 14 – Resultados obtidos - Turbidez .....                              | 52 |
| Figura 24: Gráfico 15: Absorbância em função de suas concentrações.....                  | 56 |
| Figura 25: Gráfico 16 – Resultados obtidos - Sólidos Dissolvidos.....                    | 59 |
| Figura 26: Gráfico 17 - Resultados obtidos - Cobre.....                                  | 60 |
| Figura 27: Gráfico 18: Resultados obtidos - Manganês .....                               | 61 |
| Figura 28: Gráfico 19- Resultados obtidos - Ferro.....                                   | 63 |



## LISTA DE TABELA

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1: Identificação e coordenadas dos Bebedores .....                                | 22 |
| Tabela 2: Identificação dos pontos na APP .....                                          | 24 |
| Tabela 3: Resultados obtidos dos bebedores .....                                         | 37 |
| Tabela 4: Resultados obtidos dos bebedores .....                                         | 38 |
| Tabela 5: Zinco- Primeira e Segunda Coleta .....                                         | 45 |
| Tabela 6: Resultados dos Coliformes Totais .....                                         | 46 |
| Tabela 7: Resultados obtidos na Lagoa 1 e Nascente.....                                  | 48 |
| Tabela 8: Resultados obtidos da segunda coleta da Lagoa 2 e Lagoa 3 .....                | 49 |
| Tabela 9: Resultados obtidos a partir da leitura de OD0 e OD5 para o cálculo de DBO..... | 53 |
| Tabela 10: Resultados obtidos do cálculo de DBO .....                                    | 54 |
| Tabela 11: Absorbância em função de suas concentrações.....                              | 55 |
| Tabela 12: Absorbância de DQO [mg/L] .....                                               | 56 |
| Tabela 13: Concentração de DQO [mg/L] segundo absorbância média das soluções .....       | 57 |
| Tabela 14: Resultado obtidos - Zinco.....                                                | 62 |
| Tabela 15: Resultados das análises microbiológicas .....                                 | 64 |



## SUMÁRIO

|       |                                                                |    |
|-------|----------------------------------------------------------------|----|
| 1     | INTRODUÇÃO.....                                                | 10 |
| 2     | OBJETIVO GERAL.....                                            | 11 |
| 3     | REFERENCIAL TEÓRICO.....                                       | 12 |
| 3.1   | Parâmetro de Qualidade da Água.....                            | 12 |
| 3.2   | Impactos do Uso da Água.....                                   | 15 |
| 3.3   | A importância da qualidade da água para o consumo humano ..... | 16 |
| 3.4   | Importância das Áreas de Preservação Permanente (APP).....     | 18 |
| 3.5   | Legislações e Normas Relacionadas à Qualidade da Água.....     | 19 |
| 4     | METODOLOGIA.....                                               | 19 |
| 4.1   | Caracterização da área de estudo .....                         | 19 |
| 4.2   | Coleta das amostras .....                                      | 21 |
| 4.2.1 | Coletas – Consumo Humano .....                                 | 22 |
| 4.2.2 | Coletas - Áreas de Proteção Permanente (APP).....              | 23 |
| 4.3   | Coleta e armazenamento das amostras.....                       | 25 |
| 4.4   | Determinação dos parâmetros de qualidade da água .....         | 26 |
| 4.4.1 | Análise do parâmetro Cloro.....                                | 27 |
| 4.4.2 | Análise dos Metais .....                                       | 28 |
| 4.5   | Análise biológica .....                                        | 29 |
| 4.5.1 | Teste presuntivo .....                                         | 29 |
| 4.5.2 | Teste confirmativo.....                                        | 30 |
| 4.5.3 | Teste Complementar (EC).....                                   | 31 |
| 4.6   | Parâmetros Orgânicos .....                                     | 32 |
| 4.6.1 | Demanda bioquímica de oxigênio (DBO).....                      | 32 |
| 4.6.2 | Demanda química de oxigênio (DQO).....                         | 34 |



|     |                                                             |    |
|-----|-------------------------------------------------------------|----|
| 5   | RESULTADOS E DISCUSSÃO .....                                | 35 |
| 5.1 | Uso da água para Consumo Humano .....                       | 35 |
| 5.2 | Preservação de Ambientes Aquáticos: Nascente e Lagoas ..... | 47 |
| 6   | CONCLUSÃO.....                                              | 65 |
|     | REFERÊNCIAS .....                                           | 67 |



## **RESUMO**

Este estudo apresenta um diagnóstico da qualidade da água nos cursos e água presentes no interior do Parque Sabiá, em Uberlândia-MG, avaliando sua adequação para diferentes usos: consumo humano e preservação de ambientes aquáticos em Área de Proteção Permanente (APP). Foram realizadas coletas em três lagoas e uma nascente existentes neste Parque, em duas campanhas distintas, com análises físico-químicas e microbiológicas, além de coleta em quatro bebedouros de água. Os resultados foram avaliados de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005. Os resultados foram avaliados de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005 e a Portaria GM/MS nº 888/2021. Nos bebedouros, o pH apresentou valores abaixo do padrão na segunda coleta (5,89 e 5,97). Na Lagoa 2, os valores de cobre detectados (0,117 mg/L e 0,111 mg/L) ficaram acima do esperado, reforçando a necessidade de atenção. O cloro residual em todas as amostras esteve dentro do limite ( $\geq 0,2$  mg/L), e os coliformes fecais não foram detectados. Na nascente, considerando o enquadramento como classe especial para preservação de ambientes aquáticos, apresentou parâmetros compatíveis com sua classificação. Este diagnóstico destaca a necessidade de monitoramento contínuo e medidas de manejo para garantir a segurança hídrica e o equilíbrio ambiental.

**Palavras-chaves:** Análise físico-química, parâmetros microbiológicos e qualidade da água.



## **ABSTRACT**

This study presents a diagnosis of water quality in the water courses present inside Parque Sabiá, in Uberlândia-MG, evaluating its suitability for different uses: human consumption and preservation of aquatic environments in a Permanent Protection Area (APP). Collections were carried out in three lagoons and a spring in this Park, in two different campaigns, with physical-chemical and microbiological analyses, in addition to collections in four water fountains. The results were evaluated in accordance with CONAMA Resolution 357/2005. The results were evaluated in accordance with CONAMA Resolution 357/2005 and Ordinance GM/MS No. 888/2021. In the drinking fountains, the pH presented values below the standard in the second collection (5.89 and 5.97). In Lagoa 2, the copper values detected (0.117 mg/L and 0.111 mg/L) were higher than expected, reinforcing the need for attention. Residual chlorine in all samples was within the limit ( $\geq 0.2$  mg/L), and fecal coliforms were not detected. At the source, considering the classification as a special class for the preservation of aquatic environments, it presented parameters compatible with its classification. This diagnosis highlights the need for continuous monitoring and management measures to ensure water security and environmental balance.

**Keywords:** Physicochemical Analysis, Microbiological Parameters, and Water Quality.



## 1 INTRODUÇÃO

A água assume um papel crucial na sustentação da vida no planeta. Ela integra o corpo de todos os seres vivos, facilitando o transporte de substâncias, viabilizando a ocorrência de diversas discussões químicas, além de ser reconhecida como um solvente universal devido à sua capacidade de dissolver uma variedade de compostos químicos (SANTOS, 2016).

A qualidade da água é um aspecto fundamental para a saúde pública e para a preservação do meio ambiente, refletindo diretamente na qualidade de vida das populações que dependem desses recursos. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), a água potável e de boa qualidade é essencial para prevenir doenças e promover o bem-estar das comunidades (World Health Organization, 2021).

Nos parques urbanos, os recursos hídricos são frequentemente constituídos por nascentes, córregos ou lagos naturais. Essas fontes são integradas à estrutura verde do parque, desempenhando um papel fundamental na promoção das atividades de lazer, bem como na preservação e a melhoria do ambiente natural. Um exemplo relevante é o Parque Municipal do Sabiá, uma extensa área verde de lazer localizada no município de Uberlândia-MG. Nas diversas atividades esportivas realizadas no parque, a água desempenha um papel central. Seja para atender às necessidades de consumo humano por meio dos vários bebedouros espalhados pelo parque, seja na lagoa artificial esportiva utilizada para competições de esportes aquáticos, ou ainda na contribuição para a manutenção do equilíbrio natural do ambiente, além do fator paisagístico e turístico.

Este trabalho visa realizar um diagnóstico da qualidade das águas do Parque Sabiá, com foco na análise dos efeitos decorrentes de seus diferentes usos. Segundo Silva e Souza (2017), a avaliação da qualidade da água envolve a análise de parâmetros físicos, químicos e biológicos, permitindo uma compreensão detalhada das condições atuais do corpo d'água e a identificação de fontes potenciais de poluição. Este diagnóstico será realizado através de uma série de testes e medições, proporcionando uma visão abrangente das condições ambientais das lagoas e dos bebedouros do parque.

Diversos usos da água são observados no Parque do Sabiá, incluindo consumo humano e preservação de ambientes aquáticos em Áreas de Proteção Permanente (APP), paisagismo, recreação e lazer. Considerando estes usos, a qualidade da água é regulada pelas resoluções do



CONAMA N° 357/2005, que estabelecem a classificação dos corpos d'água conforme seus usos predominantes, e pela Resolução N° 274/2000, que define padrões de balneabilidade, e especificamente para consumo humano da Portaria do Ministério da Saúde n° 888/2021.

A análise da qualidade das águas do Parque Sabiá em função dos usos realizados proporciona uma visão abrangente dos desafios enfrentados pela gestão hídrica local. A importância do monitoramento contínuo é destacado por Campos e Lima (2020), que ressalta a necessidade de um acompanhamento constante para a formulação de políticas públicas eficazes e para a implementação de práticas de manejo sustentável. Com isso, espera-se contribuir para a promoção de um ambiente saudável e sustentável para as comunidades que dependem diretamente dos recursos oferecidos pelos recursos hídricos do Parque do Sabiá, além de demonstrar através dos dados obtidos se a qualidade existente no local é compatível com os atuais usos realizados, conforme legislações vigentes.

## **2 OBJETIVO GERAL**

O objetivo principal é analisar qualitativa e quantitativamente água coletada em diversos pontos no Parque Municipal do Sabiá, levando em consideração seus respectivos usos.

### **2.1. Objetivos Específicos**

- Examinar como as áreas de proteção e conservação dentro do Parque do Sabiá afetam a qualidade das águas, focando práticas de manejo ambiental;
- Identificar possíveis fontes de poluição que afetam a qualidade das águas no Parque do Sabiá;
- Realizar uma comparação da qualidade da água em diferentes corpos d'água dentro do parque para identificar variações e entender os fatores que contribuem para essas diferenças.



### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

O recurso natural mais precioso do planeta, possui uma composição harmoniosa e por isso contribui com o crescimento de uma fauna e flora próprias, com realização de fotossíntese e disposição de nutrientes. Além disso, atua também como solvente universal quando está no estado líquido (CAP-LAB, 2022).

A água é usada para diversos fins, como consumo humano, lazer, irrigação, entre outros. Para saber se esse recurso natural está apropriado aos diversos usos, a Agência Nacional de Águas (ANA) monitora a qualidade das águas superficiais e subterrâneas do país, com base nos dados fornecidos pelos órgãos estaduais gestores de recursos hídricos. Além disso, por intermédio desse acompanhamento, a ANA consegue fazer uma gestão mais eficiente, essencial para conceder outorgas de direito de uso da água e realizar estudos e planos, entre outras atividades (ANA, 2018).

A qualidade da água é um fator crítico para a saúde pública, a preservação ambiental e o bem-estar animal. É definida pela análise das propriedades físicas, químicas e biológicas. Dessa forma, é possível identificar se a água está dentro dos padrões estabelecidos em legislação e qual é a água ideal para cada tipo de uso.

#### 3.1 Parâmetro de Qualidade da Água

Para caracterizar uma amostra de água, são determinados diversos parâmetros, os quais representam as suas características físicas, químicas e biológicas. Esses parâmetros são indicadores de sua da qualidade e constituem impurezas quando alcançam valores superiores aos estabelecidos para determinado uso.

Os padrões de qualidade da água variam de acordo com o uso pretendido, já que cada finalidade exige parâmetros específicos estabelecidos para proteger a saúde humana, ambiental e animal. Por exemplo, a água destinada ao consumo humano (potabilidade) segue a Portaria de Consolidação n.º 888/2021, que regula a presença de microrganismos e substâncias químicas, enquanto a água utilizada para ambientes de proteção aquática deve atender aos



critérios definidos pela Resolução CONAMA n.º 357/2005, que considera fatores como coliformes fecais, salinidade e toxicidade. Esses critérios garantem tanto a preservação dos ecossistemas quanto a saúde dos animais (EOS, 2021).

Há diversos parâmetros a serem seguidos para garantir a qualidade da água, sendo os parâmetros físicos (Temperatura, Sabor, cor, Turbidez e condutividade elétrica), parâmetros químicos (pH, alcalinidade, Dureza da água, cloretos, ferro e manganês, nitrogênio, fósforo, fluoreto, Oxigênio dissolvido), parâmetros biológicos (coliforme e algas) e os Inorgânicos (Matéria orgânica, Demanda bioquímica de oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Componentes Inorgânicos e Componentes orgânicos). Os indicadores para analisar a qualidade da água são:

- **Parâmetros físicos:**

- **Temperatura:** medi a intensidade de calor;
- **Sabor e odor:** O sabor resulta da combinação dos gostos básicos (amargo, azedo, doce e salgado), enquanto o odor está relacionado à percepção olfativa. Ambos podem ter origem na destruição de matéria orgânica, nas algas ou em gases dissolvidos, sejam eles de fontes naturais ou causadas por atividades humanas. Os níveis elevados dessas características podem ser indicativos da presença de substâncias químicas perigosas (VON SPERLING, 2005).
- **Turbidez:** A turbidez representa o grau de interferência com passagem de luz através da água, conferindo uma aparência turva à mesma (VON SPERLING, 2005).
- **Condutividade elétrica:** A água conduz eletricidade por causa dos íons em sua composição, geralmente vindos dos sais. Sendo assim, medir a condutividade da água ajuda a determinar com precisão seu grau de salinidade. Se o índice for alto, é indicativo da presença de contaminantes CAP-LAB (2022).



- **Parâmetros químicos:**

- **pH:** Representa a concentração de íons Hidrogênio  $H^+$ , dando uma indicação sobre a acidez, neutralidade ou alcalinidade da água (VON SPERLING, 2005).
- **Alcalinidade:** Quantidade de íons a água que reagirão para neutralizar os íons hidrogênio. É uma medição da capacidade da água de neutralizar os ácidos (VON SPERLING, 2005).
- **Dureza:** Concentração de cátions multimetálicos em solução. Os cátions mais frequentemente associados à dureza são os cátions divalentes  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ . Em condições de supersaturação, esses cátions reagem com ânions na água, formando precipitados (VON SPERLING, 2005).
- **Ferro e Manganês:** O Ferro e o manganês estão presentes nas formas insolúveis numa grande quantidade de tipo de solos. Na ausência de oxigênio dissolvido, eles apresentam na forma solúvel. Caso a água contendo formas reduzidas seja exposta ao ar atmosférico, o ferro e o manganês voltam a se oxidar às suas formas insolúveis, o que pode causar cor na água (VON SPERLING, 2005).
- **Oxigênio dissolvido:** É de essencial importância para os organismos aeróbios (vivem na presença de oxigênio). Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos processos respiratórios, podendo vir a causar uma redução da sua concentração no meio. Dependendo da magnitude deste fenômeno, podem vir a morrer diversos seres aquáticos, inclusive os peixes (VON SPERLING, 2005).

➤ **Parâmetros biológicos**

- **Coliformes:** É um grupo de bactérias Gram-negativas que utilizam a lactose como nutriente e produzem gás, incubados a temperatura de 35-37 °C por 48 horas. Fazem parte desse grupo *Escherichia coli*, *Enterobacter*, *Citrobacter* e *Klebsiella*, que estão presentes em vegetais e solo, com exceção de *Escherichia coli* que habita o trato intestinal do homem e animais (GARROTE, 2020).



- **Algas:** desempenham um importante papel no ambiente aquático, sendo responsáveis pela produção de grande parte do oxigênio dissolvido do meio; em grandes quantidades, como resultado do excesso de nutrientes (eutrofização), trazem alguns inconvenientes: sabor e odor; toxidez, turbidez e cor; formação de massas de matéria orgânica que, ao serem decompostas, provocam a redução do oxigênio dissolvido; corrosão; interferência nos processos de tratamento da água: aspecto estético desagradável CAP-LAB (2022).

### 3.2 Impactos do Uso da Água

Os principais contaminantes da água incluem bactérias, vírus, parasitas, fertilizantes, pesticidas, medicamentos, nitratos, fosfatos, plásticos, resíduos fecais e até substâncias radioativas. Muitos desses poluentes não alteram a cor ou a aparência da água, o que torna a poluição hídrica muitas vezes invisível e, portanto, mais difícil de detectar e controlar (IBERDROLA, 2018).

Diante disso, o monitoramento da qualidade da água deve seguir rigorosamente os critérios estabelecidos pela regulamentação vigente, garantindo segurança aos seus diversos usos. Para isso, é necessário controlar e adequar as atividades humanas que interferem na água em relação aos aspectos físicos, químicos e microbiológicos. A água de baixa qualidade pode prejudicar a saúde dos animais, resultando em uma série de problemas, como a redução no consumo de água, diarreia e, em casos graves, até a morte. Portanto, assegurar o fornecimento de água adequada é fundamental para o bem-estar animal e para a eficiência dos sistemas de criação (SOUZA; LIMA; LIMA, 2018).

A poluição da água afeta diretamente a vida aquática, causando a morte de peixes, invertebrados e outras formas de vida que dependem de águas limpas para sobreviver. Isso leva à redução da biodiversidade aquática e ao desequilíbrio dos ecossistemas, comprometendo a estabilidade e o funcionamento desses ambientes (SUSTENTABILIDADE, 2019).

As áreas de preservação permanente urbanas desempenham um papel essencial para garantir um ambiente ecologicamente equilibrado, conforme previsto na Constituição Federal



Brasileira de 1988. No entanto, essas áreas enfrentam frequentemente pressões significativas devido ao crescimento populacional, à expansão urbana e às atividades econômicas que podem comprometer a sua integridade ambiental. A intensificação do uso do solo em regiões urbanas pode levar à manipulação desses espaços, ameaçando a biodiversidade local e os serviços ecossistêmicos que eles oferecem, como a regulação do microclima, a proteção dos corpos d'água e a manutenção da qualidade do ar (KINCZEL, 2018).

### 3.3 A importância da qualidade da água para o consumo humano

Segundo Ministério da Saúde a água utilizada para consumo humano é um bem essencial que garante saúde e qualidade de vida à população, quando distribuída em quantidade suficiente e com qualidade que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido na legislação vigente.

O Sistema de Informação da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA) é um dos principais instrumentos do Programa Vigiagua, que visa auxiliar o gerenciamento de riscos à saúde associados à qualidade da água para consumo humano.

A partir dos dados inseridos ou enviados rotineiramente pelos profissionais do setor saúde (Vigilância) e responsáveis pelos serviços de abastecimento de água (Controle), o SISAGUA gera relatórios com informações que possibilitam conhecer as características do abastecimento de água no País, tais como:

- Cobertura populacional por cada uma das formas de abastecimento de água nos municípios, nos estados e no Brasil;
- Relatório de amostras fora do padrão de potabilidade estabelecido na legislação vigente, para cada forma de abastecimento;
- Municípios que não possuem informação no sistema, entre outras.

O acesso à água potável, segura, isenta de riscos de doenças relacionadas ao seu uso, em quantidade suficiente para consumo, cocção e higiene pessoal é um direito humano fundamental. No entanto, o acesso à água potável e ao esgotamento sanitário, em nível mundial, gerenciado de forma segura, não se apresenta de forma universal. A Organização Mundial da



Saúde estima que 2,1 bilhões de pessoas, ou seja, uma em cada três pessoas no mundo, carecem de serviços de água potável e esse número dobra para 4,2 bilhões que não possuem esgoto. Esta realidade se acentua nas comunidades em condições de vulnerabilidade social e rural (BÁRTA et al., 2021).

Diante dessa situação, a agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU) propõe 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que buscam, por meio da erradicação de todas as formas de pobreza, concretizar os direitos humanos em equilíbrio com as três dimensões do desenvolvimento sustentável: crescimento econômico, inclusão social e proteção ao meio ambiente. Dessa forma, no intuito de trazer a questão da água e do saneamento para o centro da discussão, criou-se o sexto objetivo, que visa assegurar a disponibilidade, a gestão sustentável da água e o saneamento para todos, com metas para alcançar garantia ao acesso universal à água potável e segura.

A qualidade da água para consumo humano é de extrema importância para evitar diversas doenças, tanto de origem viral, tais como: hepatite E, hepatite A, Rotavírus, enterovírus, norovírus, quanto de origem bacteriana, como: *Vibrio*, *Campylobacter*, *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Shigella* e protozoária: *Giardia*, *Cryptosporidium*, *Toxoplasma gondii*, *Entamoeba*, que podem atingir a população por meio de surtos ou isoladamente. A exposição humana ao risco pode ocorrer durante toda a vida de consumo da água, no entanto, há diferentes sensibilidades entre esses estágios. Aqueles com maior risco de adquirir doenças transmitidas pela água são crianças, imunodeprimidos, desnutridos e idosos, especialmente quando vivem em condições insalubres (BÁRTA et al., 2021).

O monitoramento da qualidade da água de bebedouros em parques públicos é uma medida indispensável para garantir a saúde dos usuários e o atendimento às normas legais. Segundo Bartram et al. (2009), a segurança da água potável deve ser assegurada em toda a cadeia de fornecimento, com atenção especial ao ponto de consumo, onde os riscos de ~~de~~ contaminação podem ser elevados devido à deterioração de tubulações, falta de manutenção de reservatórios ou mau funcionamento de bebedouros. Além disso, a água potável deve atender aos padrões definidos em regulamentos como a Portaria de Consolidação n.º 888/2021, que estabelece limites para parâmetros microbiológicos e físico-químicos.



A implementação de um Plano de Segurança da Água (PSA) reforça a importância de um sistema integrado de gestão para prevenir riscos à saúde humana. Conforme recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e detalhado em estudos como o de Silva et al. (2015), o PSA permite identificar pontos críticos no sistema de distribuição. Esses pontos, quando mal monitorados, podem levar à introdução de contaminantes químicos, como metais provenientes de tubulações, ou microbiológicos, como coliformes fecais. O monitoramento contínuo e estruturado baseado no PSA não apenas protege os frequentadores de parques públicos, mas também garante a conformidade com padrões de qualidade.

#### 3.4 Importância das Áreas de Preservação Permanente (APP)

Legalmente, as áreas de preservação permanente foram criadas no Brasil pela Lei nº.4.771 que instituiu o novo Código Florestal, promulgada pelo Presidente H. Castello Branco, em 16 de setembro de 1965, conforme consta no Diário Oficial dos Estados Unidos do Brasil nº 117, ano CIII, Seção I, Parte I. Esta lei modificou e detalhou o Decreto nº. 23.793 de 1934, até então não está mais vigente, mas aprovou o Código Florestal, durante o primeiro governo de Getúlio Vargas (RIBEIRO, 2011).

A Lei nº 12.651/2012, passou a ser conhecida como Novo Código Florestal Brasileiro, estabelece a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências, além disso, no Art. 3º II, e Art. 4º I define as Áreas de Preservação Permanente (APPs):

*Art. 3º Para os efeitos desta Lei, entende-se por: II - Área de Preservação Permanente - APP: área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.*

As Áreas de Preservação Permanente (APPs) desempenham um papel crucial na conservação da biodiversidade, no controle da erosão do solo, no assoreamento, poluição dos corpos d'água, sendo responsável também por preservar as nascentes, rios e outros recursos



hídricos, por conservar a diversidade de espécies de plantas e animais. Além disso, facilitam a infiltração e a drenagem da água da chuva, contribuindo para a recarga dos aquíferos e prevenindo enxurradas, inundações e enchentes. Em áreas urbanas, as APPs também promovem a valorização da paisagem e do patrimônio natural e construído. Por essas razões, é essencial que essas áreas sejam monitoradas pelo poder público, sendo proibida qualquer exploração ou construção sem a devida autorização dos órgãos ambientais competentes. Diferentemente das Reservas Legais (RL), que podem ser exploradas de forma sustentável, as APPs são protegidas de maneira mais restritiva (COUTO AMBIENTAL, 2023).

### 3.5 Legislações e Normas Relacionadas à Qualidade da Água

A Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece os critérios para classificação das águas e as diretrizes para o lançamento de efluentes, regulando a qualidade da água em corpos hídricos. A resolução classifica as águas em três tipos: doce, salgada e salobra. As águas doces são classificadas em cinco categorias, sendo a especial a de melhor qualidade e com usos mais restritos. A resolução estabelece padrões de qualidade para as águas, que incluem limites individuais para cada substância em cada classe. O Poder Público é responsável por monitorar periodicamente os parâmetros de qualidade da água.

Além disso, a Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, é uma legislação do Ministério da Saúde que define os padrões de potabilidade da água para consumo humano no Brasil. A portaria estabelece procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água, e substituiu os padrões de potabilidade da Portaria de Consolidação nº 5/GM/MS, de 28 de setembro de 2017. A Portaria tem como objetivo garantir que a água consumida pela população seja segura, de alta qualidade e em conformidade com os padrões internacionais.

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado no Parque Municipal do Sabiá (Figura 1), em Uberlândia-MG. O Município apresenta uma área de 4115,206 km<sup>2</sup>, com 713.224 pessoas.



O Parque do Sabiá se estende por uma vasta área de 1,8 milhões de metros quadrados, oferecendo uma generosa porção à natureza com lagoas, bosques e uma agradável pista de caminhada. Além de ser um refúgio verde, o parque abraça a atividade física e o lazer, proporcionando aos visitantes uma variedade de opções.

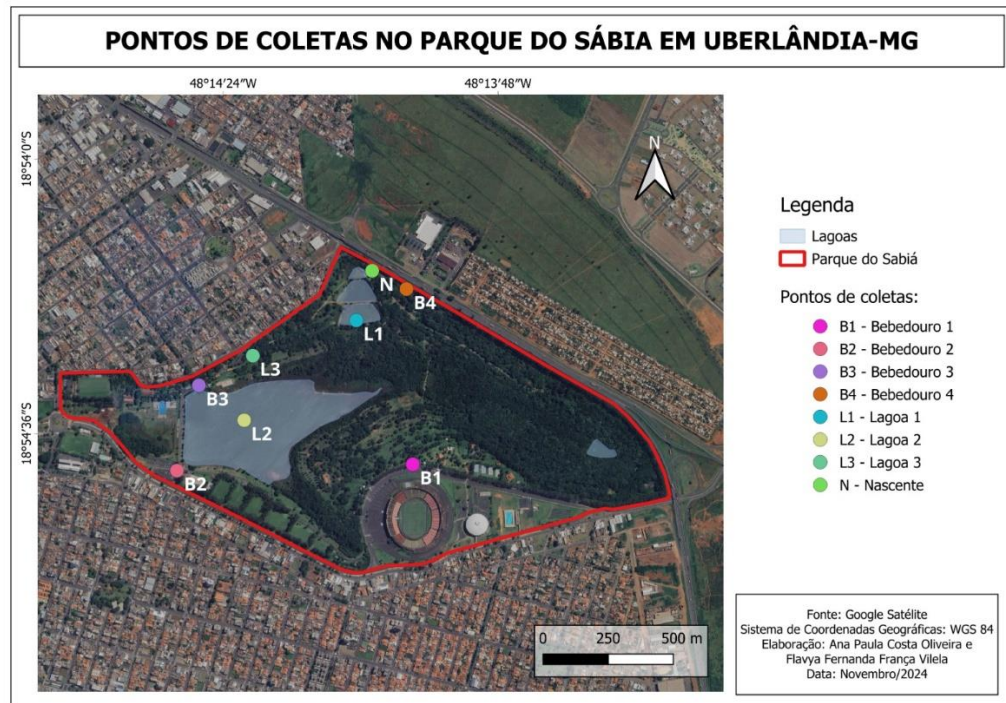
Segundo Rodrigues, 2003, o Parque possui uma média 10 mil visitantes diários e um aumento notável para 25 mil nos finais de semana, o Parque do Sabiá se torna não apenas um local para exercícios, mas também um destino vibrante para passeios e diversão em família. Para os entusiastas da gastronomia ao ar livre, o parque abriga restaurantes que oferecem uma experiência culinária única.

Para as crianças, o Parque do Sabiá não é apenas um local de exercício, mas também um playground extenso, com parquinhos de areia e uma seleção diversificada de brinquedos para garantir momentos de alegria e entretenimento. O parque se destaca, assim, como um ponto de encontro versátil para a comunidade, proporcionando uma experiência completa que vai além do simples contato com a natureza.

Além disso, o Parque do Sabiá é contemplado com zoológico, criado para estimular e valorizar a preservação da fauna e da flora brasileira. Em 300 mil metros quadrados amplamente arborizados, o espaço abriga cerca de 200 animais distribuídos em 50 espécies diferentes, entre aves, répteis e mamíferos. A vegetação do local é predominantemente de Cerrado e possui vasta diversidade de árvores como Copaíba, Araticum e Jatobá. O Zoológico contribui para a conservação das espécies que não oferecem retorno ao seu habitat natural, destacando aquelas que estão ameaçadas de extinção (RODRIGUES, 2023).



*Figura 1: Ponto de coletas no Parque Sabiá em Uberlândia*



*Fonte: Autora, 2024.*

## 4.2 Coleta das amostras

As coletas de amostras de água foram realizadas em pontos estratégicos ao longo do Parque Sabiá, considerando diferentes usos, como o consumo humano e a preservação em Áreas de Proteção Permanente (APP). A escolha dos pontos de coleta seguiu critérios estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e as condições adequadas para os diversos usos.

As amostras foram coletadas em frascos de vidro previamente esterilizados, para a preservação e transporte adequado das amostras de água. Em cada um dos frascos foram devidamente identificados, coletados cerca de 1 litro de amostra de água, em seguida foram transportadas em caixas térmicas com gelo para o laboratório de Qualidade da Água (LAQUA), onde os parâmetros físicos e químicos foram medidos e observados.



#### 4.2.1 Coletas – Consumo Humano

Para a análise do consumo humano, foram escolhidos quatro bebedores (conforme a Figura 2) localizados em pontos estratégicos. O primeiro bebedor está situado dentro do parque, à esquerda da entrada do Mundo da Criança. O segundo encontra-se na entrada do bairro Santa Mônica, o terceiro na entrada do bairro Tibery e o quarto em frente à entrada do zoológico do parque. Para facilitar a identificação, a Tabela 1 apresenta a localização de cada bebedor e suas respectivas coordenadas.

As coletas nos bebedores foram realizadas em duas ocasiões distintas. A primeira coleta ocorreu no dia 15 de julho de 2024, abrangendo os bebedores B1, B2, B3 e B4. A segunda coleta foi realizada no dia 5 de agosto de 2024.

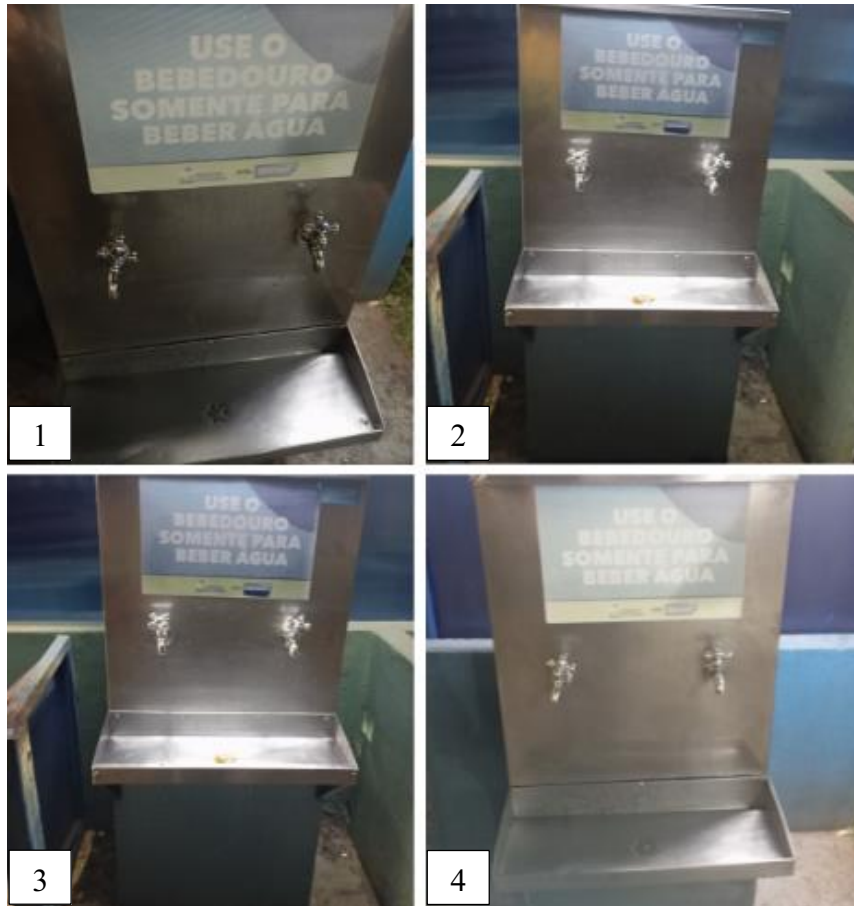
*Tabela 1: Identificação e coordenadas dos Bebedores*

| <b>Bebedores</b> | <b>Identificação</b> | <b>Coordenadas</b>           |
|------------------|----------------------|------------------------------|
| Mundo da Criança | Bebedor 1 (B1)       | 18°54'40.00"S, 48°13'59.17"O |
| Santa Mônica     | Bebedor 2 (B2)       | 18°54'40.82"S, 48°14'30.07"O |
| Tibery           | Bebedor 3 (B3)       | 18°54'29.65"S, 48°14'27.19"O |
| Zoológico        | Bebedor 4 (B4)       | 18°54'17.02"S, 48°14'0.01"O  |

*Fonte: Autora, 2024.*



*Figura 2: Bebedores de água onde foram realizadas as coletas de água.*



*Fonte: Autora, 2024.*

#### 4.2.2 Coletas - Áreas de Proteção Permanente (APP)

Para a análise na Área de Proteção Ambiental (APP), foram selecionados quatro pontos de grande importância para a preservação, conforme mostrado na Figura 3, Figura 4, , uma nascente, uma lagoa abastecida por esta nascente e duas lagoas localizadas próxima a entrada do bairro Tibery. Foram realizadas duas coletas em cada ponto em dias distintos: 22, 29 de julho e 10 de agosto de 2024. Para facilitar a identificação, a Tabela 2 apresenta a identificação de cada ponto e suas respectivas coordenadas.



*Tabela 2: Identificação dos pontos na APP*

| Pontos   | Identificação | Coordenadas                  |
|----------|---------------|------------------------------|
| lagoa 1  | L1            | 18°54'21.13"S, 48°14'6.57"O  |
| Lagoa 2  | L2            | 18°54'34.23"S, 48°14'21.25"O |
| Lagoa 3  | L3            | 18°54'25.76"S, 48°14'20.12"O |
| Nascente | Nas           | 18°54'14.62"S, 48°14'4.49"O  |

*Fonte: Autora, 2024.*

*Figura 3: Ponto de coleta na Lagoa 1*



*Fonte: Autora, 2024.*

*Figura 4: Ponto de coleta na Nascente*



*Fonte: Autora, 2024.*



*Figura 5: Ponto de coleta na Lagoa 2*



*Fonte: Autora, 2024.*

*Figura 6: Ponto de coleta na Lagoa 3*



*Fonte: Autora, 2024.*

#### 4.3 Coleta e armazenamento das amostras

Para cada parâmetro ou grupo de parâmetros existe um protocolo de coleta e armazenamento para posterior determinação, seguindo os procedimentos estabelecidos pelo Standar Methods (2022).

Para amostras destinadas à determinação de parâmetros microbiológicos, esterelizaram-se tubos Falcons de 50 mL para as devidas análises. Somente no local de coleta (bebedouros) foram retirados do envelope lacrado e autoclavado, abertos e a amostra era rapidamente coletada. Os frascos foram armazenados em caixa de isopor com gelo a aproximadamente 4 °C



e transportada ao Laboratório de Qualidade da Água (LAQUA) para análise para preservação das amostras.

Para os parâmetros físico-químicos as amostras foram coletadas com auxílio de um balde previamente lavados e posteriormente coletado 1 litro da amostra que foi transferida para frascos de vidro âmbar, devidamente limpos. Os frascos foram armazenados como descrito anteriormente.

#### 4.4 Determinação dos parâmetros de qualidade da água

Os parâmetros de oxigênio dissolvido, turbidez, pH, sólidos dissolvidos totais, condutividade e temperatura foram determinados utilizando o equipamento multiparâmetro Hanna® HI9829 (Figura 7). Este dispositivo é especialmente projetado para medir uma ampla gama de características da água. Para as medições, utilizamos um béquer de 250 mL. Aproximadamente 180 mL da amostra foi transferido para o béquer, onde a medição foi realizada por meio de uma sonda. Esta sonda transmite as leituras do sensor para o medidor, conforme ilustrado na Figura 8.

*Figura 7: Multiparâmetro Hanna® HI9829 utilizado nas medições.*



*Fonte: INSTRUSUL, 2018*



*Figura 8: Medição dos parâmetros utilizando multiparâmetro*



*Fonte: Autora, 2024.*

#### 4.4.1 Análise do parâmetro Cloro

O parâmetro cloro foi medido somente para coletas de água dos quatro bebedores (Figura 2). O procedimento foi iniciado com a lavagem da cubeta três vezes com água destilada. Em seguida, uma amostra de água foi inserida na cubeta, que foi devidamente seca para evitar qualquer sujeira ou marca que pudesse interferir na leitura. A cubeta com a amostra foi colocada no compartimento de medição (Figura 9), e o botão de análise foi pressionado para realizar o zeramento do aparelho. Após essa etapa, foram adicionadas 3 gotas dos reagentes DPD1 e DPD2 à amostra. A cubeta foi então fechada e suavemente agitada para garantir a mistura completa dos reagentes. Novamente, a superfície externa da cubeta foi limpa antes de ser inserida no compartimento de medição. O botão de leitura foi pressionado, e ao final da análise, o aparelho exibiu a concentração de cloro livre.



*Figura 9: Cloro Tester - Medidor de Cloro*



*Fonte: CENTRALBRASIL, 2024.*

#### 4.4.2 Análise dos Metais

Para a análise dos metais presentes nas amostras de água dos pontos de amostragem do Parque Sabiá, utilizou-se um espectrofotômetro de absorção atômica com chama de ar-acetileno, tecnologia essencial para a atomização dos elementos metálicos.

Inicialmente, as amostras foram armazenadas em frascos esterilizados, mantidas sob baixa temperatura em geladeira, de acordo com as normas de preservação de amostras para análises espectrofotométricas. Esse armazenamento adequado foi fundamental para evitar alterações na composição das amostras até o momento da análise.

Antes do início das medições, a chama do espectrofotômetro foi aquecida por aproximadamente vinte minutos, assegurando a temperatura ideal para a excitação dos átomos dos metais presentes. Em seguida, cada amostra foi introduzida no equipamento, com ajustes específicos para cada metal. Para cada elemento, foi utilizado um comprimento de onda específico, considerando que cada metal absorve luz em uma única faixa.

A detecção foi baseada na quantidade de luz absorvida pelos átomos dos metais na amostra, sendo esses valores posteriormente convertidos em concentrações. A quantificação dos metais foi realizada por meio de uma curva padrão, construída previamente com soluções de concentração conhecidas, garantindo a precisão dos resultados obtidos e permitindo uma comparação consistente com os valores das amostras.



#### 4.5 Análise biológica

As análises microbiológicas foram realizadas no Laboratório de Microbiologia Ambiental (LAMIC) através da técnica do Número Mais Provável (NMP), mais conhecida como Método Padrão de Tubos Múltiplos (RICE, BAIRD, EATON, 2017).

A técnica descrita é empregada na avaliação da qualidade bacteriológica de amostras de água brutas ou tratadas destinadas ao consumo humano, recreação ou irrigação, bem como na avaliação da eficiência de processos de tratamento de águas e águas residuárias domésticas ou industriais e integridade dos sistemas de distribuição (CETESB, 2017).

A técnica empregada consiste na detecção de bactérias do grupo Coliforme Fecal em três etapas: teste presuntivo, teste confirmativo e teste completo, de acordo com as Portarias do Ministério da Saúde 2914/2011, e 888/2021, visto que a portaria vigente durante o período de análise, Portaria nº 2914/2011, foi alterada pela Portaria nº 888/2021.

##### 4.5.1 Teste presuntivo

O teste presuntivo envolve a homogeneização e diluição das amostras de água, que são então colocadas uniformemente em tubos de ensaio contendo caldo lactosado, com tubos de Durham invertidos.

Para analisar cada amostra, são necessários nove tubos de ensaio e nove tubos de Durham. Os tubos devem ser organizados em três séries, cada uma contendo três tubos de ensaio, com um tubo de Durham invertido em cada um.

O primeiro passo no teste presuntivo é pesar o caldo lactosado. O teste é dividido em concentrações duplas e simples. Para as concentrações duplas, utiliza-se uma série de três tubos, nos quais se adiciona 26 g de caldo lactosado para cada 1000 ml de água, sendo 10 ml em cada tubo. Assim, ele deve adicionar um total de 30 ml de água.

Para as concentrações simples, utiliza-se duas séries de tubos, totalizando seis tubos. Adiciona-se 13 g de caldo lactosado para cada 1000 ml de água, com 10 ml em cada tubo. Portanto, ele deve adicionar um total de 60 ml de água.

Após determinar a quantidade necessária de caldo lactosado, os tubos devem ser



identificados conforme a concentração: três tubos para concentração dupla (D) e seis tubos para concentração simples. Entre os tubos da concentração simples, três devem ser identificados como 9 ml e os outros três como 9,9 ml.

Para a concentração dupla, adiciona-se 10 ml de caldo lactosado nos três primeiros tubos. O mesmo procedimento é seguido para a concentração simples. Em seguida, os tubos com caldo e os materiais utilizados são previamente esterilizados em autoclave a 121°C e 1,2 atm por 20 minutos e armazenados na geladeira.

Após a preparação, para cada série de três tubos contendo caldo lactosado, devem ser transferidas assepticamente: três alíquotas de 10 ml da amostra de água para a concentração dupla (amostra sem diluição), três alíquotas de 1 ml (diluição de 10x) para os tubos identificados com 9 ml, e três alíquotas de 0,1 ml (diluição de 100x) para os tubos identificados como 9,9 ml. As amostras são então incubadas em uma estufa a  $\pm 36^{\circ}\text{C}$  por 48 horas.

Posteriormente, os tubos de ensaio são avaliados visualmente quanto à produção de gás e ao crescimento microbiano, que é indicado pela presença de turbidez, para determinar a presença ou ausência de bactérias fermentadoras de lactose.

O teste presuntivo considera que os microrganismos que cresceram e produziram gás a partir da lactose sejam coliformes. No entanto, esse teste não fornece informações sobre outras características desses microrganismos. Portanto, são necessários testes adicionais para confirmação (FRANÇA, 2016).

#### 4.5.2 Teste confirmativo

A finalidade deste teste é a confirmação da presença de coliformes na água analisada. E para a realização deste teste confirmativo inocula-se uma alíquota de cada um dos tubos positivos do teste presuntivo juntamente com caldo lactosado com bile e verde brilhante. A utilização deste teste é para a separação dos Coliformes de outras possíveis bactérias, isso ocorre pela ação dos sais de bile que tem a função de inibir o crescimento de bactérias não entéricas e o verde brilhante inibe o crescimento de bactérias Gram-positivos, deste modo selecionando os Coliformes (FRANÇA, 2016).



Assim como no teste presuntivo, o primeiro passo é pesar o caldo Verde Bile Brilhante. Para cada amostra coletada, utilizam-se 9 tubos. Adiciona-se 40 g de caldo Verde Bile Brilhante para cada 1000 mL de água, distribuindo 5 mL de caldo em cada tubo. Dessa forma, deve-se adicionar um total de 45 mL de água, com a quantidade de caldo sendo calculada por regra de três. Após a preparação, os tubos devem ser identificados de 1 a 9, com a designação Verde Bile Brilhante (VBB).

Após a pesagem e identificação dos tubos, estes devem ser esterilizados previamente em autoclave a 121°C e 1,2 atm por 20 minutos e armazenados na geladeira. Em seguida, com o caldo já resfriado, deve-se transferir alíquotas de 1000 µL (1 mL) para tubos Falcon de 15 mL, cada um contendo 5 mL de caldo Verde Bile Brilhante. Essas alíquotas são adicionadas aos tubos positivos do teste presuntivo. Após a adição, os tubos são incubados a 36°C por 48 horas. A presença de gás e turbidez é então avaliada para confirmar a presença ou ausência e o NMP de coliformes totais nas amostras analisadas.

#### 4.5.3 Teste Complementar (EC)

A finalidade deste teste é avaliar o número de coliformes fecais. Os Coliformes fecais em seu ambiente natural possuem uma temperatura mais elevada, sendo capazes de resistir e de crescer em uma temperatura de 44,5° C, possibilitando assim sua diferenciação e podendo ser avaliados separadamente. Isso acontece porque em muitas avaliações tem a necessidade de distinguir os Coliformes fecais dos demais coliformes (FRANÇA, 2016).

Semelhante aos dois primeiros testes, o procedimento inicia com a pesagem do caldo EC. Para preparar o caldo, adiciona-se 37 g de caldo EC a cada 1000 mL de água, distribuindo 5 mL de caldo em cada tubo. Portanto, deve-se adicionar um total de 45 mL de água, com a quantidade de caldo sendo determinada por regra de três. Após a preparação, os tubos devem ser identificados de 1 a 9 com a designação "EC".

Após a pesagem e identificação, os tubos são esterilizados em autoclave a 121°C e 1,2 atm por 20 minutos e, em seguida, armazenados na geladeira. Com o caldo já resfriado, devem ser adicionadas alíquotas de 100 µL (0,1 mL) a tubos Falcon de 15 mL, cada um contendo 5



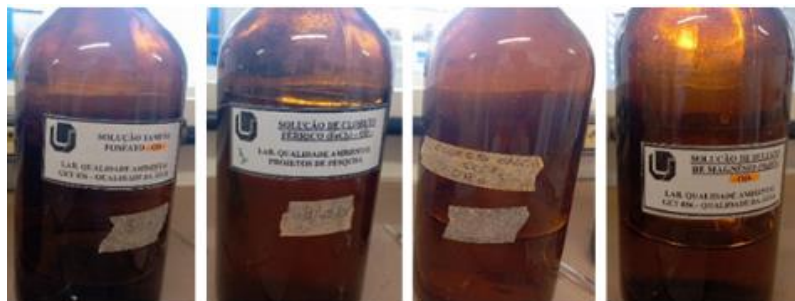
mL de caldo EC. Essas alíquotas são transferidas para os tubos positivos do teste presuntivo. Após a adição, os tubos são incubados a 45°C por 24 horas. A incubação permite a identificação de colônias pertencentes ao grupo de coliformes termotolerantes patogênicos, especificamente a bactéria *Escherichia coli*.

#### 4.6 Parâmetros Orgânicos

##### 4.6.1 Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)

O método consiste em incubar uma amostra em frascos específicos para medição de DBO, mantidos em temperatura de 20°C e em ambiente escuro, por um período de cinco dias. Para esta análise, utilizamos um procedimento que envolve adição de solução de cloreto de ferro, cloreto de cálcio, sulfeto de magnésio e solução tampão fosfato (Figura 10).

*Figura 10: Soluções utilizadas no procedimento*



*Fonte: Autora, 2024.*

Para iniciar o experimento, primeiramente foram preparados todos os materiais necessários. O primeiro passo foi separar os frascos de DBO (Figura 11), sendo necessários dois frascos para cada amostra de água. Para a preparação das soluções, foram utilizadas quatro pipetas de 1 mL, uma para cada reagente (cloreto de ferro, cloreto de cálcio, sulfato de magnésio e solução tampão fosfato), conforme mostra a Figura 12. Além disso, foi adicionado o inóculo (solo), pesando-se 0,5 g de solo para cada frasco de DBO, a fim de realizar a diluição e garantir a atividade microbiana adequada.



*Figura 11: Soluções utilizadas no procedimento de determinação da DBO<sub>5</sub>*



*Fonte: Autora, 2024.*

*Figura 12: Soluções utilizadas no experimento*



*Fonte: Autora, 2024.*

Após preparar todo o material necessário, deu-se início à preparação da água de diluição, utilizando um galão de 5 litros como recipiente. Foi calculada a quantidade de água destilada necessária, considerando que cada frasco de DBO requer 150 mL de água de diluição, enquanto os frascos de controle necessitam de 300 mL.

Para preparar a água de diluição, foram adicionados ao galão 1 mL de cada solução (cloreto de ferro, cloreto de cálcio, sulfato de magnésio e solução tampão fosfato) para cada litro de água destilada. Em seguida, o galão com a água destilada e as soluções foi aerado por aproximadamente 20 minutos com ar limpo, utilizando uma bomba de ar com filtro (Figura 13) e depois a solução descansou por 10 minutos.

Após o descanso, 150 mL da água de diluição foram transferidos para cada frasco de DBO, aos quais foram adicionados mais 150 mL da amostra de água e o inóculo (solo), sendo então tampados. Nos frascos de controle, foi utilizado apenas a água de diluição e o inóculo.



Após essa etapa, o oxigênio dissolvido (OD) inicial de um dos frascos de cada amostra foi medido. O segundo frasco de cada amostra foi colocado em uma câmara incubadora de DBO por cinco dias. Ao final desse período, foi feita a medição do OD final utilizando o possibilitando o cálculo da DBO<sub>5</sub>.

*Figura 13: Água de diluição e bomba de ar com filtro*



*Fonte: Autora, 2024.*

#### 4.6.2 Demanda química de oxigênio (DQO)

O método utilizado para determinação da Demanda Química de Oxigênio (DQO) envolve a oxidação da matéria orgânica presente nas amostras por meio de uma mistura de sulfato de prata e ácido sulfúrico ferventes, em conjunto com um excesso conhecido de dicromato de potássio, que atua como agente oxidante. Para a quantificação, aplicou-se um método colorimétrico, determinando a absorbância das amostras em um comprimento de onda específico, com base na intensidade do tom alaranjado resultante do dicromato residual.

Inicialmente, a oxidação da matéria orgânica foi realizada para todas as amostras, utilizando-se a mistura de sulfato de prata e sulfúrico, juntamente com o excesso do dicromato. Em seguida, 2,5 ml de cada amostra foi transferida para tubos de ensaio, aos quais foram adicionados 1,5 ml da solução digestora e 3,5 ml do reagente correspondente. Os tubos foram agitados para garantir a homogeneização completa, gerando um processo exotérmico com liberação de calor. Em sequência, os tubos foram tampados e novamente agitados para assegurar uma mistura uniforme.



Após a preparação, os tubos foram inseridos em um termoreator e incubados por 120 minutos, com a temperatura ajustada gradualmente até estabilizar em 150°C, condição necessária para garantir a completa oxidação da matéria orgânica. Em seguida, os tubos foram resfriados à temperatura ambiente. Durante o processo, a reação ácida promoveu a formação de dicromato residual, conferindo uma coloração alaranjada característica. Essa coloração foi analisada utilizando um espectrofotômetro, com leituras realizadas a um comprimento de onda de 600 nm, específico para essa tonalidade.

A quantificação final foi feita no espectrofotômetro, com cada amostra analisada em triplicata para maior precisão. A concentração de DQO em cada amostra foi calculada utilizando a equação de uma curva-padrão previamente obtida.

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Neste capítulo, apresentamos uma visão geral dos parâmetros analisados, com o objetivo de avaliar a qualidade da água nos pontos amostrados no Parque Sabiá conforme os diferentes usos previstos: consumo humano e Preservação de ambientes aquáticos.

### **5.1 Uso da água para Consumo Humano**

Nesta pesquisa, foram analisados parâmetros físico-químicos e microbiológicos para avaliar a qualidade da água nos principais bebedouros do Parque Municipal do Sabiá, localizados na entrada do Mundo da Criança (MC), na entrada do bairro Santa Mônica (SM), na entrada do bairro Tibery (TI) e no bebedouro em frente ao zoológico (Zo).

A água destinada ao consumo humano no parque é fornecida pelo Departamento Municipal de Água e Esgoto de Uberlândia (DMAE), que realiza um monitoramento rigoroso diário de todo o processo de coleta, tratamento e distribuição. O DMAE coleta e analisa anualmente mais de 18 mil amostras em seus três laboratórios especializados, garantindo a qualidade da água fornecida à população de Uberlândia (PMU, 2023).



Com o objetivo de verificar se a água que chega aos bebedouros do parque mantém a mesma qualidade que sai da Estação de Tratamento de Água (ETA), foram realizadas análises. A seguir, são apresentados os resultados obtidos a partir dessas avaliações (Tabela 3 e Tabela 4)



*Tabela 3: Resultados obtidos dos bebedores*

| <b>BEBEDORES</b>     |                       |                  |           |                       |                  |           |
|----------------------|-----------------------|------------------|-----------|-----------------------|------------------|-----------|
| <b>PARÂMETROS</b>    | <b>Bebedor 1 (B1)</b> |                  |           | <b>Bebedor 2 (B2)</b> |                  |           |
|                      | Coleta 1 (15/07)      | Coleta 2 (05/08) | Desvio P. | Coleta 1 (15/07)      | Coleta 2 (05/08) | Desvio P. |
| <b>pH</b>            | 6.14                  | 6                | 0.099     | 6.42                  | 6.1              | 0.226     |
| <b>TEMPERATURA</b>   | 12.68                 | 12.71            | 0.021     | 13.95                 | 12.45            | 1.061     |
| <b>TURBIDEZ</b>      | 0.37                  | 0.1              | 0.191     | 0.26                  | 0.1              | 0.113     |
| <b>CONDUTIVIDADE</b> | 45                    | 42               | 2.121     | 42                    | 31               | 7.778     |
| <b>CLORO</b>         | 1.84                  | 1.14             | 0.495     | 1.9                   | 1.08             | 0.580     |
| <b>SDT</b>           | 23                    | 21               | 1.414     | 21                    | 15               | 4.243     |
| <b>COBRE</b>         | 0.0025                | 0.003            | 0.0004    | 0.0027                | 0.0031           | 0.0003    |
| <b>MANGANÊS</b>      | 0.0001                | 0.0002           | 0.0001    | 0.0001                | 0.0002           | 0.0001    |
| <b>ZINCO</b>         | -0.0001               | -0.0001          | 0.0000    | 0                     | 0                | 0.0000    |
| <b>FERRO</b>         | 0.0029                | 0.0006           | 0.0016    | 0.0009                | 0.0014           | 0.0004    |

*Fonte: Autora, 2024.*



*Tabela 4: Resultados obtidos dos bebedores*

| <b>BEBEDORES</b>     |                       |                  |           |                       |                  |           |
|----------------------|-----------------------|------------------|-----------|-----------------------|------------------|-----------|
| <b>PARÂMETROS</b>    | <b>Bebedor 3 (B3)</b> |                  |           | <b>Bebedor 4 (B4)</b> |                  |           |
|                      | Coleta 1 (15/07)      | Coleta 2 (05/08) | Desvio P. | Coleta 1 (15/07)      | Coleta 2 (05/08) | Desvio P. |
| <b>pH</b>            | 6.6                   | 5.9              | 0.474     | 6.78                  | 5.97             | 0.573     |
| <b>TEMPERATURA</b>   | 17.2                  | 18.5             | 0.919     | 15.98                 | 20.76            | 3.380     |
| <b>TURBIDEZ</b>      | 0.3                   | 0.1              | 0.120     | 0.35                  | 0.10             | 0.177     |
| <b>CONDUTIVIDADE</b> | 43.0                  | 48.0             | 3.536     | 37.00                 | 52.00            | 10.607    |
| <b>CLORO</b>         | 1.6                   | 1.2              | 0.247     | 2.92                  | 1.11             | 1.280     |
| <b>SDT</b>           | 22.0                  | 24.0             | 1.414     | 20.00                 | 26.00            | 4.243     |
| <b>COBRE</b>         | 0.0026                | 0.0032           | 0.000     | 0.0028                | 0.0033           | 0.0004    |
| <b>MANGANÊS</b>      | 0.0002                | 0.0002           | 0.000     | 0.0002                | 0.0002           | 0.0000    |
| <b>ZINCO</b>         | 0.0000                | 0.0001           | 0.000     | 0.0000                | -0.0001          | 0.0001    |
| <b>FERRO</b>         | 0.0010                | 0.0008           | 0.000     | 0.0037                | 0.0010           | 0.0019    |

*Fonte: Autora, 2024.*

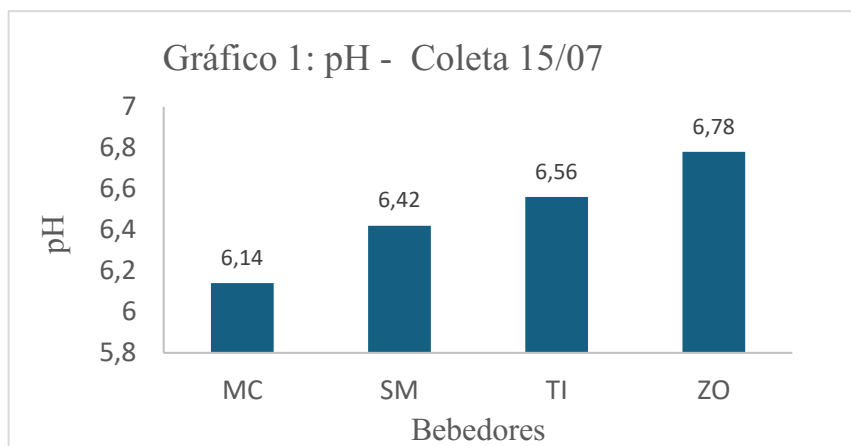


Os valores obtidos nas análises de qualidade da água foram avaliados conforme os padrões estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021, do Ministério da Saúde, que regulamenta os parâmetros de potabilidade da água para consumo humano no Brasil.

## pH

A Portaria GM/MS nº 888/2021 recomenda que o pH deva estar entre 6 e 9. O gráfico da Figura 14 apresenta os valores dos pH obtidos na primeira coleta (15/07/2024) em cada bebedor:

*Figura 14: Gráfico 1 - Coleta dos bebedores 15/07*



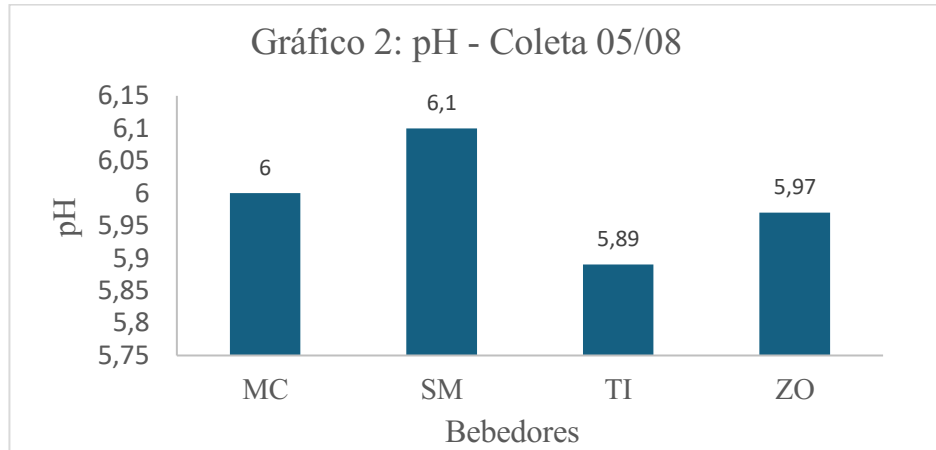
*Fonte: Autora, 2024.*

A primeira coleta (15/07) apresentou resultados satisfatórios em todos os pontos de amostragem com todos os valores de pH dentro do intervalo regulamentado. Esses resultados indicam que, no momento da coleta, a água fornecida em todas as localizações estava em conformidade com os padrões exigidos para o consumo humano.

Na segunda coleta (05/08), observou-se que em dois pontos o pH ficou abaixo de 6,0, valor mínimo estabelecido pela Portaria GM/MS nº 888/2021. Esses pontos foram o bebedor localizado na entrada bairro Tibery, e o bebedor em frente ao zoológico. O gráfico da Figura 15 ilustra os valores de pH obtidos nesta segunda coleta para cada bebedouro:



Figura 15: Gráfico 2 – Coleta dos bebedores 05/08



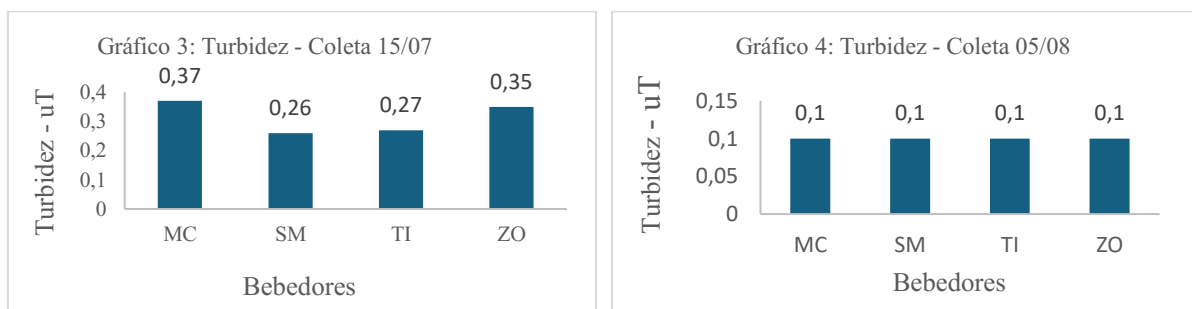
Fonte: Autora, 2024.

Entretanto, água com pH baixo compromete o gosto, a palatabilidade e aumenta a corrosão, enquanto que águas com pH elevado comprometem esta palatabilidade (SPERLING, 2005). O pH pode ser considerado como uma das variáveis ambientais mais importantes, e é uma das mais difíceis de interpretar. Tal complexidade é resultante dos inúmeros fatores que podem influenciá-lo, podendo estar relacionado a fontes de poluição difusa (MESSIAS, 2008).

### Turbidez

A Portaria de Consolidação n.º 888/2021 estabelece um limite máximo de 5,0 uT para turbidez em águas de abastecimento. Conforme apresentado na Figura 16, todos os resultados obtidos na amostra estão dentro dos limites permitidos pela legislação.

Figura 16: Gráfico 3 e 4 - resultados obtidos de turbidez



Fonte: Autora, 2024.



Em ambas as coletas realizadas nos bebedouros do Parque Municipal do Sabiá, todos os valores de turbidez ficaram dentro do valor estabelecido pela legislação. Segundo Pereira e Almeida (2020), a manutenção da turbidez dentro dos limites regulamentares é fundamental para garantir que a água de abastecimento público ofereça segurança microbiológica adequada e minimize os riscos de contaminação.

A conformidade dos valores de turbidez nas amostras também é consistente com a recomendação de padrões para consumo humano em áreas urbanas, conforme discutido por Oliveira et al. (2019), que ressalta que níveis baixos de turbidez estão associados às melhores práticas de monitoramento e tratamento. Dessa forma, os resultados obtidos nas coletas refletem a eficácia dos processos realizados pelo Departamento Municipal de Água e Esgoto de Uberlândia (DMAE), garantindo uma água segura para o consumo.

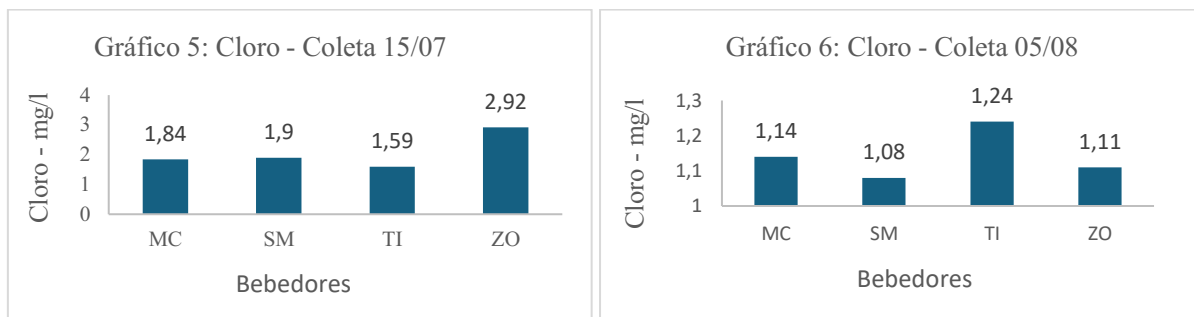
### **Cloro**

Os resultados de cloro residual nas amostras de água dos bebedouros do Parque Sabiá ficaram dentro dos limites estipulados pela Portaria GM/MS nº 888/2021 (Figura 17), que estabelece que o teor de cloro residual para águas destinadas ao consumo humano é obrigatório a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre. Esse valor garante a segurança microbiológica da água, pois o cloro atua como desinfetante, essencial para eliminar patógenos e prevenir contaminações ao longo do sistema de distribuição (COSTA et al., 2021).

O cloro residual livre, quando dentro dos parâmetros, é considerado seguro para consumo humano e oferece proteção contínua contra agentes microbiológicos até o ponto de consumo, prevenindo doenças de origem hídrica (PEREIRA & SILVA, 2020). Estudos mostram que níveis adequados de cloro, como os coletados nas amostras, desempenham um papel crucial na manutenção da qualidade da água nas redes de distribuição. Entretanto, quando o cloro residual é elevado, podem ocorrer reações com compostos orgânicos e inorgânicos que geram subprodutos ambientais prejudiciais à saúde, como trihalometanos, especialmente em águas com SDT mais altos (ALMEIDA et al., 2019). Nesse contexto, o baixo nível de SDT encontrado nas amostras do Parque Sabiá é positivo, pois reduz o risco de formação desses subprodutos, aumentando a segurança da cloração.



Figura 17: Gráfico 5 e 6 - Resultados de cloro



Fonte: Autora, 2024.

## Cobre

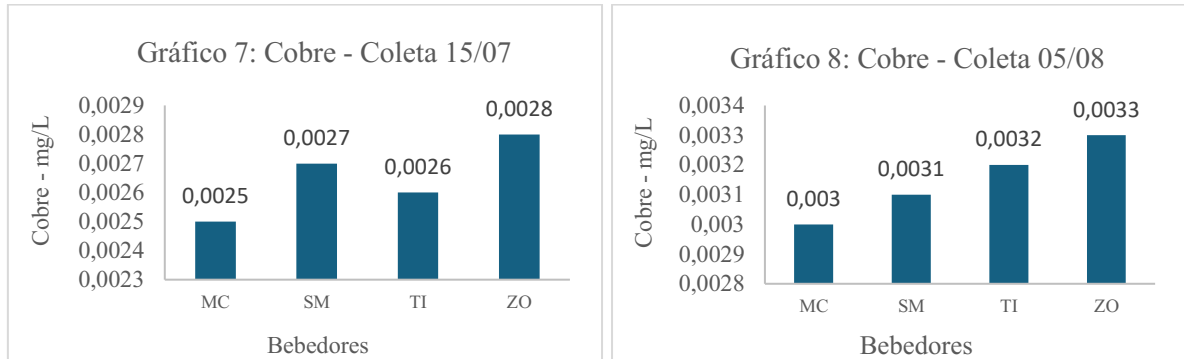
Os resultados obtidos ((Figura 18) para a concentração de cobre nas amostras de água estão significativamente abaixo do limite máximo permitido de 2 mg/L, conforme a Portaria GM/MS nº 888/2021. Esses resultados são indicativos de uma qualidade da água adequada, já que a presença controlada de metais pesados, como o cobre, é essencial para garantir a segurança do abastecimento de água para consumo humano.

O cobre é um micronutriente essencial em baixas concentrações, desempenhando um papel importante na saúde humana, como a síntese da hemoglobina e a função imunológica (OMS, 2011). No entanto, a exposição a níveis elevados de cobre pode resultar em efeitos adversos à saúde (FERGUSON & GAVIS, 1972). Estudos mostram que a ingestão de água contaminada com cobre pode levar a uma série de problemas de saúde, especialmente em populações vulneráveis, como crianças e gestantes (HUANG & WU, 2020).

Além disso, a presença de níveis baixos de cobre na água potável, como os coletados nas amostras do Parque Sabiá, sugere um sistema de abastecimento eficiente, onde os mecanismos de controle da qualidade da água estão funcionando de maneira eficaz. Isso é particularmente relevante num contexto em que a saúde pública e a segurança hídrica são prioritárias.



*Figura 18: Gráfico 7 e 8 - Resultado de cobre*



*Fonte: Autora, 2024.*

## **Manganês**

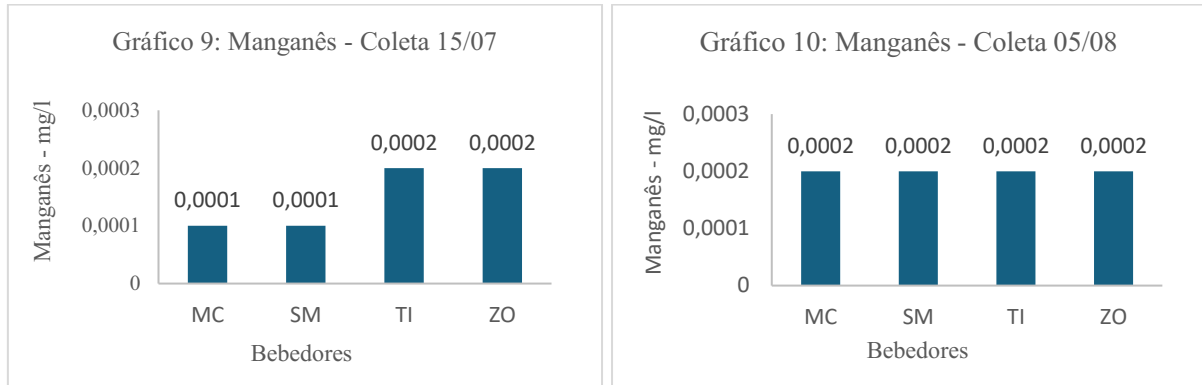
As concentrações de manganês nas amostras estão abaixo do limite máximo (conforme Figura 19) estabelecido pela Portaria GM/MS nº 888/2021, que é de 0,1 mg/L. Esses resultados indicam uma qualidade adequada da água em relação à presença de manganês, um metal que, em níveis elevados, pode representar riscos à saúde.

O manganês é um elemento essencial em pequenas quantidades, desempenhando um papel importante em várias funções biológicas, como o metabolismo e a formação de tecidos conectivos (Organização Mundial de Saúde, 2011). No entanto, a exposição a concentrações elevadas de manganês na água potável pode resultar em problemas neurológicos e neurotóxicos, especialmente em populações vulneráveis, como crianças (MERGLER et al., 2007).

No contexto do abastecimento de água para consumo humano, a presença de manganês em níveis controlados é essencial para evitar problemas de saúde e garantir a acessibilidade da água pela população, visto que o manganês pode afetar o sabor e o cor da água (NRIAGU, 1998).



*Figura 19: Gráfico 9 e 10 - Resultados Manganês*



*Fonte: Autora, 2024.*

## **Zinco**

Os resultados obtidos para as concentrações de zinco (Tabela 5) indicam uma ausência desse metal na água comprovada. Embora o zinco seja um elemento essencial para a saúde humana, a presença de concentrações elevadas pode representar riscos à saúde e afetar a qualidade da água para o consumo humano.

O zinco é um micronutriente necessário para o funcionamento adequado de várias enzimas e para o sistema imunológico (OMS, 2007). A Organização Mundial da Saúde (OMS) estabelece um limite máximo para o zinco em água potável de 5 mg/L, considerando que a ingestão de água com níveis excessivos de zinco pode causar efeitos adversos, como distúrbios gastrointestinais e paladar metálico (OMS, 2007). Além disso, níveis elevados de zinco podem provocar problemas de corrosão nas tubulações, o que pode afetar a qualidade da água distribuída (ALLOWAY, 1995). Portanto, os resultados de ausência de zinco nas amostras de água demonstram uma qualidade da água compatível com as diretrizes condicionais, reforçando a importância de um controle rigoroso para garantir que a água consumida pela população não represente riscos para a saúde.



*Tabela 5: Zinco- Primeira e Segunda Coleta*

| ZINCO – mg/l |                 |                |
|--------------|-----------------|----------------|
| Bebedores    | Primeira Coleta | Segunda coleta |
| <b>MC</b>    | > LD            | > LD           |
| <b>SM</b>    | 0               | 0              |
| <b>TI</b>    | 0               | > LD           |
| <b>ZO</b>    | 0               | > LD           |

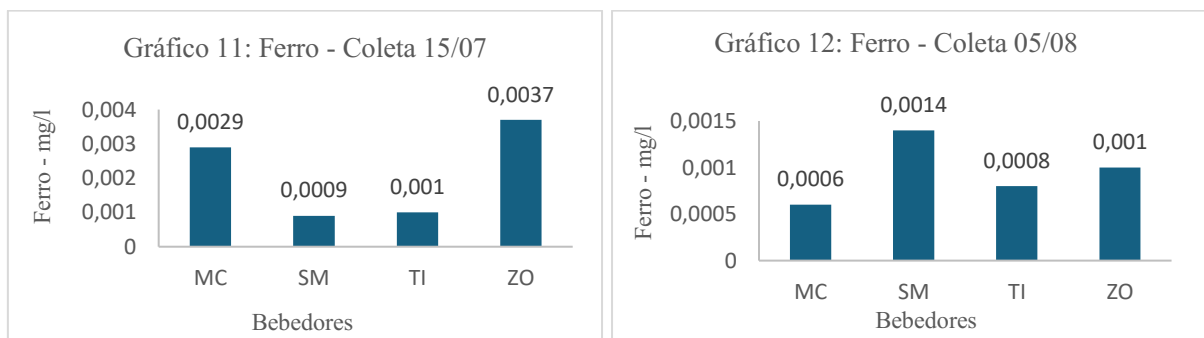
*Fonte: Autora, 2024.*

## Ferro

Os resultados obtidos (Figura 20) para a concentração de ferro nas amostras de água do Parque Sabiá foram significativamente baixos, indicando que os níveis desse metal estão abaixo do limite máximo estabelecido pela Portaria GM/MS nº 888/2021, que é de 0,3 mg/L. O ferro é um mineral essencial para o corpo humano, desempenhando um papel crucial no transporte de oxigênio no sangue e em diversas funções metabólicas (Organização Mundial da Saúde, 2004).

Apesar de sua importância, a presença de excesso de ferro na água potável pode causar problemas de saúde e de qualidade da água. Níveis elevados de ferro podem resultar em distúrbios gastrointestinais e podem afetar a palatabilidade da água, conferindo-lhe um sabor metálico (Kopittke et al., 2015). Além disso, a presença de ferro pode provocar a corrosão de tubulações e equipamentos, resultando em problemas de contaminação secundária e na manipulação da qualidade da água distribuída (AWWA, 2000).

*Figura 20: Gráfico 11 e 12 - resultados de ferro*



*Fonte: Autora, 2024.*



## Coliformes Totais

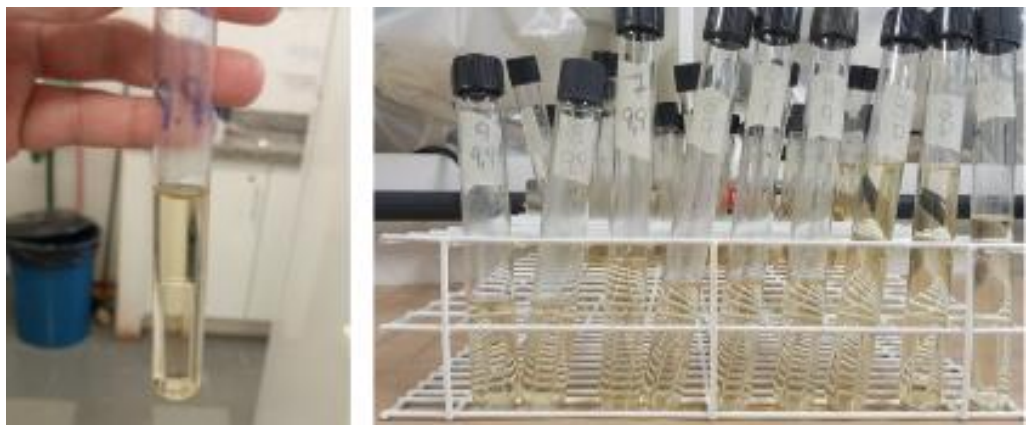
Os resultados (Tabela 6 e Figura 21) das análises microbiológicas das amostras coletadas nos bebedouros do Parque Sabiá indicaram a ausência de coliformes totais em todas as coletas realizadas. Esse achado é significativo, pois, de acordo com a Portaria GM/MS nº 888/2021, a presença de coliformes totais e fecais, especialmente a *Escherichia coli*, é um indicador de contaminação fecal, sugerindo potenciais riscos à saúde humana quando presente em níveis acima dos permitidos. A ausência de coliformes totais implica também na ausência de *E. coli*, uma bactéria que, segundo Lopes et al. (2012), é o principal indicador de contaminação fecal, especialmente em águas destinadas ao consumo humano.

*Tabela 6: Resultados dos Coliformes Totais*

| Coliformes totais |                 |                |
|-------------------|-----------------|----------------|
| Bebedores         | Primeira coleta | Segunda coleta |
| MC                | ausente         | ausente        |
| SM                | ausente         | ausente        |
| TI                | ausente         | ausente        |
| ZO                | ausente         | ausente        |

*Fonte: Autora, 2024.*

*Figura 21: Resultados dos Coliformes Totais*



*Fonte: Autora, 2024.*



Conforme Brito (2021), os coliformes totais são indicadores microbiológicos de condições de higiene, que auxiliam na avaliação da integridade do sistema, visando averiguar a qualidade microbiológica da água. Já a presença de coliformes termotolerantes, representados pela bactéria *Escherichia Coli*, indica a ocorrência de contaminação fecal. Dessa forma, os dados obtidos indicaram que as condições de higiene e a integridade do sistema avaliado encontraram-se em conformidade com a legislação vigente.

Dessa forma, os bebedores do Parque Sabiá fornecem água que, em termos microbiológicos, é adequada para o consumo humano. Estes resultados indicam uma situação favorável de controle de qualidade microbiológica, essencial para a saúde dos frequentadores do parque e para a manutenção de um ambiente público seguro e acessível.

## 5.2 Preservação de Ambientes Aquáticos: Nascente e Lagoas

Nesta pesquisa, foram analisados parâmetros físico-químicos e microbiológicos para avaliar a qualidade da água em pontos estratégicos de preservação dos ambientes aquáticos no Parque Municipal do Sabiá. Os locais de estudo incluem uma nascente e três lagoas, todas localizadas na Área de Preservação Permanente (APP). A nascente e a Lagoa 1 estão situadas nas proximidades do Zoológico do Parque, próximo à BR-050, enquanto as Lagoas 2 e 3 encontram-se próximas à entrada do bairro Tibery.

De acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, as águas destinadas à preservação de ambientes aquáticos enquadram-se na Classe 1, e águas de nascentes classe especial. Essa classificação é voltada para águas que sustentam e protegem as comunidades aquáticas. O objetivo desta pesquisa é verificar a qualidade dessas águas, considerando que elas se encontram em uma área protegida e teoricamente livre de poluição. A seguir, são apresentados os resultados obtidos a partir das análises realizadas (Tabela 7 e Tabela 8).



*Tabela 7: Resultados obtidos na Lagoa 1 e Nascente*

| LAGOA 1 E NASCENTE   |                  |                  |           |                  |                  |           |
|----------------------|------------------|------------------|-----------|------------------|------------------|-----------|
| PARÂMETROS           | LAGOA 1          |                  |           | NASCENTE         |                  |           |
|                      | Coleta 1 (22/07) | Coleta 2 (29/07) | Desvio P. | Coleta 1 (22/07) | Coleta 2 (29/07) | Desvio P. |
| pH                   | 5.74             | 6.14             | 0.283     | 5.7              | 5.71             | 0.007     |
| TEMPERATURA (°C)     | 14.7             | 22.93            | 5.819     | 15.19            | 15.69            | 0.354     |
| TURBIDEZ (NTU)       | 3.51             | 3.15             | 0.255     | 20.1             | 27.9             | 5.515     |
| CONDUTIVIDADE (µstm) | 16               | 12               | 2.828     | 67               | 97               | 21.213    |
| OD (mg/l OD)         | 6.95             | 5.52             | 1.011     | 7.51             | 6.47             | 0.735     |
| SDT (                | 8                | 6                | 1.414     | 33               | 42               | 6.364     |
| OD -inicial          | 12.16            | 5.72             | 4.554     | 13.46            | 5.83             | 5.395     |
| OD5 - final          | 6.2              | 5.62             | 0.410     | 6.04             | 5.63             | 0.290     |
| COBRE                | 0.0041           | 0.0037           | 0.0003    | 0.117            | 0.111            | 0.0042    |
| MANGANÊS             | 0.0005           | 0.005            | 0.0032    | 0.096            | 0.099            | 0.0021    |
| ZINCO                | 0.0004           | -0.0001          | 0.0004    | 0                | 0                | 0.0000    |
| FERRO                | 0.008            | 0.0051           | 0.0021    | 0.105            | 0.174            | 0.0488    |

*Fonte: Autora, 2024.*



*Tabela 8: Resultados obtidos da segunda coleta da Lagoa 2 e Lagoa 3*

| LAGOA 2 E LAGOA 3           |                  |                  |           |                  |                  |           |
|-----------------------------|------------------|------------------|-----------|------------------|------------------|-----------|
| PARÂMETROS                  | LAGOA 2          |                  |           | Lagoa 3          |                  |           |
|                             | Coleta 1 (10/08) | Coleta 2 (29/07) | Desvio P. | Coleta 1 (10/08) | Coleta 2 (29/07) | Desvio P. |
| <b>pH</b>                   | 6.31             | 5.96             | 0.247487  | 6.4              | 6.45             | 0.035     |
| <b>TEMPERATURA (°C)</b>     | 19.48            | 16.17            | 2.340523  | 17.55            | 16.13            | 1.004     |
| <b>TURBIDEZ (NTU)</b>       | 4.02             | 4.39             | 0.26163   | 0.98             | 1.88             | 0.636     |
| <b>CONDUTIVIDADE (µstm)</b> | 12               | 14               | 1.414214  | 16               | 18               | 1.414     |
| <b>OD (mg/l OD)</b>         | 6.07             | 6.24             | 0.120208  | 6.32             | 6.22             | 0.071     |
| <b>SDT (</b>                | 6                | 6                | 0         | 7                | 10               | 2.121     |
| <b>OD -inicial</b>          | 6.17             | 5.89             | 0.19799   | 6.1              | 5.91             | 0.134     |
| <b>OD5 - final</b>          | 5.8              | 5.64             | 0.113137  | 5.86             | 5.63             | 0.163     |
| <b>COBRE</b>                | 0.0037           | 0.0033           | 0.000283  | 0.0036           | 0.0036           | 0.0000    |
| <b>MANGANÊS</b>             | 0.0006           | 0.0004           | 0.000141  | 0.0001           | 0.0002           | 0.0001    |
| <b>ZINCO</b>                | 0                | -0.0001          | 7.07E-05  | 0                | 0                | 0.0000    |
| <b>FERRO</b>                | 0.0033           | 0.0024           | 0.000636  | 0.0016           | 0.0031           | 0.0011    |

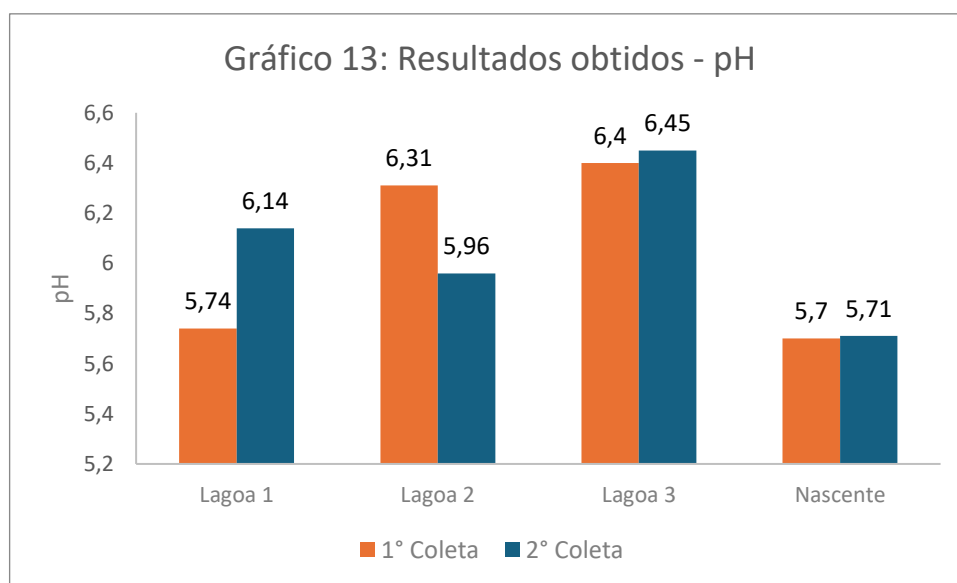
*Fonte: Autora, 2024.*



## pH

Os valores de pH das lagoas e da nascente (Figura 22) demonstraram que estão, em sua maioria, próximas ou dentro do intervalo recomendado pela Resolução CONAMA 357/2005, que é de 6,0 a 9,0 para águas destinadas à preservação ambiental. Esse intervalo é fundamental para garantir o equilíbrio ecológico, uma vez que o pH influencia diretamente a solubilidade de nutrientes e metais, além de afetar a fauna aquática, que possui uma tolerância limitada às variações desse parâmetro (RODRIGUES & PEREIRA, 2020). Desvios menores em algumas coletas podem ser atribuídos à influência de fatores naturais, como matéria orgânica em inclusão ou características específicas do solo na área de preservação.

*Figura 22: Gráfico 13 – Resultados Obtidos - pH*



*Fonte: Autora, 2024.*

A literatura sugere que variações de pH em ambientes de preservação aquática podem resultar em processos naturais como a reserva de matéria orgânica e a acidificação natural do solo, além de possíveis influências antrópicas nas proximidades da área de preservação (CETESB, 2009). Valores de pH ligeiramente inferiores ao padrão podem não representar, isoladamente, uma ameaça significativa à qualidade ecológica, visto que o ecossistema aquático local tem capacidade de tamponamento e suporte específico adaptados a tais condições (TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2011). Por outro lado, a manutenção de níveis próximos ao padrão mínimo indicado pelo CONAMA é essencial para evitar a perda de



biodiversidade e garantir a integridade ecológica da área de preservação, conforme ressaltado por Esteves (2011), em seu estudo sobre limnologia em ecossistemas tropicais.

Esses resultados evidenciam a importância do monitoramento contínuo para observar tendências de acidificação e garantir que o ambiente permaneça adequado para a preservação aquática, conforme exigido para a Classe 1. Entretanto, nascente não possui padrões estabelecidos em legislação porque, ao ser definido como Classe Especial pela Resolução CONAMA 357/2005, deve ser mantida com suas características naturais preservadas, priorizando a conservação de sua integridade ecológica, sem a interferência de critérios que possam comprometer seus aspectos naturais essenciais.

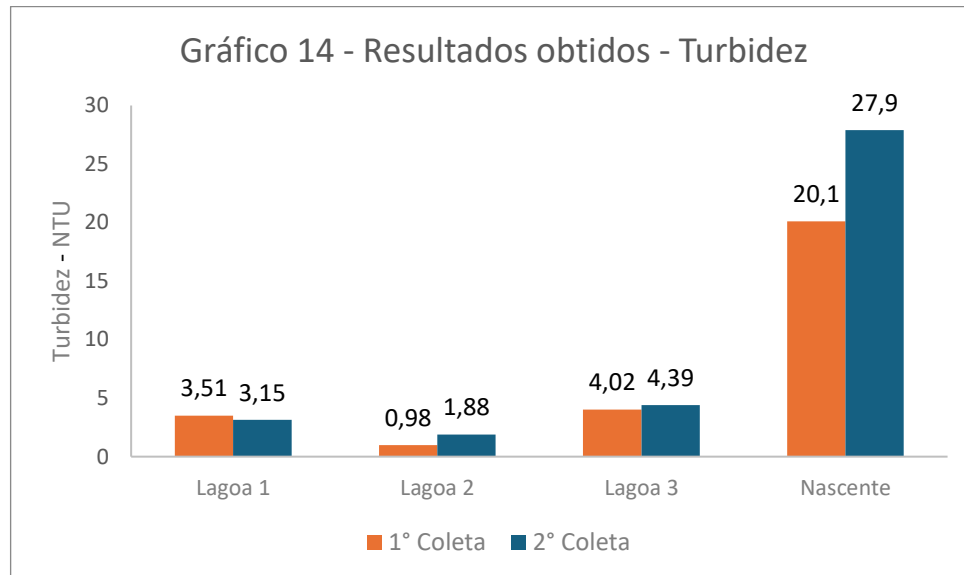
### **Turbidez**

De acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, que inclui que corpos d'água destinados à preservação de ambientes aquáticos, a turbidez máxima recomendada é de 40 NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez). Os valores encontrados (Figura 23) nas lagoas estão dentro dos limites estabelecidos, indicando um nível de turbidez adequado para a preservação da fauna aquática local. Estes valores, baixos e resultantes, refletem uma boa qualidade ambiental para a lagoa, contribuindo para condições ideais de penetração de luz e fotossíntese, fatores importantes para a saúde da flora aquática (ESTEVES, 2011).

A turbidez elevada pode indicar a presença de matéria orgânica em suspensão, partículas de solo ou sedimentos, especialmente comuns em nascentes expostas a áreas de solos mais instáveis ou processos erosivos naturais (CETESB, 2009). A variação de turbidez entre as lagoas e a nascente pode ser atribuída a processos naturais, como a retenção de partículas após chuvas intensas ou a presença de sedimentos finos típicos de áreas nascentes.



Figura 23: Gráfico 14 – Resultados obtidos - Turbidez



Fonte: Autora, 2024.

### **Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)**

As amostras incubadas foram comprovadas para determinar o OD<sub>5</sub> (oxigênio dissolvido após cinco dias) no LAQUA, ao final do experimento. Inicialmente, os valores de OD<sub>0</sub> (oxigênio dissolvido no momento inicial) foram obtidos imediatamente após a coleta. As amostras foram incubadas em frascos específicos para DBO a 20 °C e, após cinco dias, realizaram-se as leituras correspondentes para determinar o OD<sub>5</sub>. A Tabela 9 apresenta os valores registrados de OD<sub>0</sub> e OD<sub>5</sub> obtidos durante o experimento.



*Tabela 9: Resultados obtidos a partir da leitura de OD<sub>0</sub> e OD<sub>5</sub> para o cálculo de DBO*

| DBO              |             |             |      |
|------------------|-------------|-------------|------|
| Primeira Coleta  |             |             |      |
| Pontos de Coleta | OD -inicial | OD - Final  | DBO  |
| Lagoa 1          | 12.16       | 6.2         | 4.7  |
| Nascente         | 13.46       | 6.04        | 7.62 |
| <b>Controle</b>  | <b>9.56</b> | <b>5.95</b> | -    |
| Lagoa 2          | 6.17        | 5.8         | 1.28 |
| Lagoa 3          | 6.1         | 5.86        | 1.02 |
| <b>Controle</b>  | <b>5.59</b> | <b>5.86</b> | -    |
| Segunda Coleta   |             |             |      |
| Lagoa 1          | 5.72        | 5.62        | 0.04 |
| Nascente         | 5.83        | 5.63        | 0.34 |
| Lagoa 2          | 5.89        | 5.64        | 0.4  |
| Lagoa 3          | 5.91        | 5.63        | 0.24 |
| <b>Controle</b>  | <b>5.62</b> | <b>5.54</b> | -    |

*Fonte: Autora, 2024.*

A partir dos valores de OD<sub>0</sub> e OD<sub>5</sub>, foi possível quantificar o valor de DBO da nascente e das lagoas por meio da equação 1:

$$DBO \text{ (mg } O_2) = \frac{(OD_0 - OD_5) - (B_0 - B_5) * f}{P}$$

*Equação 1*

Onde:

OD<sub>0</sub> = OD da amostra diluída imediatamente após seu preparo, mg/L

OD<sub>5</sub> = OD da amostra diluída após incubação por cinco dias a 20°C, mg/L

P = fração decimal da amostra utilizada

B<sub>0</sub> = OD do controle de inóculo antes da incubação, mg/L



$B_5$  = OD do controle de inoculo após a incubação, mg/L

$f$  = razão entre volume de inoculo na amostra diluída e o volume de inoculo no controle de inoculo.

O cálculo do DBO das lagoas e da nascente foi realizado, conforme a Equação 1. O  $P=150/300=0,5$ ,  $f=0,5/0,5=1$ , e os valores de  $B_0$  e  $B_5$  representam as concentrações de oxigênio dissolvido nas condições iniciais e após cinco dias, respectivamente, em frascos contendo inóculo (solo). Esses cálculos garantem a interpretação correta da DBO, considerando os volumes e diluições aplicadas, na Tabela 10 são apresentados os resultados obtidos no cálculo.

*Tabela 10: Resultados obtidos do cálculo de DBO*

| Primeira Coleta |      |
|-----------------|------|
| Lagoa 1         | 4.7  |
| Nascente        | 7.62 |
| Lagoa 2         | 1.28 |
| Lagoa 3         | 1.02 |
| Segunda Coleta  |      |
| Lagoa 1         | 0.04 |
| Nascente        | 0.34 |
| Lagoa 2         | 0.4  |
| Lagoa 3         | 0.24 |

*Fonte: Autora, 2024.*

Diante disso, analisando a Resolução CONAMA 357/2005 para corpos hídricos de classe I, observa-se que o DBO máximo permitido é de 3,0 mg/L. Este limite visa garantir a preservação da qualidade ambiental e a manutenção da vida aquática, pois a DBO elevado pode indicar a presença de matéria orgânica em excesso e, conseqüentemente, maior consumo de oxigênio dissolvido, o que afeta os organismos aquáticos (SILVA; PEREIRA, 2018).

Nos resultados obtidos, observa-se que na primeira coleta, os valores de DBO da lagoa 1 (4,7 mg/L) e da nascente (7,26 mg/L) excedem os limites estabelecidos pela legislação. Esses valores podem indicar episódios pontuais de entrada de matéria orgânica ou alterações nas condições locais, como aumento da atividade biológica ou transporte superficial. Já na segunda



coleta, todas as lagoas e as nascentes apresentaram valores abaixo do limite, indicando uma possível recuperação da qualidade da água ou menor entrada de matéria orgânica nesse período. Segundo Santos et al. (2020), variações significativas entre coletas podem estar relacionadas a mudanças sazonais ou temporárias nas fontes de poluição.

Por outro lado, os resultados da lagoa 2 e da lagoa 3 em ambas as coletas ficaram dentro do padrão estabelecido. Isso sugere que esses corpos d'água pode estar menos sujeitos a impactos antropogênicos ou processos de eutrofização em comparação com a lagoa 1 e a nascente. Conforme relatado por Oliveira e Costa (2019), corpos hídricos menos impactados tendem a apresentar DBO estável e dentro dos limites estabelecidos, refletindo equilíbrio entre entrada de matéria orgânica e sua instabilidade.

### **Demanda Química de Oxigênio**

As amostras padrão de DQO, com concentrações variando de 0 a 420 mg DQO/L, foram evidenciadas no espectrofotômetro, conforme a Tabela 11.

*Tabela 11: Absorbância em função de suas concentrações.*

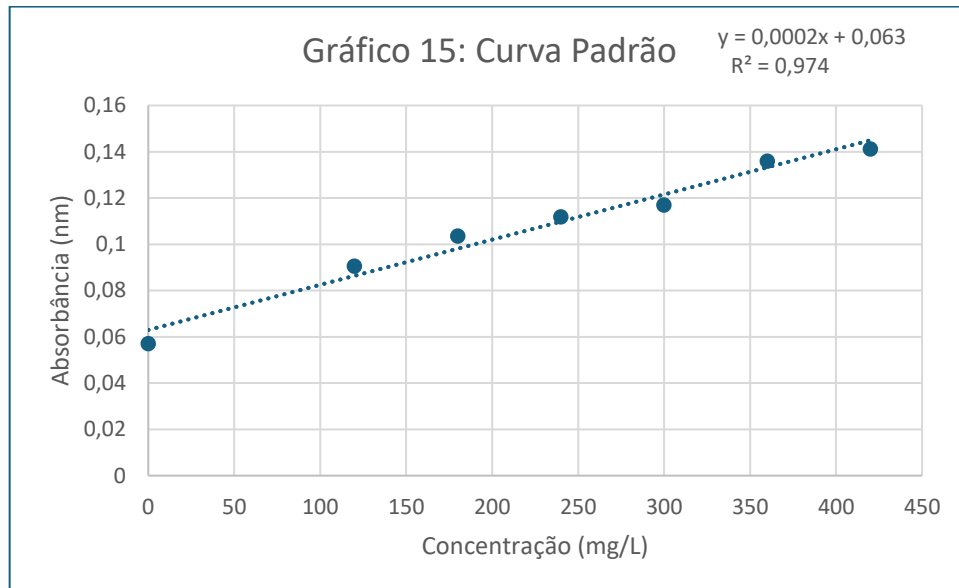
| mg o <sub>2</sub> /l | ABS   |
|----------------------|-------|
| 0                    | 0.057 |
| 120                  | 0.091 |
| 180                  | 0.104 |
| 240                  | 0.112 |
| 300                  | 0.117 |
| 360                  | 0.136 |
| 420                  | 0.141 |

*Fonte: Autora, 2024.*

Sabendo-se disso, seguiu-se para a graficação desses dados (Figura 24) e definiu-se a equação do experimento (Equação 2) pela linha de tendência.



Figura 24: Gráfico 15: Absorbância em função de suas concentrações



Fonte: Autora, 2024.

$$ABS=0,0002 C +0,063$$

Equação 2

Tabela 12: Absorbância de DQO [mg/L]

| DBO (mg/L de O <sub>2</sub> ) - Primeira coleta |       |       |       |       |               |
|-------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|---------------|
|                                                 |       |       |       | Média | desvio padrão |
| Lagoa 1                                         | 0.044 | 0.064 | 0.147 | 0.085 | 0.055         |
| Lagoa 2                                         | 0.161 | 0.034 | 0.045 | 0.080 | 0.070         |
| Lagoa 3                                         | 0.12  | 0.094 | 0.084 | 0.099 | 0.019         |
| Nascente                                        | 0.072 | 0.208 | 0.09  | 0.123 | 0.074         |
| DBO (mg/L de O <sub>2</sub> ) - Segunda coleta  |       |       |       |       |               |
| Lagoa 1                                         | 0.079 | 0.063 | 0.118 | 0.087 | 0.028         |
| Lagoa 2                                         | 0.051 | 0.108 | 0.15  | 0.103 | 0.050         |
| Lagoa 3                                         | 0.115 | 0.145 | 0.167 | 0.142 | 0.026         |
| Nascente                                        | 0.126 | 0.078 | 0.062 | 0.089 | 0.033         |

Fonte: Autora, 2024.



Para determinar a concentração de DQO nas amostras das lagoas e da nascente, utilizou-se a Equação 2, com o valor de concentração de DQO previamente isolado. Foram inseridos os valores médios de absorvância e os resultando nas Ofertas disponíveis na Tabela 13.

$$C = \frac{(ABS - 0,063)}{0,0002}$$

*Tabela 13: Concentração de DQO [mg/L] segundo absorvância média das soluções*

| Primeira Coleta |       |          |
|-----------------|-------|----------|
| Amostras        | ABS   | mg DQO/L |
| Lagoa 1         | 0.085 | 110      |
| Lagoa 2         | 0.08  | 85       |
| Lagoa 3         | 0.099 | 180      |
| Nascente        | 0.123 | 300      |
| Segunda Coleta  |       |          |
| Lagoa 1         | 0.087 | 120      |
| Lagoa 2         | 0.103 | 200      |
| Lagoa 3         | 0.142 | 395      |
| Nascente        | 0.089 | 130      |

*Fonte: Autora, 2024.*

Os valores de DQO encontrados nas amostras das três lagoas e da nascente do Parque Sabiá indicam a presença significativa de matéria orgânica biodegradável e não biodegradável em corpos d'água. A DQO, sendo um parâmetro essencial para avaliar a qualidade da água, reflete diretamente a carga de compostos orgânicos, podendo indicar poluição por efluentes orgânicos, industriais ou por matéria orgânica natural em concentração (CETESB, 2017).

Na Lagoa 1, os valores na primeira e segunda coleta sugerem um ligeiro aumento na concentração de matéria orgânica. Embora moderado, esse acréscimo pode estar relacionado ao transporte sazonal de resíduos orgânicos provenientes das margens, como folhas em composição ou até mesmo resíduos trazidos por chuvas, conforme destacado por Von Sperling (2005). Esses valores, no entanto, ultrapassaram os esperados para corpos d'água em áreas de preservação de ambientes aquáticos, onde o ideal seria uma carga orgânica mínima, compatível com a manutenção do equilíbrio ecológico.



Na Lagoa 2, o salto da primeira para a segunda coleta é alarmante. Essa variação significativa pode ser atribuída a eventos pontuais, como descargas de materiais orgânicos, aumento do escoamento superficial ou atividade humana direta nas proximidades. Segundo estudo de Seitzinger et al. (2006), a entrada de matéria orgânica em corpos d'água pode resultar de processos naturais, mas também pode ser intensificada por ações humanas, como ocupação desordenada e manejo inadequado do entorno.

Os valores da Lagoa 3 são os mais elevados entre as lagoas comprovadas, revelando uma grande carga de matéria orgânica. Segundo Souza e Lima (2018), níveis elevados de DQO comprometem a qualidade da água, favorecendo o crescimento de microrganismos anaeróbios e reduzindo significativamente a concentração de oxigênio distribuída, condição que pode impactar os níveis de biodiversidade aquática.

Na nascente, os resultados mostram um cenário inicial crítico, com carga orgânica muito acima do esperado para uma nascente em área de preservação. Fontes de poluição difusa, como ocupação urbana e manejo inadequado da vegetação ripária, são frequentemente citadas como causas de contaminação em nascentes (BARBOSA et al., 2019). Apesar da redução significativa na segunda coleta, o valor inicial indica a necessidade de intervenções para garantir a preservação desse recurso hídrico essencial.

### **Sólidos Dissolvido Totais**

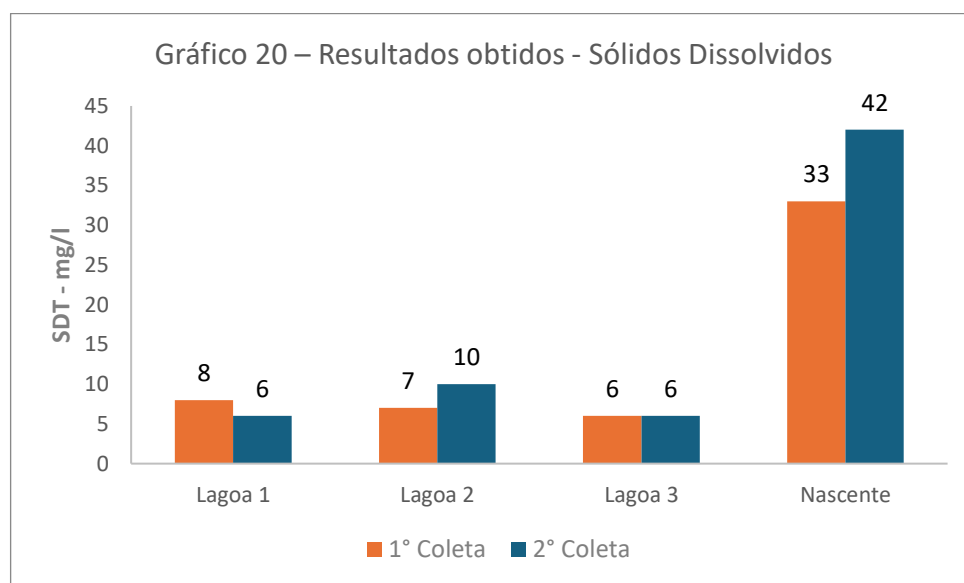
Os Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) são um parâmetro crucial para avaliar a qualidade das águas em ambientes aquáticos, pois refletem a quantidade de substância que permanece em solução, como sais minerais, compostos orgânicos e metais pesados. Na avaliação dos resultados obtidos (Figura 25) no Parque Municipal do Sabiá, as amostras das lagoas e da nascente apresentaram valores de SDT significativamente abaixo do limite de 500 mg/L estipulado pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas de Classe 1. Os valores registrados indicam que a água nesses pontos está em boas condições em termos de composição química dissolvida, o que é fundamental para a preservação das comunidades aquáticas e dos ecossistemas locais.

A baixa concentração de SDT observada nas amostras indica um ambiente aquático relativamente saudável, com boa oxigenação e menor interferência de desequilíbrios. Segundo estudos sobre a preservação de ambientes aquáticos, águas com baixos níveis de SDT são mais



propensas a sustentar uma biodiversidade aquática rica, além de promoverem uma melhor qualidade da água para os usos múltiplos, incluindo a preservação dos ecossistemas naturais e a sustentação das espécies que dependem desses ambientes (Silva et al., 2020). Assim, é fundamental que as práticas de manejo e monitoramento das áreas de preservação mantenham os níveis de SDT dentro dos limites adequados, para garantir a proteção das comunidades aquáticas e a preservação da biodiversidade.

*Figura 25: Gráfico 16 – Resultados obtidos - Sólidos Dissolvidos*



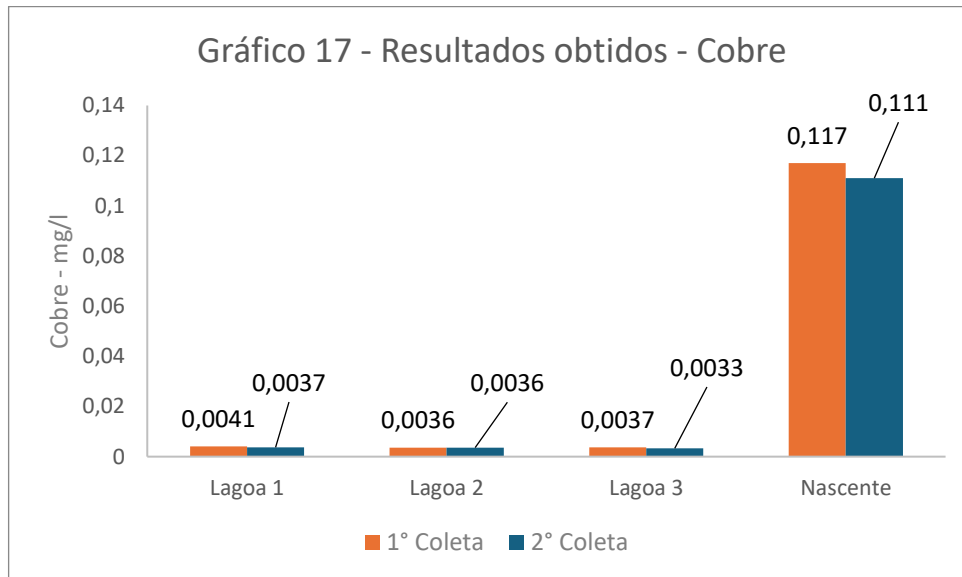
*Fonte: Autora, 2024*

## **Cobre**

De acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, a concentração máxima de cobre em águas de Classe 1 destinada à preservação de ambientes aquáticos é de 0,009 mg/L. Os resultados obtidos (Figura 26) para a nascente a concentração estava elevada, diminuindo a possibilidade de introdução de cobre em níveis que podem gerar impactos ecotoxicológicos, afetando organismos aquáticos e comprometendo o equilíbrio do ecossistema. Por outro lado, os valores observados nas demais lagoas encontram-se dentro dos padrões estabelecidos pela legislação.



Figura 26: Gráfico 17 - Resultados obtidos - Cobre



Fonte: Autora, 2024.

O cobre é essencial em baixas concentrações, mas em níveis elevados, pode ser tóxico para organismos aquáticos, afetando peixes, plantas e invertebrados. Estudos apontam que concentrações elevadas de cobre interferem nos processos de proteção dos organismos aquáticos, especialmente em peixes, onde o metal pode se acumular nas brânquias, dificultando a troca gasosa e afetando a sobrevivência das espécies sensíveis (SMITH et al., 2018).

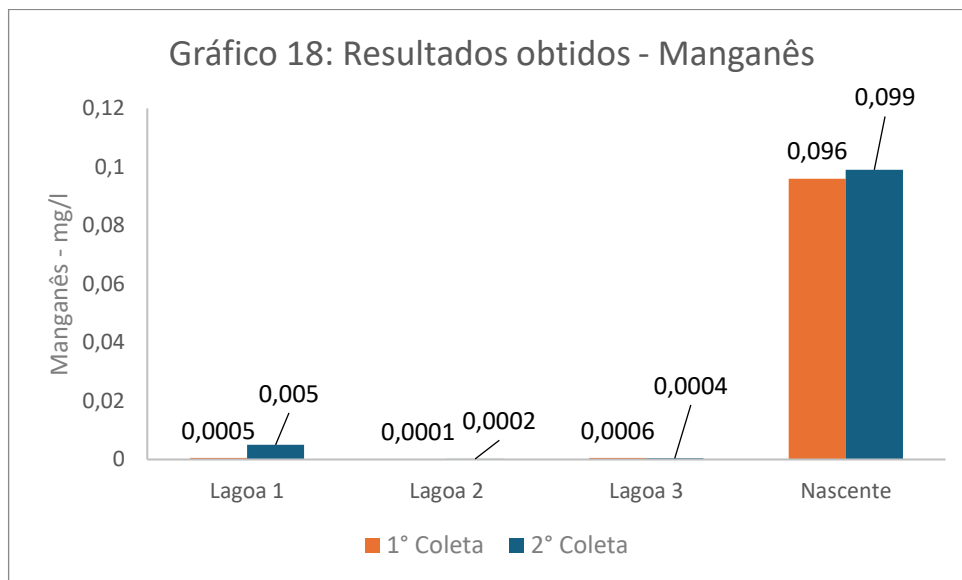
Pesquisas realizadas por Johnson e Hall (2020) em ambientes de preservação indicam que a presença de cobre em corpos d'água está frequentemente associada ao escoamento superficial, especialmente em áreas próximas às atividades urbanas ou industriais. Esse cenário é particularmente relevante no caso da nascente do Parque Municipal do Sabiá, que apresenta localização próxima a BR050. Essa proximidade pode estar favorecendo a introdução de contaminantes externos, como o cobre, seja por meio de águas pluviais carregadas de resíduos metálicos provenientes de vias urbanas, ou pela deposição atmosférica oriunda de fontes emissoras locais.



## Manganês

O manganês em áreas de preservação de ambientes aquáticos, especialmente com base nos valores encontrados (Figura 27) em suas amostras das lagoas e da nascente, é importante destacar que a Resolução CONAMA nº 357/2005, para a Classe 1 de preservação ambiental, sugere um limite máximo de 0,1 mg/L para o manganês. Essa recomendação visa proteger as comunidades aquáticas, uma vez que concentrações mais elevadas podem ser tóxicas para os organismos, além de impactarem a qualidade e a transparência da água.

*Figura 27: Gráfico 18: Resultados obtidos - Manganês*



*Fonte: Autora, 2024.*

Os valores detectados nas lagoas estão dentro dos limites seguros para preservação de ambientes de preservação, diminuindo uma condição favorável para a manutenção do equilíbrio ecológico local. Em contrapartida, os valores da nascente ultrapassaram o limite sugerido pelo CONAMA, o que pode sinalizar um pequeno impacto possivelmente relacionado às características geológicas ou a uma leve interferência antrópica na área. De acordo com estudos de Lima et al. (2019) na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), mesmo variações de níveis acima do limite de 0,1 mg/L podem exigir monitoramento contínuo, já que o acúmulo de metais pode afetar a diversidade biológica a longo prazo em áreas de proteção.

Esses dados ressaltam a importância de políticas rigorosas de conservação e monitoramento frequente para identificar variações nos parâmetros de qualidade da água,



evitando que o aumento de metais como o manganês prejudique a sustentabilidade dos ambientes aquáticos.

### Zinco

Os resultados de zinco obtidos (Tabela 14) nas amostras de água das lagoas e da nascente estão significativamente abaixo do limite máximo permitido pela legislação ambiental brasileira. De acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, o limite máximo de zinco para águas de Classe 1 é 0,18 mg/L. Esse parâmetro é importante para garantir que a água destinada à preservação da biodiversidade aquática não seja contaminada por concentrações de metais pesados, que podem ser específicas para a fauna e a flora aquáticas, mesmo em níveis baixos de concentração.

De acordo com estudos realizados por Sushil et al. (2023) e Agbugui et al. (2022) a presença de zinco nas águas pode ter efeitos adversos sobre os organismos aquáticos, como comprometimento do crescimento, desenvolvimento e reprodução de espécies aquáticas, além de impactar a qualidade da água. No entanto, os valores observados nas amostras recolhidas são bem inferiores ao limite previsto na legislação, indicando que as condições de qualidade da água nas áreas comprovadas não apresentam risco de contaminação por zinco, ao menos no período de amostragem.

*Tabela 14: Resultado obtidos - Zinco*

| <b>ZINCO</b>    |                        |                       |
|-----------------|------------------------|-----------------------|
| <b>Pontos</b>   | <b>Primeira coleta</b> | <b>Segunda coleta</b> |
| <b>Lagoa 1</b>  | 0.0004                 | > LD                  |
| <b>Lagoa 2</b>  | 0                      | 0                     |
| <b>Lagoa 3</b>  | >LD                    | 0                     |
| <b>Nascente</b> | 0                      | 0                     |

*Fonte: Autora, 2024.*

### Ferro

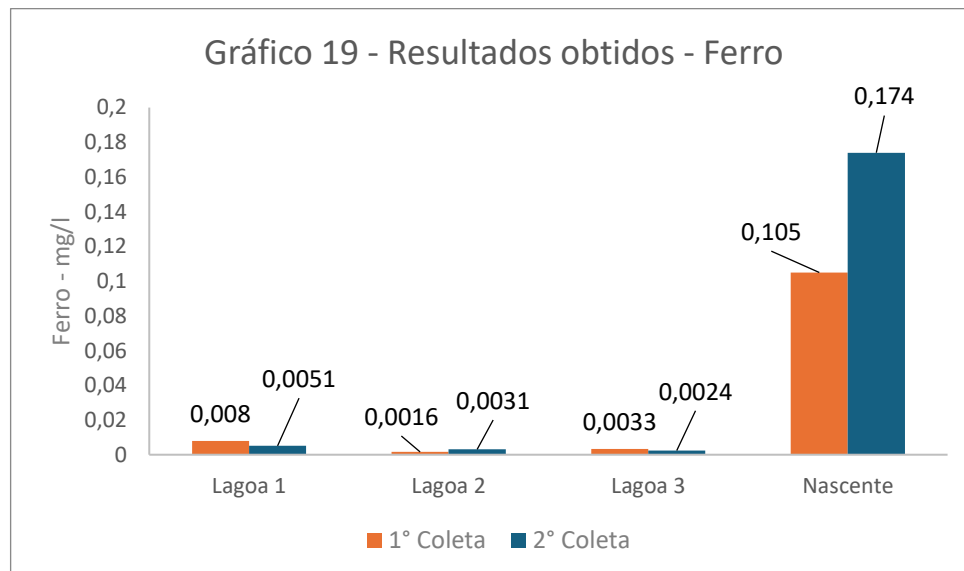
Os resultados de ferro nas amostras de água (Figura 28) das lagoas e da nascente estão em conformidade com os limites estabelecidos pela CONAMA 357/2005, que definem os padrões de qualidade da água para diferentes classes. Para as águas de Classe 1, o limite máximo



de ferro é de 0,3 mg/L, o que significa que os resultados das lagoas estão abaixo desse limite, proporcionando condições adequadas para a preservação da biodiversidade aquática.

O ferro, embora essencial para a vida aquática em baixas concentrações, pode ser prejudicial quando se acumula em níveis elevados, afetando o metabolismo dos organismos aquáticos, principalmente por interferir no transporte de oxigênio nas células e impactar as qualidades da água. Em níveis mais altos, o ferro pode alterar o pH da água, causando a redução de sais e reduzindo a quantidade de oxigênio disponível, o que é prejudicial para a fauna aquática (MALIK et al., 2018).

*Figura 28: Gráfico 19- Resultados obtidos - Ferro*



*Fonte: Autora, 2024.*

### **Coliforme totais**

Os resultados das análises microbiológicas das lagoas e da nascente (Tabela 15) do Parque Sabiá indicaram ausência de coliformes totais e fecais em todas as amostras. Essa condição evidencia a boa qualidade sanitária dos corpos d'água, o que é especialmente relevante em uma Área de Proteção Permanente (APP), destinada à preservação ambiental. De acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, águas para preservação de ambientes aquáticos devem apresentar condições que favoreçam a biodiversidade e a integridade ecológica, incluindo a ausência de contaminação microbiológica. O cenário ciliar presente na APP desempenha um papel crucial nesse cenário, atuando como uma barreira natural contra a entrada de poluentes, conforme planejado por Esteves (2011).



A proteção ambiental oferecida pela APP reflete práticas de manejo e conservação. Como apontado por Tucci (2008), áreas com cobertura vegetal preservada evitam o carregamento de matéria orgânica e contaminantes microbiológicos, promovendo a saúde dos ecossistemas aquáticos. A ausência de coliformes também sugere que fontes potenciais de poluição, como esgoto doméstico ou fezes de animais, estão controladas na região.

*Tabela 15: Resultados das análises microbiológicas*

| Coliformes totais |                 |                |
|-------------------|-----------------|----------------|
| Pontos            | Primeira coleta | Segunda coleta |
| Lagoa 1           | ausente         | ausente        |
| Lagoa 2           | ausente         | ausente        |
| Lagoa 3           | ausente         | ausente        |
| Nascente          | ausente         | ausente        |

*Fonte: Autora, 2024.*

Esses dados reforçam a importância das APPs para a manutenção da qualidade da água e da biodiversidade. Como descrito por Von Sperling (2005), a ausência de coliformes em áreas protegidas indica uma relação equilibrada entre o ambiente natural e as atividades humanas, sendo essencial monitorar continuamente essas áreas para garantir sua integridade. No contexto do Parque Sabiá, a qualidade microbiológica encontrada é um indicativo positivo de que a área está cumprindo sua função de proteção ecológica, contribuindo para a preservação dos ecossistemas e dos serviços ambientais associados.

Portanto, os resultados obtidos indicam que as lagoas e as nascentes apresentam condições microbiológicas compatíveis com os critérios de preservação de ambientes aquáticos, confirmando a sua importância para a conservação da biodiversidade local.



## 6 CONCLUSÃO

O presente estudo analisou a qualidade da água do Parque Sabiá, avaliando sua adequação para consumo humano e preservação de ambientes aquáticos em Área de Proteção Permanente (APP). Os resultados obtidos revelaram a complexidade de atender simultaneamente às demandas de qualidade para diferentes usos, evidenciando desafios como a manutenção de parâmetros físico-químicos dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 e pela Portaria GM/MS nº 888/2021. Apesar de os resultados indicarem conformidade em diversos aspectos, como o cloro residual e a ausência de coliformes fecais, alguns parâmetros, como o pH e a presença de metais na Lagoa 2, apresentaram valores que exigiram maior atenção.

A análise de DQO, fundamental para medir a presença de matéria orgânica, concentrações encontradas elevadas em algumas lagoas e na nascente, especialmente na Lagoa 3, que apresentou 395 mg/L na segunda coleta. Esse valor ultrapassa o esperado para áreas normais como classe especial pela CONAMA 357/2005, causando impactos antropogênicos ou naturais que comprometem a qualidade da água e prejudicam a preservação dos ecossistemas locais. A nascente, embora tenha apresentado redução de DQO na segunda coleta, também apresentou valores iniciais preocupantes, reforçando a necessidade de estratégias de manejo para proteger este recurso essencial.

No que diz respeito ao consumo humano, os bebedouros exigem conformidade em grande parte dos parâmetros aplicados, mas o pH abaixo de 6,0 em duas coletas representa um ponto de alerta, pois pode comprometer a palatabilidade da água e aumentar a corrosividade nas tubulações. Esse dado reforça a importância do monitoramento contínuo e do controle rigoroso do abastecimento de água no parque, conforme prevê a Portaria GM/MS nº 888/2021.

Conclui-se que, para garantir a sustentabilidade hídrica e ambiental do Parque Sabiá, é necessário adotar medidas de manejo sustentável e realizar monitoramentos regulares dos intervalos de qualidade da água. A compatibilização entre os diferentes usos dos corpos hídricos requer conjuntos de esforços entre órgãos ambientais, gestores públicos e a comunidade local. Assim, espera-se que este trabalho contribua para o desenvolvimento de políticas públicas e



estratégias de conservação, promovendo o equilíbrio entre a preservação ambiental e o uso sustentável dos recursos hídricos.



## REFERÊNCIAS

- Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) (org.). Qualidade da água. 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/monitoramento-e-eventos-criticos/qualidade-da-agua>. Acesso em: 14 set. 2024.
- ALLOWAY, BJ (1995). Metais pesados em solos. *Blackie Academic & Professional*. DOI: 10.1007 /978 -1 -4615 -1306 -1.
- ALMEIDA, RC; FERREIRA, DA; COSTA, MF Trihalometanos e subprodutos da contaminação em água contaminada: relação com SDT e cloro residual. *Revista de Engenharia Ambiental e Saúde Pública*, 2019, vol. 18, pp. 112-120.
- ALMEIDA, RL, & ROCHA, SA (2022). Metais e saúde pública: controle de cobre e outros contaminantes em águas potáveis. *Revista de Engenharia e Saúde Ambiental*, 23, 74-82.
- Almeida, RM, et al. (2020). Estudo sobre parâmetros de qualidade da água em nascentes de áreas de preservação. *Revista de Estudos Ambientais*.
- AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA). (2000). Qualidade e tratamento de água: um manual de suprimentos de água comunitários. McGraw-Hill.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. Water quality for agriculture. Rome: FAO, 1994. Disponível em: <http://www.fao.org/3/t0234e/t0234e00.htm>. Acesso em: 6 nov. 2024.
- BAKER, J. (2002). Compreendendo a demanda bioquímica de oxigênio. *Water Environment Research* , 74(5), 483-491. DOI: 10.2175 /106143002X140883.
- BAKER, LA, et al. (2013). Uma revisão de questões de qualidade da água urbana nos Estados Unidos. *Monitoramento e Avaliação Ambiental*, 185(9), 7525-7544. DOI: 10.1007 /s10661 -012 -3091 -8.
- Barbosa, AF, Mendes, FA, & Pires, LT (2019). Gestão de recursos hídricos em áreas protegidas . Editora Ambiental.



BARBOSA, JP, et al. (2019). "Monitoramento da qualidade da água em regiões tropicais: O papel dos indicadores biogeoquímicos." *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(2), 57. DOI: 10.1007/s10661-018-7301-0.

BÁRTA, Renata Linassi; SILVA, José Antônio Gozalez da; DARONCO, Carla Regina; PRETTO, Carolina; STUMM, Eniva Miladi Fernandes; COLET\*, Christiane de Fátima. Qualidade da água para consumo humano no Brasil: revisão integrativa da literatura. 2021. Disponível em: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/gisele,+VISA-v009n004-AO1822-p5.pdf>. Acesso em: 06 out. 2024.

BRAGA, PM, et al. *Qualidade da Água: Teoria e Prática em Microbiologia Aquática*. São Paulo: Editora Universitária, 2013.

BRASIL. (2021). Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017. Recuperado de [http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prt0578\\_28\\_09\\_2017.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prt0578_28_09_2017.html).

BRASIL. (2021). Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017. Recuperado de [http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prt0578\\_28\\_09\\_2017.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prt0578_28_09_2017.html).

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. *Diário Oficial da União*, 2011.

CAMPOS, A. M., & LIMA, F. C. (2020). *Gestão e monitoramento da qualidade da água*. Editora Ambiental.

CAP-LAB (São Paulo) (org.). *Qualidade da Água: saiba as definições, como analisar e por que é indispensável*. 2022. Disponível em: <https://cap-lab.com.br/laboratorio/qualidade-da-agua/#definicao-qualidade-agua>. Acesso em: 16 set. 2024.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. *Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo: relatório de monitoramento*. São Paulo, 2023. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/12/2018/06/Apendice-E-Significado-Ambiental-das-Variaveis-de-Qualidade.pdf>. Acesso em: nov, 2024

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. *Apêndice D Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade*. 2014. Disponível em: <



<http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/wpcontent/uploads/sites/32/2013/11/Ap%C3%AAndic-e-D-Significado-Ambiental-eSanit%C3%A1rio-das-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-29-04-2014.pdf>> Acesso em: nov, 2024.

CETESB. (2020). Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo: Relatório de 2020. São Paulo: CETESB.

CETESB. Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo 2009. São Paulo, 2009.

CETESB. Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo: relatório de monitoramento. São Paulo: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2009.p.84.

COSTA, JF; MOREIRA, LG; SANTOS, RL Cloro residual em sistemas de abastecimento e segurança da água potável. Revista Brasileira de Saúde Pública e Saneamento Ambiental, 2021, vol. 26, pp. 85-94.

COUTO AMBIENTAL. Qual a importância das áreas de preservação permanente – APP. 2023. Disponível em: <https://couthambiental.com.br/qual-a-importancia-das-areas-de-preservacao-permanente-app/>. Acesso em: 03 out. 2024.

ECO (org.). O que é a Lei das Águas. 2014. Disponível em: <https://oeco.org.br/dicionario-ambiental/28797-o-que-e-a-lei-das-aguas/>. Acesso em: 28 set. 2024.

EOS (org.). Qualidade da água: conheça os parâmetros de monitoramento no Brasil. 2021. Disponível em: <https://www.eosconsultores.com.br/qualidade-da-agua/>. Acesso em: 20 set. 2024.

ERGUSON, JF, & GAVIS, J. (1972). Uma pesquisa sobre as concentrações de cobre em águas potáveis e sua relação com a saúde. Water Research , 6(10), 1317-1322. DOI: 10.1016 /0043 - 1354 (72 )90001 -2.

Esteves, FA (2011). Fundamentos de Limnologia. 3ª ed. Rio de Janeiro: Interciência.

FARIAS, M. S. S. Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Cabelo. 2006. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2006.



FERREIRA, J. M.; SANTOS, P. L. Efeitos do excesso de ferro na água sobre a saúde animal: uma revisão de literatura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 45, n. 6, p. 120-130, 2016.

GARROTE, Fernanda. Coliformes. 2020. Disponível em: <https://lcqa.farmacia.ufg.br/p/21153-coliformes>. Acesso em: 25 nov. 2024.

HUANG, Y., & WU, S. (2020). Riscos à saúde de metais pesados na água potável: uma revisão. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 76, 103347. DOI: 10.1016 /j.etap .2020.103347

IBERDROLA (org.). Poluição da água. 2018. Disponível em: <https://www.iberdrola.com/sustentabilidade/poluicao-da-agua>. Acesso em: 29 set. 2024.

INSTRUSUL (org.). Medidor multMedidor multiparâmetro: conheça este instrumento!iparâmetro: conheça este instrumento! Disponível em: <https://blog.instrusul.com.br/medidor-multiparametro/>. Acesso em: 11 jul. 2020.

Johnson, T., & Hall, K. (2020). "Fontes de contaminação por cobre em ambientes aquáticos protegidos." *Aquatic Conservation Journal*. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/ddLc67z83wTFBsFhRw3bsJm/>. Acesso em: 01 nov. 2024.

KIM, Y. H.; LEE, H. H.; YANG, J. E. Effects of manganese on animal health. *Journal of Environmental Sciences*, v. 61, p. 58-64, 2017.

KINCZEL, Izabella Vanessa. A importância das Áreas de Preservação Permanente Urbanas. 2018. Disponível em: <https://sites.unicentro.br/wp/educacaoambiental/2018/07/25/a-importancia-das-areas-de-preservacao-permanente-urbanas/#:~:text=As%20%C3%A1reas%20de%20preserva%C3%A7%C3%A3o%20permanente%20urbanas%20visam%20proporcionar%20a%20todos,e%20demogr%C3%A1fico%20acaba%20degradando%20Do..> Acesso em: 22 nov. 2024.

KOPITTKKE, PM, et al. (2015). Ferro na água potável: efeitos na saúde humana e no meio ambiente. *Water Research*, 68, 132-140. DOI: 10.1016 /j.watres .2014.09.015.

KUMAR, V., & MAITI, SK (2018). Avaliação da contaminação por metais pesados na água potável de algumas áreas selecionadas em Calcutá, Índia. *Environmental Science and Pollution Research* , 25(25), 25080-25089. DOI: 10.1007 /s11356 -018 -2852 -5 .



LIMA BRITO, Fábio Sergio et al. Qualidade da água consumida no setor profissional da cidade universitária Prof. José da Silveira Netto-UFPA. *Nature and Conservation*, v. 14, n. 2, p. 73-83, 2021.

LIMA, AL; OUTROS. *Efeitos de Metais no Desenvolvimento de Organismos Aquáticos: Revisão e Estudos de Caso*. 2019. Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Ciências Biológicas. Disponível em: <http://repositorio.ufmg.br/handle/1843>. Acesso em: 6 nov. 2024.

MACEDO, Jorge Antonio Barros de. *Águas e águas: métodos laboratoriais de análises físico-químicas e microbiológicas*. Juiz de Fora: Jorge Macedo, 2001.

Malik, RN, et al. (2018). Impacto de metais pesados em ecossistemas aquáticos: uma revisão global. *Environmental Pollution Journal*, v. 232, p. 12-26.

MERGLER, D., et al. (2007). Efeitos neurotóxicos do manganês em humanos: uma revisão da literatura. *Environmental Research*, 104(3), 315-329. DOI: 10.1016/j.envres.2007.01.006.

MESSIAS, T. G. Influência da toxicidade da água e do sedimento dos rios São Joaquim e Ribeirão Claro na bacia do Corumbataí. 2008. 125 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

MIRANDA, L. G.; BARROS, J. R.; SANTOS, S. G. *Effects of zinc in livestock and potential risks of excessive exposure*. *Journal of Agricultural Science*, v. 39, p. 512-521, 2015.

NRIAGU, JO (1998). Uma avaliação global de fontes naturais e antropogênicas de manganês no meio ambiente. *Environmental Science & Policy*, 1(1), 21-31. DOI: 10.1016/S1462-9011(97)00002-7.

OMS (2011). Diretrizes para qualidade da água potável: 4ª edição. WHO Press. Recuperado de <https://www.who.int/publications/i/item/9789241548151>.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (2011). Diretrizes para qualidade da água potável: 4ª edição. WHO Press. Recuperado de <https://www.who.int/publications/i/item/9789241548151>.



ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). (2004). Diretrizes para qualidade da água potável: 3ª edição. WHO Press Recuperado de <https://www.who.int/publications/i/item/9241546374>.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). (2007). Diretrizes para qualidade da água potável: 3ª edição. WHO Press. Recuperado de <https://www.who.int/publications/i/item/9789241546966>.

PEREIRA, TS; SILVA, MT Cloração e seus efeitos na segurança microbiológica da água para consumo humano. Revista de Qualidade Ambiental, 2020, vol. 31, pp. 67-74.

RIBEIRO, Glaucus Vinicius Biasetto. A origem histórica do conceito de Área de Preservação Permanente no Brasil. 2011. Disponível em: <https://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/view/67/36>. Acesso em: 02 out. 2024.

RODRIGUEZ, AP, et al. (2018). A relação entre a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e a qualidade da água: Uma revisão. Monitoramento e Avaliação Ambiental, 190(11), 686. DOI: 10.1007/s10661-018-7068-4.

RODRIGUEZ, AP, et al. (2018). A relação entre a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e a qualidade da água: Uma revisão. Monitoramento e Avaliação Ambiental, 190(11), 686. DOI: 10.1007/s10661-018-7068-4.

SANTOS, Vanessa Sardinha dos. Água. 2016. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/biologia/agua.htm>. Acesso em: 01 ago. 2024.

Seitzinger, SP, Harrison, JA, Dumont, E., Beusen, AHW, & Bouwman, AF (2006). Fontes e entrega de carbono, nitrogênio e fósforo para a zona costeira: Uma visão geral da exportação global de nutrientes de bacias hidrográficas. Global Biogeochemical Cycles, 20(1).

SILVA, J. C., & SOUZA, D. A. (2017). *Parâmetros de qualidade da água e suas implicações*. Revista de Engenharia Ambiental, 32(2), 159-175.

Silva, JA, Rocha, MS, & Freitas, PL (2020). "A importância da monitorização de sólidos distribuídos na proteção de ecossistemas aquáticos." Estudos Ambientais e Gestão de Recursos Naturais, 5(1), 78-88.



SILVA, JP; MARTINS, TC; COSTA, RA Qualidade da água e controle de sólidos distribuídos em abastecimento urbano. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 2020, vol. 17, pp. 88-97.

SILVA, R. L., et al. "Segurança microbiológica da água em ambientes de consumo humano." Revista Brasileira de Controle de Qualidade Ambiental, vol. 12, no. 1, 2015, pp. 48-56.

SILVA, RL, et al. "Análise microbiológica em águas de preservação ambiental: desafios e recomendações." Revista de Ciências Ambientais, vol. 12, não. 1, 2015, pp.

Smith, J., et al. (2018). "Efeitos do cobre em organismos aquáticos em ecossistemas de água doce." Toxicologia Ambiental. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/963179/1/Doc91.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2024.

SOUSA, A. C., PEREIRA, T. R. "A importância de Escherichia coli como indicador microbiológico em água de consumo." Revista Científica de Ciências Biológicas, vol. 18, no. 3, 2016, pp. 97-104.

Souza, CA e Lima, RT (2018). Impactos ambientais em sistemas aquáticos. Revista Brasileira de Ciências Ambientais, 13(2), 45-62.

SOUZA, Estella Cristina Soares de; LIMA, Bruna Santos; LIMA, Cássia Santos. IMPORTÂNCIA DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA O CONSUMO ANIMAL. 2018. Disponível em: [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/lucaslima,+anais2018a\\_Part\\_21.pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/lucaslima,+anais2018a_Part_21.pdf). Acesso em: 29 set. 2024.

SPERLING, M. V. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3º ed. DESA. UFMG, Belo Horizonte, p. 452, 2005.

Sushil, KS; Sunil, K.; Pradeep, KM (2023). Avaliação e impacto da toxicidade de metais na vida selvagem e na saúde humana. Metais na água. Elsevier. Advances in Environmental Pollution Research, v.10, p.93-110.

SUSTENTABILIDADE. Poluição da água: entenda as causas, consequências e soluções. 2019. Disponível em: <https://blogjardimsecreto.com.br/poluicao-da-agua/#:~:text=A%20polui%C3%A7%C3%A3o%20da%20%C3%A1gua%20afeta,no%20desequil%C3%ADbrio%20dos%20ecossistemas%20aqu%C3%A1ticos>. Acesso em: 29 set. 2024.



Tundisi, JG e Matsumura-Tundisi, T. (2011). Limnologia. Imprensa CRC.

Von Sperling, M. (2005). Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3ª ed. Belo Horizonte: UFMG.

WIEGAND, MC; e outros. O papel da turbidez na eficácia dos processos de tratamento de água . Journal of Water Research, 2018, vol. 142, pp.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. (2021). Drinking-water quality and health. Disponível em: [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/drinking-water-quality/en/](https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/drinking-water-quality/en/)