

**CENTRO PAULA SOUZA**

**ETEC “Cel. Fernando Febeliano da Costa”**

**MTEC Meio Ambiente**

**Elise Fatobene Oliveira**

**Giovanna Alves de Souza**

**Leticia Ramiro Marçal**

**Maria Victória Sermon Perez**

**Análise da qualidade da água para consumo em escolas do  
município de Piracicaba**

**Piracicaba – SP**

**2024**

**Elise Fatobene Oliveira**

**Giovanna Alves de Souza**

**Leticia Ramiro Marçal**

**Maria Victória Sermon Perez**

**Análise da qualidade da água para consumo em escolas do  
município de Piracicaba**

Trabalho de Projeto de Pesquisa apresentado ao MTEC em Meio Ambiente da Etec Cel. Fernando Febeliano da Costa, orientado pelo Prof. Rafael Souza e pela Profa. Bianca Furlan Danelon, como requisito parcial para obtenção do título de técnico em Meio Ambiente.

**Piracicaba – SP**

**2024**

## Resumo

Atualmente, as escolas enfrentam desafios decorrentes das mudanças climáticas, como altas temperaturas, afetando a qualidade e temperatura da água potável, que é essencial para os estudantes. A infraestrutura inadequada pode contaminá-la, tanto durante seu percurso, como no armazenamento da mesma no filtro, e isso afeta negativamente a saúde dos alunos que a consomem. Este estudo tem como objetivo determinar se a água, para consumo, fornecida nas escolas do município de Piracicaba está dentro dos parâmetros de potabilidade estabelecidos pela legislação, especificamente a Portaria GM/MS nº 888/21. Para isso, foram estabelecidos objetivos, como a coleta de amostras de água, a realização de experimentos laboratoriais para análise de pH, temperatura, dureza e outros parâmetros relevantes, e a investigação de soluções para mitigar problemas de qualidade de água, incluindo a elaboração de um filtro sustentável e acessível, a fim de melhorar a qualidade da água. O desenvolvimento de um filtro sustentável e a análise regular da qualidade da água são etapas essenciais para alcançar esse objetivo e promover um ambiente escolar saudável e propício ao aprendizado, além dos impactos da poluição na saúde e no meio ambiente.

Palavras-chave: Água. Contaminação da água. Escolas. Piracicaba. Portaria GM/MS nº 888/21. Potabilidade. Qualidade da água.

## **Abstract**

Schools are currently facing challenges due to climate change, such as high temperatures, affecting the quality and temperature of drinking water, which is essential for students. Inadequate infrastructure can contaminate it, both during its journey and when it is stored in the filter, and this negatively affects the health of the students who consume it. The aim of this study was to determine whether the drinking water supplied to schools in the municipality of Piracicaba complies with the potability parameters established by legislation, specifically Ordinance GM/MS No. 888/21. To this end, objectives were set, such as collecting water samples, carrying out laboratory experiments to analyze pH, temperature, hardness and other relevant parameters, and investigating solutions to mitigate water quality problems, including the development of a sustainable and affordable filter, in order to improve water quality. The development of a sustainable filter and the regular analysis of water quality are essential steps towards achieving this goal and promoting a healthy school environment conducive to learning, as well as the impacts of pollution on health and the environment.

Keywords: GM/MS Ordinance No. 888/21. Piracicaba. Potability. Schools. Water. Water contamination. Water quality.

## Lista de Ilustrações

Figura 1 - Molécula da água.....	9
Figura 2 - Quantidade de água necessária na produção de alguns produtos .....	10
Figura 3 - Índice de Qualidade de Água para fins de Abastecimento Público 2021 ..	13
Figura 4 - Sistema de Estação de Tratamento de Água.....	16
Figura 5 - Bebedouro industrial .....	20
Figura 6 - Plano Diretor Piracicaba: Padrão Construtivo .....	26
Figura 7 - Legenda do Plano Diretor .....	27

## Lista de Tabelas

Tabela 1 - Faixas do Índice de Qualidade da Água.....	12
Tabela 2 - Resultados análise de Cloretos.....	28
Tabela 3 - Resultados análise de Dureza .....	29
Tabela 4 - Resultados análise de pH .....	31
Tabela 5 - Resultados análise de Condutividade .....	32

## Sumário

1. Introdução .....	8
2. Objetivos .....	8
2.1. Objetivo Geral .....	8
2.2. Objetivos Específicos .....	8
3. Desenvolvimento .....	9
3.1. Referencial Teórico .....	9
3.1.1. Estrutura e propriedades da água .....	9
3.1.2. Consumo e acesso à água .....	10
3.1.3. Índice de Qualidade da Água .....	11
3.1.4. Poluição da água .....	13
3.1.5. Tratamento de Água .....	14
3.1.6. Potencial Hidrogeniônico .....	16
3.1.7. Dureza .....	17
3.1.8. Cloretos .....	17
3.1.9. Condutividade e Resistividade .....	18
3.1.10. Funcionamento de um filtro escolar e sua manutenção .....	19
3.2. Metodologia .....	21
3.2.1. Determinação do pH .....	21
3.2.2. Determinação da Dureza .....	21
3.2.3. Determinação de Cloretos .....	22
3.2.4. Determinação de Condutividade .....	23
3.2.5. Metodologia de amostragem e coleta .....	23
3.3. Materiais e Reagentes .....	24
3.3.1. Materiais .....	24
3.3.2. Reagentes .....	24
3.4. Procedimento experimental .....	25
3.4.1. Determinação de Cloretos .....	25
3.4.2. Determinação de Dureza .....	25
3.4.3. Determinação de pH e Condutividade .....	26
3.5. Resultados e discussões .....	26
3.5.1. Determinação de cloretos .....	27
3.5.2. Determinação da dureza .....	29

3.5.3 Determinação de pH .....	31
3.5.4 Determinação da condutividade .....	32
4. Conclusão .....	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	34

## **1. Introdução**

Nos dias de hoje, muitas escolas sofrem diante das consequências das mudanças climáticas, tais quais afetam diretamente a temperatura e a qualidade da água, que está disponível para o consumo dos estudantes. A falta de uma boa infraestrutura pode causar contaminação na água, tanto no seu trajeto, como no armazenamento no filtro.

A água é de suma importância para a sobrevivência dos seres humanos. Tê-la disponível em boas condições para todos é imprescindível, pois se estiver contaminada, pode causar doenças, principalmente em crianças e adolescentes, o que afeta no seu desenvolvimento físico e no desempenho escolar. Essas doenças causadas pela contaminação podem ser muito graves, e podem até mesmo ser fatais em alguns casos. Uma delas é a diarreia aguda, e, segundo a OMS (s.d.), 80% dos casos estão relacionados ao uso de água imprópria. Dessa forma o trabalho busca por meio de análises responder o problema de pesquisa: “As escolas do município de Piracicaba fornecem água de qualidade para o consumo dos alunos?”

## **2. Objetivos**

### **2.1. Objetivo Geral**

Determinar se a água disponível para consumo nas escolas, públicas e privadas selecionadas pelo grupo, do município de Piracicaba está dentro dos parâmetros químicos de potabilidade determinados pela Portaria GM/MS nº888/2021.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Coletar corretamente as amostras de água de escolas do município de Piracicaba.
- Realizar experimentos laboratoriais para análises químicas: medição de pH e temperatura, determinação da dureza e cloretos, e condutividade.

### 3. Desenvolvimento

#### 3.1. Referencial Teórico

##### 3.1.1. Estrutura e propriedades da água

Para fins de realizar as análises das amostras de água, é importante entender sua estrutura molecular e propriedades, que facilitam a compreensão de seus comportamentos durante as pesquisas práticas. Dessa forma, pode-se apontar características como:

- Estrutura molecular: nela, estão presentes 2 átomos de hidrogênio e 1 átomo de oxigênio. Sua geometria molecular é angular, como pode ser visto na figura 1.

Figura 1 - Molécula da água



Fonte: (TEIXEIRA, 2011).

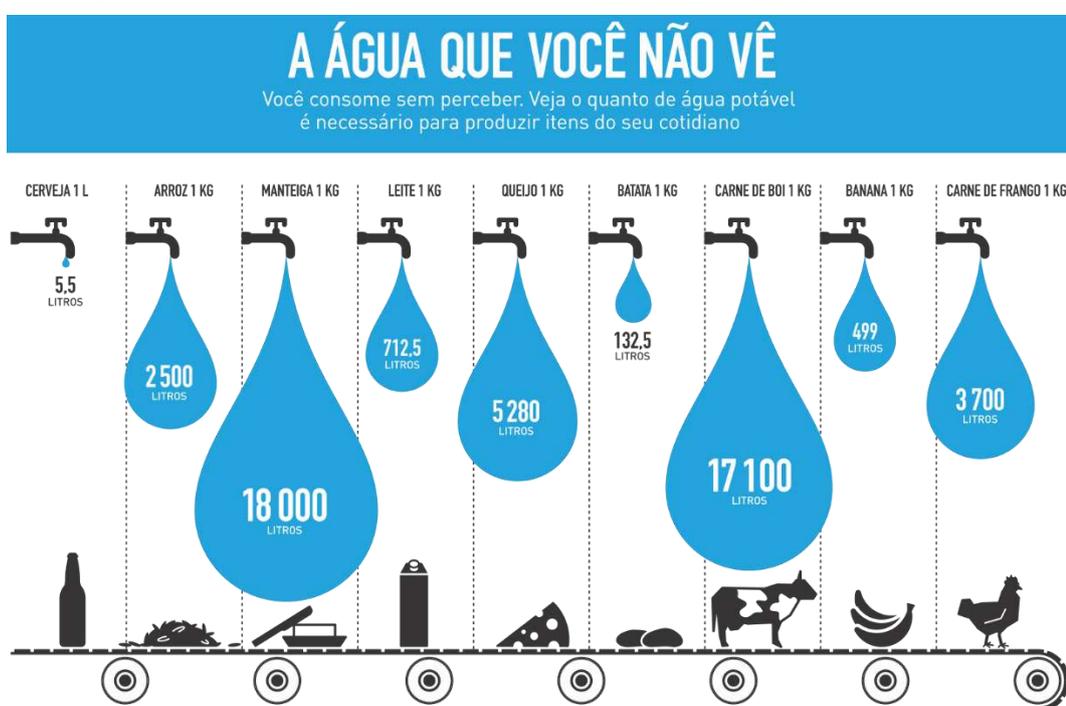
- Polaridade: sua molécula faz ligações de hidrogênio, sendo esse o tipo de ligação mais forte possível, sendo fortemente polares. A polaridade de uma substância é a capacidade das suas ligações de atrair cargas elétricas. (ASTH, s.d.).

Na natureza, a água pode ser encontrada nos estados sólido, gasoso e líquido. Com isso, é possível estudar suas propriedades, influenciadas por essas mudanças de estado, como calor específico, solubilidade, tensão superficial, densidade etc. O foco, porém, são as propriedades como condutividade, dureza total, cloretos e pH, citadas anteriormente.

### 3.1.2. Consumo e acesso à água

A água é o recurso natural de maior importância para os seres vivos, pois é essencial para o desenvolvimento e manutenção da vida na Terra. Apesar de representar a maior parte da cobertura terrestre, apenas 3% de toda água é doce, e menos de 1% é disponível para o consumo, já que a maioria está nas geleiras, em estado sólido. (WWF, s.d.). No Brasil, o consumo de água demanda um gerenciamento mais delicado, por conta das fortes atividades econômicas primárias do país, que incluem a agricultura e a pecuária, principalmente.

Figura 2 - Quantidade de água necessária na produção de alguns produtos



Fonte: (SABESP, 2014).

Na figura 2 é feita a comparação da pegada hidrológica durante a produção de diferentes produtos alimentícios, por meio dos valores médios, já que há uma grande variabilidade de produtos, ainda mais considerando que o Brasil é um grande produtor agrícola. Nota-se que os maiores valores estão relacionados com a produção de manteiga e carne bovina que gastam em média 17.500 litros de água para produzir apenas 1 kg do alimento. (SABESP, 2014).

Apesar de incomparável o consumo de água feito pelas indústrias agropecuárias e pelas escolas, é necessário que haja um gerenciamento adequado para que a distribuição da água potável atinja de forma igualitária todos os colégios do país, entendendo-se a importância desse recurso para o consumo dos jovens durante o período de permanência no ambiente escolar. Porém, a realidade é outra, ao contrário do que seria ideal: um acesso total a uma água de qualidade por todos.

De acordo com o Censo Escolar de 2023, divulgado pelo Inep - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, cerca de 1,2 milhões de estudantes, matriculados em 7,7 mil escolas brasileiras, não têm acesso a água potável. A maior parte dessas escolas ficam na zona rural, predominantemente em terras indígenas e quilombolas, e a falta de potabilidade da água se deve ao abastecimento inadequado por meio de rios sem tratamento, além de não possuírem boa estrutura e gestão escolar. (ALFANO, 2024).

### 3.1.3. Índice de Qualidade da Água

O Índice de Qualidade de Água (IQA) é utilizado pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) para aferir a qualidade da água bruta após seu tratamento, visando o abastecimento da população. Para defini-lo, são feitas análises de diversos parâmetros indicadores de contaminação, sendo eles: oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, potencial hidrogeniônico – pH, Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO, temperatura da água, nitrogênio total, fósforo total, turbidez, e resíduo total. Cada parâmetro apresenta um peso que influencia no cálculo final do IQA, que é feito pela fórmula:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

Sendo:

IQA = Índice de Qualidade das Águas. Um número entre 0 e 100;

$q_i$  = qualidade do  $i$ -ésimo parâmetro. Um número entre 0 e 100;

$w_i$  = peso correspondente ao  $i$ -ésimo parâmetro fixado em função da sua importância para a conformação global da qualidade, isto é, um número entre 0 e 1. (CETESB, 2022).

De acordo com o resultado, é determinada a qualidade de uma água, seguindo a classificação:

Tabela 1 - Faixas do Índice de Qualidade da Água

Faixa de IQA no estado de SP	Avaliação da Qualidade da Água
80-100	Ótima
52-72	Boa
37-51	Razoável
20-36	Ruim
0-19	Péssima

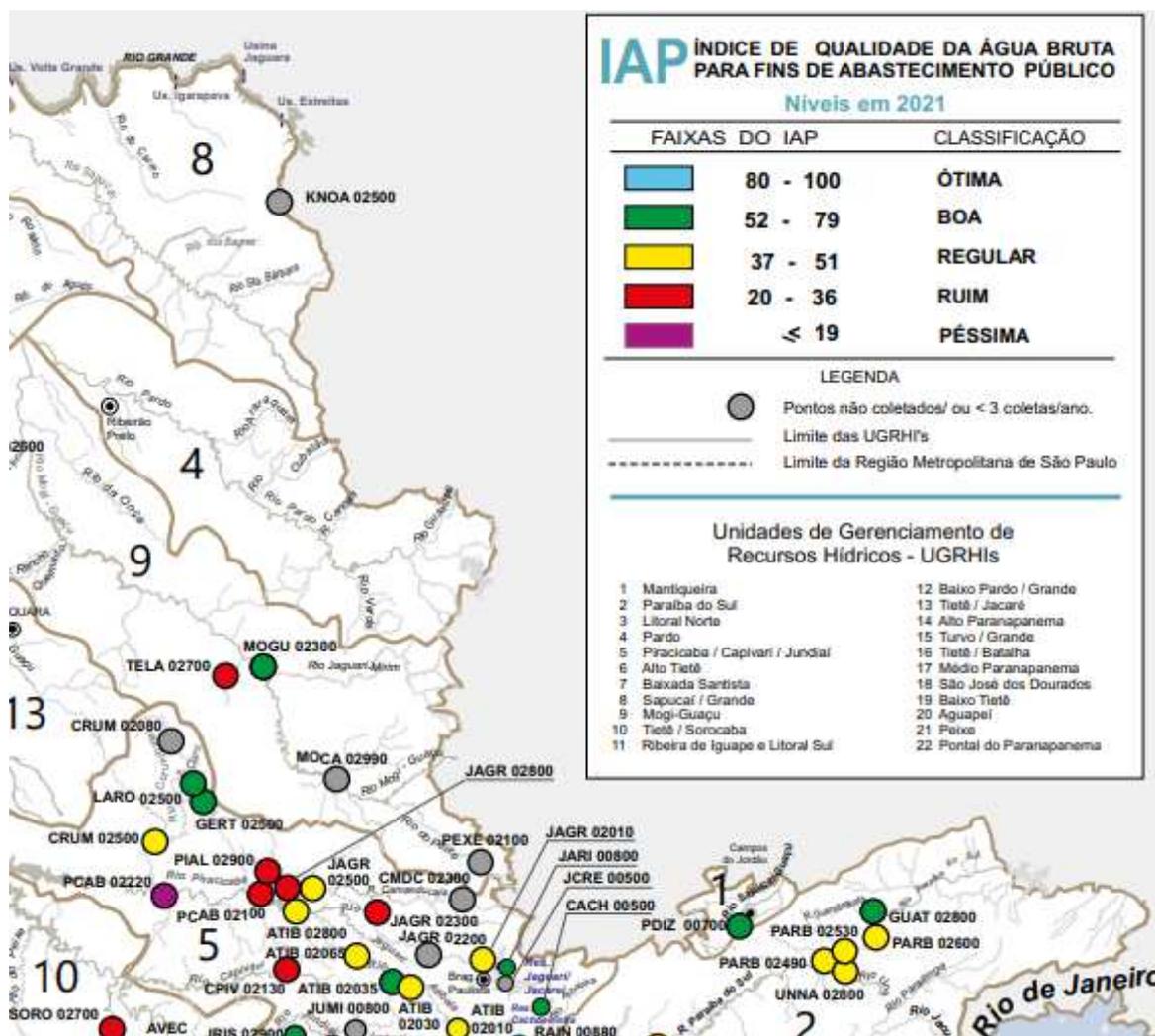
Fonte: (CETESB, 2022).

Outro índice é o Índice de Qualidade de Água para fins de Abastecimento Público (IAP), que segue a mesma lógica do IQA, porém é mais específico para o abastecimento urbano.

O município de Piracicaba é abastecido parcialmente pelo rio Piracicaba, que foi classificado como péssimo em 2022, de acordo com o IAP do ano vigente (CETESB, 2022), como pode ser visto na figura 3, portanto, ele demanda um sistema de tratamento de água mais eficiente e avançado para atingir a qualidade necessária para a distribuição e consumo (outra grande parte do município é abastecida pelo rio Corumbataí). O índice varia seu valor dependendo do trecho do rio, o mais baixo deles é visto na região de Limeira, e o mais alto em Santa Maria da Serra, apresentando a classificação “boa”.

O rio Piracicaba é indicado pelo ponto PCAB 02220, na região 5 do mapa.

Figura 3 - Índice de Qualidade de Água para fins de Abastecimento Público 2021



Fonte: (Recorte de CETESB, Setor de Águas Interiores, 2022).

### 3.1.4. Poluição da água

Não é de hoje que a poluição das águas é um problema, porém a cada dia isso vem ficando mais preocupante. Naturalmente, um sistema hídrico é capaz de decompor a matéria orgânica presente em si, entretanto, com altas descargas de componentes poluentes de origem antropogênica, é necessário a intervenção com tratamentos mais potentes e eficazes.

De modo geral, existem três tipos de poluição da água: a poluição química, a biológica, e a física. Essas poluições têm origem das atividades humanas, e geram grandes impactos negativos aos ecossistemas aquáticos e aos seres humanos que consomem essas águas.

A poluição química consiste na presença de substâncias químicas tóxicas e poluentes na água, podendo ser de origem industrial, agrícola, e até mesmo de descargas de esgoto doméstico. Além dos efeitos nocivos causados na fauna e flora aquática, a ingestão e/ou exposição dérmica à essas substâncias podem causar diversas doenças nos seres humanos, principalmente doenças gastrointestinais e neurológicas. Já a poluição biológica está mais relacionada com a falta de saneamento básico, que acarreta na contaminação da água por organismos patogênicos (causadores de doenças), sendo eles as bactérias, protozoários e parasitas, por exemplo. Por fim, a poluição física é aquela que abrange os sólidos suspensos, sedimentos, e outras partículas presentes na água, tais quais afetam a sua turbidez e dificultam seu tratamento. (SOLDERA, 2024).

### **3.1.5. Tratamento de Água**

O tratamento das águas brutas para sua potabilização tem como objetivo adequá-las ao padrão de potabilidade vigente estabelecido pela Portaria GM/MS nº 888/21, por meio da remoção de matéria orgânica, partículas suspensas, microrganismos, entre outras substâncias. Ele é feito nas Estações de Tratamento de Água (ETAs). Estima-se que existam cerca de 7.500 de ETAs no Brasil, e 75% delas utilizam o método dito como convencional de tratamento de água. (BOTERO *et al.*, 2009, p. 2018).

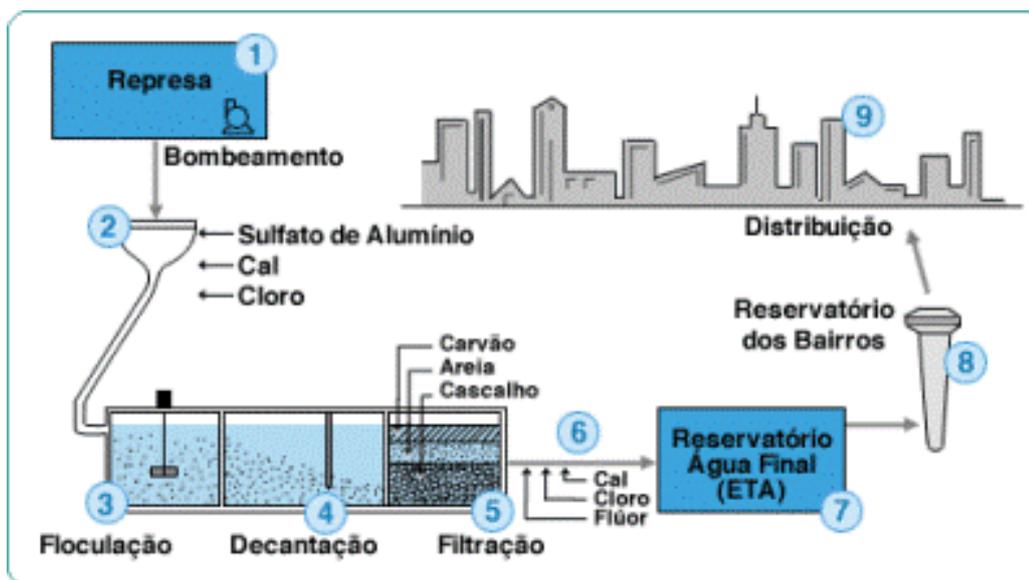
No município de Piracicaba, o órgão responsável pelos serviços de coleta e tratamento de esgoto, e abastecimento de água tratada é o Serviço Municipal de Água e Esgoto (SEMAE).

O tratamento convencional é dividido nas seguintes etapas consecutivas:

1. Coagulação: processo onde ocorre a adição de um agente coagulante, como o sulfato de alumínio ( $Al_2(SO_4)_3$ ), e de um agente alcalinizante, como o óxido de cálcio (CaO) – em meio alcalino, a coagulação é mais efetiva – na água. As substâncias são adicionadas em mistura rápida na água, para que haja um maior contato das partículas, permitindo que elas se agrupem em coágulos.

2. Floculação: depois da formação dos coágulos, é feita uma lenta mistura, que permite que os compostos formados reajam com a alcalinidade da água, formando substâncias com a propriedade de adsorção, os flocos, e ao colidirem entre si, eles também vão aumentando de tamanho. Esses flocos possuem carga positiva predominante, então atraem a matéria orgânica presente na água, que possuem carga predominantemente negativa.
3. Decantação: a água floculada é encaminhada para os decantadores, e então ocorre o processo de sedimentação dos flocos pela ação da gravidade, e conseqüentemente ocorre a clarificação da água.
4. Filtração: apesar da maior parte das partículas terem sido retidas no decantador, ainda há partículas em suspensão na água, e elas são retidas em uma camada filtrante.
5. Desinfecção: na água filtrada são adicionados produtos químicos com poder germicida, os mais utilizados são os que possuem cloro na composição (cloração), como por exemplo o hipoclorito de sódio ( $\text{Na}(\text{ClO})$ ), o cloreto de cálcio ( $\text{CaCl}_2$ ), e, em casos específicos, o gás cloro. Essas substâncias eliminam todos os microrganismos patogênicos, como as bactérias, presentes na água.
6. Fluoretação: em termos técnicos, essa etapa não faz parte do tratamento de água, porém, é uma estratégia de saúde pública para a ingestão de fluoretos pela população jovem, em forma de campanha para tratamentos de prevenção de cárie dentária. (SAMAE, s.d., p. 7).

Figura 4 - Sistema de Estação de Tratamento de Água



Fonte: (VASCONCELOS, 2017).

### 3.1.6. Potencial Hidrogeniônico

A importância do pH na qualidade da água é um tema central no estudo da química, destacando-se como um fator crítico para a potabilidade da água para consumo humano.

O potencial hidrogeniônico, ou pH, mede a acidez ou alcalinidade de uma solução aquosa e tem implicações profundas nas reações químicas e biológicas que ocorrem na água. O pH é determinado pela concentração de íons hidrônio ( $H_3O^+$ ) presentes na solução, com valores variando numa escala de 0 a 14. Soluções com pH menor que 7 são consideradas ácidas, enquanto aquelas com pH maior que 7 são alcalinas. O ponto neutro da escala, pH 7, é caracterizado pela água pura à temperatura ambiente (RONCON, 2013).

A faixa de pH ótima para a maioria dos processos biológicos aquáticos situa-se entre 6 e 8. Dentro deste intervalo, a água pode sustentar uma vida aquática saudável e é considerada segura para o consumo humano após tratamento adequado.

Durante o tratamento da água, o controle do pH é crucial em várias etapas, incluindo coagulação, filtração e desinfecção. A coagulação, por exemplo, que visa remover partículas suspensas na água, é altamente dependente do pH, pois

diferentes coagulantes requerem diferentes faixas de pH para atuar de maneira eficaz (RONCON, 2013). Similarmente, a eficácia dos desinfetantes, como o cloro, pode ser afetada pelo pH da água; em pHs altos, a desinfecção pode ser menos eficiente.

Além disso, o pH da água também tem um papel importante na prevenção da corrosão e da formação de incrustações em sistemas de distribuição de água. Águas com pH baixo podem ser corrosivas para os metais, como tubulações de cobre e chumbo, liberando metais tóxicos na água potável.

A medição do pH é realizada utilizando-se um pHmetro, um instrumento que mede o potencial elétrico entre um eletrodo de referência e um eletrodo de vidro que responde à atividade dos íons hidrogênio na solução. Este método potenciométrico fornece uma leitura precisa do pH, essencial para o monitoramento e ajuste dos processos de tratamento de água (RONCON, 2013). Portanto, o monitoramento contínuo e o ajuste do pH da água são fundamentais para garantir a eficácia do tratamento da água, protegendo a saúde pública e mantendo os ecossistemas aquáticos.

### **3.1.7. Dureza**

A dureza da água é uma medida da concentração de íons de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), geralmente expressa em termos de concentração de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) em miligramas por litro (mg/L). Isso ocorre porque os íons de cálcio e magnésio são os principais responsáveis pela dureza da água, superando a concentração de outros cátions. (CAMPOS; SANTOS, 2014).

A Portaria GM/MS nº 888/ 21 estabelece como valor máximo permitido de Dureza Total da água potável 300mg/L.

### **3.1.8. Cloretos**

O cloro, na forma de íon cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), é um dos principais ânions inorgânicos encontrados em águas naturais e residuais. Determinar a concentração de cloretos é crucial para avaliar a qualidade da água, pois fornece informações sobre o grau de mineralização e possíveis sinais de poluição, seja por esgoto doméstico, resíduos

industriais ou dissolução de sal-gema no solo, frequentemente usado na produção de fertilizantes. (CRUZ, 2022).

Quando a concentração de cloreto excede os limites estabelecidos pela legislação, há o risco de acelerar a corrosão de materiais metálicos nos sistemas de abastecimento de água, levando a um aumento na concentração de metais pesados na água distribuída e à possibilidade de incrustações em caldeiras. (CRUZ, 2022).

Conhecer o teor de cloretos na água é essencial para entender seu grau de mineralização e possíveis sinais de poluição, como esgoto doméstico e resíduos industriais. De acordo com os parâmetros vigentes da Portaria GM/MS nº 888/21, os cloretos podem estar presentes em concentrações de até 250 mg/L em águas potáveis. (SABBATINI, 2008).

### **3.1.9. Condutividade e Resistividade**

Existem diversos métodos para identificar substâncias inorgânicas específicas, principalmente os sais. Um dos mais simples é a medição direta da condutância ou da resistência elétrica. A maioria das substâncias inorgânicas dissolvidas possui carga elétrica, seja positiva (cátions) ou negativa (ânions), e permite a passagem de corrente elétrica quando eletrodos são inseridos na solução e uma voltagem é aplicada. Quanto maior a concentração de íons presentes, maior será a condutância e menor será a resistência. (BREDA, 2001).

A condutância é medida em microsiemens por centímetro ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) e é mais apropriada para soluções com alta concentração de íons, enquanto a resistência é medida em megohms por centímetro ( $\text{M}\Omega.\text{cm}$ ) e é mais adequada para soluções com baixa concentração de íons dissolvidos, como água grau reagente para uso laboratorial e outros fins especiais. (FONTES, 2012)

Para calcular a resistência, basta dividir o valor "1" pela medida da condutância (dada em microsiemens/cm a 25°C) para obter a resistência. Assim, Resistência =  $1/\text{Condutância}$ . A resistência é expressa em megohms por centímetro ( $\text{M}\Omega.\text{cm}$  a 25°C). Para evitar confusão, a resistência é o inverso da condutância: quanto maior, melhor. Para que a água seja considerada purificada, o valor da resistência precisa ser maior ou igual a 1. (FONTES, 2012).

### **3.1.10. Funcionamento de um filtro escolar e sua manutenção**

Para manter a água limpa e com suas propriedades dentro das normas, é necessário o bom uso e funcionamento dos filtros escolares, principalmente na manutenção.

Sobre seu funcionamento, os bebedouros possuem uma vela central, responsável por conter as sujidades presentes na água, como poeira, areia e elementos como cloro. Essa vela também auxilia a amenizar fatores organolépticos fora da normalidade em uma água, como o gosto e cheiro ruim, que mesmo não sendo necessariamente indicadores negativos causam insegurança ao consumidor. A camada de filtragem retém 99% de criptosporidiose, um parasita causador de doenças, e de vários outros componentes, sendo então, considerado muito eficiente na limpeza. Porém, a reposição da água nesse filtro tem que ser manual. (BELOAR, 2019).

Os bebedouros são mais utilizados em locais que tenham um grande fluxo diário de pessoas, visto que seu funcionamento é mais simples, prático, e garante maior segurança na qualidade da água consumida. Ademais, há modelos que dependem da reposição e troca de galões de água, o que pode gerar mais gastos e acabam sendo menos práticos, ou aqueles que são ligados diretamente à rede de água da cidade e que, por serem elétricos, possibilitam a refrigeração do líquido. Dentre os modelos mais comuns, pode-se citar: bebedouro de pressão, de galão, industrial, e o acessível (para pessoas com deficiência), além dos filtros de barro e outros caseiros. O mais utilizado no âmbito escolar é o modelo de bebedouro acessível, de pressão e o industrial (figura 5), por serem aptos a maior uso no dia a dia, para várias pessoas.

O período ideal entre as manutenções dos bebedouros é a cada 6 meses, mas o tempo pode variar de acordo com o modelo. Dentro desse período a higiene e o bom funcionamento do aparelho são mais garantidos, e caso necessário a manutenção é feita antecipadamente.

A limpeza dos aparelhos em geral segue algumas etapas:

1. escoamento de toda a água do reservatório do bebedouro;
2. Limpeza a seco do reservatório utilizando-se uma bucha;
3. Enchimento do reservatório com água, e para cada 2 litros de água, 2 colheres de cloro líquido;
4. Repouso de meia hora para ação desinfetante do cloro;
5. escoamento da solução e lavagem com água quente do reservatório e torneiras, no mínimo duas vezes;
6. Por fim, abastecimento com água limpa e disponibilização para o uso. (BELOAR, 2022).

Figura 5 - Bebedouro industrial



Fonte: (IGLU, s.d.)

## **3.2. Metodologia**

### **3.2.1. Determinação do pH**

De acordo com o método de Adriana Barbosa (2012), segue o seguinte procedimento:

- 1) Ligou-se o aparelho (pHmetro) e deixou-o em aquecimento durante 20 minutos.
- 2) Lavou-se o eletrodo com água destilada, e foi seco com papel absorvente.
- 3) Ajustou-se o potenciômetro com as soluções padrões 7,4 e 10 de pH.
- 4) Lavou-se novamente o eletrodo com água destilada e enxugue com papel absorvente.
- 5) Cada uma das amostras foram colocadas no aparelho, sempre lavando o eletrodo com água destilada e enxugando-o com papel absorvente, após a medida de pH de cada amostra.

### **3.2.2. Determinação da Dureza**

De acordo com o método complexo-métrico de Schwarzenbach (1946), segue o seguinte procedimento:

- 1) Com o auxílio de uma proveta, um volume de 50 mL da amostra a ser analisada foi colocado em um Erlenmeyer de 125 mL;
- 2) Adicionou-se 1 mL da solução tampão pH 10,0;
- 3) Adicionou-se 2 gotas da solução indicadora Eriocromo Negro T;
- 4) Titulou-se lentamente com solução de EDTA 0,01N, com agitação contínua até que a solução se tornasse azul;

Obs.: A duração da titulação não deveria exceder 5 minutos, contados a partir do tempo da adição da solução tampão.

Cálculos:

$$\text{Dureza} = 1000 \times V_{\text{EDTA}} \times F_c / V_A$$

$$\text{Simplificando temos: } 20 \times V_{\text{EDTA}} \times F_c$$

Sendo  $V_{\text{EDTA}}$  a leitura da bureta,  $V_A$  o volume da amostra, e  $F_c$  o fator de correção do EDTA. (Volumes em mL).

### 3.2.3. Determinação de Cloretos

De acordo com o método de Mohr (Argentometria), segue o seguinte procedimento:

- 1) Colocou-se num Erlenmeyer de 125 mL, 25 mL da amostra de água;
- 2) Pipetou-se 1 mL ou 5 gotas de solução aquosa de cromato de potássio  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  5% (m/v);
- 3) Titulou-se com a solução de  $\text{AgNO}_3$  0,01 mol/L, até a aparição de um precipitado avermelhado ( $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ );
- 4) Realizou-se uma prova em branco, a fim de melhor visualizar o ponto final da titulação, por comparação, substituindo o volume de água em amostra por igual volume de água destilada. Anotou-se o volume gasto;
- 5) O volume "V" (mL) utilizado nos cálculos foi dado pela diferença entre o volume gasto para titular a amostra menos o volume gasto na titulação com o branco ( $V_b$ ).

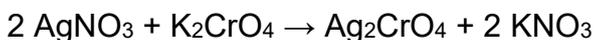
Cálculos:

$$\text{Cloretos mg/L} = [V_A - V_B(\text{mL})] \times 3,545 \times F_c \text{ expresso em mg Cl}^-/\text{L}$$

Sendo:  $V_B$  = volume do branco (água destilada ou desionizada).

$V_A$  = volume da amostra.

Reações envolvidas:



### **3.2.4. Determinação de Condutividade**

De acordo com o método de Adriana Barbosa, segue o seguinte procedimento:

- 1) Ligou-se o aparelho deixar por 10 minutos ligados;
- 2) Executou-se o procedimento de calibração de acordo com as informações do equipamento;
- 3) Fez-se a leitura da condutividade em  $\mu\text{m/cm}$ ;
- 4) Lavou-se o eletrodo com água deionizada que foi seco com papel absorvente macio;
- 5) Mediu-se a condutividade das amostras.

### **3.2.5. Metodologia de amostragem e coleta**

Metodologia indicada por professores do curso técnico em Química, consiste na utilização de garrafas plásticas de 500 mL (de água mineral), muito bem higienizadas com detergente neutro, onde coletou-se a água diretamente dos bebedouros das instituições de ensino. Para o armazenamento, a amostra no mesmo recipiente plástico foi abrigada em geladeiras para conservação dos componentes presentes. A medição de temperatura deveria ser realizada na hora da coleta, mas não se tinha disponível equipamento adequado.

Em quesito de escolha do local de coleta, foram preferências os bebedouros mais utilizados pelos alunos, em áreas de maior convivência (como por exemplo no refeitório), pois foi coletada apenas uma garrafa de 500 mL por escola, e foi de maior interesse para o grupo analisar a água com maior taxa de consumo pelos estudantes.

### **3.3. Materiais e Reagentes**

#### **3.3.1. Materiais**

- Bureta 25 mL
- Condutivímetro – marca GEHAKA, modelo CG1800
- Condutivímetro – marca LUCADEMA, modelo LUCA – 150
- Copo béquer 100 mL
- Erlenmeyer 125 mL
- Medidor de pH – marca INSTRUTHERM, modelo PH-5000
- Medidor de pH – marca LUCADEMA, modelo LUCA – 210
- Pipeta graduada 1 mL
- Proveta 50 mL

#### **3.3.2. Reagentes**

- Solução de EDTA (ácido etilenodiamino tetra-acético) 0,01 mol/L
- Solução de nitrato de prata ( $\text{AgNO}_3$ ) 0,01 mol/L
- Solução indicadora cromato de potássio ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ) 0,5% m/v
- Solução indicadora nefro de Eriocromo T 0,5% m/v
- Solução tampão pH 10

### **3.4. Procedimento experimental**

Todas as análises dos parâmetros foram feitas igualmente em todas as amostras de água das escolas em triplicata, dando assim uma maior precisão dos resultados.

#### **3.4.1. Determinação de Cloretos**

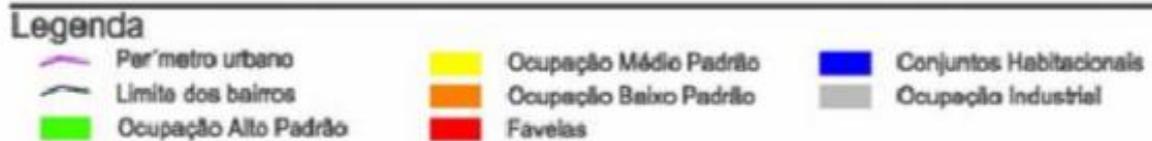
Para a determinação dos cloretos, com a ajuda de um Erlenmeyer de 125 mL, foi colocado 25 mL das amostras das águas. Após isso o grupo realizou a contagem de 5 gotas de solução aquosa de cromato de potássio  $K_2CrO_4$  dentro de cada exemplar, surgindo uma coloração amarelada. O grupo utilizou uma bureta de 25 mL para realizar a titulação, colocando a solução de  $AgNO_3$  0,01 mol/L a fim de seguir o método de Mohr. Durante o gotejamento da solução na amostra houve agitação manual constante. Na titulação, com a solução da bureta entrando em contato com a solução das águas escolares, ocorre a mudança de coloração de um amarelo “vibrante” para um tom avermelhado “terroso”, com a visualização dos resultados numéricos na bureta. Após a leitura, foram feitos os cálculos para comparar as amostras uma com as outras, e assim analisando se as mesmas se encaixam nos parâmetros de qualidade de água potável.

#### **3.4.2. Determinação de Dureza**

Com o auxílio de uma proveta, foi colocado um volume de 50 mL das amostras de água em um Erlenmeyer de 125 mL. Foi utilizada uma pipeta de 1 mL para colocar a solução tampão pH 10,0 na amostra. Posteriormente, foi adicionado 2 gotas da solução indicadora Eriocromo Negro T, deixando-a com uma aparência escurecida, após agitação manual surge a coloração roxa. O grupo selecionou uma bureta de 25 mL, para fazer a titulação, adicionando lentamente a solução de EDTA 0,01 N na mesma, deixando-a escorrer lentamente até o Erlenmeyer juntamente com a mistura manual, constante e rápida, resultando em uma viragem de cor de roxo para o azul. Após a leitura da bureta, foram feitos os cálculos para comparar as amostras entre si, e assim analisando se as mesmas se encaixam nos parâmetros de qualidade de água potável.



Figura 7 - Legenda do Plano Diretor



Fonte: (PÓLIS, 2003).

De acordo com o mapa 6 do plano diretor de desenvolvimento de Piracicaba, a região onde se situam as escolas: 1, 2, 5, 6, 7, 8 e 9 é classificada como “Ocupação Médio Padrão”. Já a região onde se encontram as escolas número 3 e 4 é classificada como “Ocupação Baixo Padrão”. Por fim, região onde se situa a escola número 10 é classificada como “Ocupação Alto Padrão”.

### 3.5.1. Determinação de cloretos

Para esta determinação, foi preciso cálculos utilizando os resultados das amostras, seguindo a fórmula **Cloretos mg/L =  $[V_a - V_b(\text{mL})] \times 3,545 \times F_c$  expresso em mg Cl<sup>-</sup>/L,  $V_b = 0,7$  e  $F_c = 0,98$** . Sendo assim, tem-se:

- 1)  $[6,45-0,7] \cdot 3,545 \cdot 0,98 = 19,98 \text{ mg Cl}^-/\text{L}$
- 2)  $[5,53-0,7] \cdot 3,545 \cdot 0,98 = 16,78 \text{ mg Cl}^-/\text{L}$
- 3)  $[6,63-0,7] \cdot 3,545 \cdot 0,98 = 20,60 \text{ mg Cl}^-/\text{L}$
- 4)  $[5,78-0,7] \cdot 3,545 \cdot 0,98 = 17,65 \text{ mg Cl}^-/\text{L}$
- 5)  $[3,68-0,7] \cdot 3,545 \cdot 0,98 = 10,35 \text{ mg Cl}^-/\text{L}$
- 6)  $[3,26-0,7] \cdot 3,545 \cdot 0,98 = 8,89 \text{ mg Cl}^-/\text{L}$
- 7)  $[3,11-0,7] \cdot 3,545 \cdot 0,98 = 8,37 \text{ mg Cl}^-/\text{L}$
- 8)  $[5,05-0,7] \cdot 3,545 \cdot 0,98 = 15,11 \text{ mg Cl}^-/\text{L}$
- 9)  $[3,05-0,7] \cdot 3,545 \cdot 0,98 = 8,16 \text{ mg Cl}^-/\text{L}$
- 10)  $[5,43-0,7] \cdot 3,545 \cdot 0,98 = 16,43 \text{ mg Cl}^-/\text{L}$

Tabela 2 - Resultados análise de Cloretos

Escolas	Análise 1	Análise 2	Análise 3	Média	Resultados
1	5,75 mL	6,90 mL	6,70 mL	6,45 mL	19,98 mg Cl <sup>-</sup> /L
2	5,2 mL	5,1 mL	6,3 mL	5,53 mL	16,78 mg Cl <sup>-</sup> /L
3	5,90 mL	7,0 mL	7,0 mL	6,63 mL	20,60 mg Cl <sup>-</sup> /L
4	5,7 mL	6,1 mL	5,55 mL	5,78 mL	17,65 mg Cl <sup>-</sup> /L
5	3,7 mL	3,5 mL	3,85 mL	3,68 mL	10,35 mg Cl <sup>-</sup> /L
6	3,0 mL	3,4 mL	3,4 mL	3,26 mL	8,89 mg Cl <sup>-</sup> /L
7	3,0 mL	3,3 mL	3,05 mL	3,11 mL	8,37 mg Cl <sup>-</sup> /L
8	4,5 mL	5,95 mL	4,7 mL	5,05 mL	15,11 mg Cl <sup>-</sup> /L
9	3,15 mL	3,0 mL	3,0 mL	3,05 mL	8,16 mg Cl <sup>-</sup> /L
10	5,7 mL	5,3 mL	5,3 mL	5,43 mL	16,43 mg Cl <sup>-</sup> /L

Como apresentado na tabela, o nível de cloretos presente na água das escolas está dentro do máximo permitido pela portaria GM/MS n° 888/21, que é equivalente à 250 mg/L. Diante da análise é possível notar que os resultados das escolas 1, 3 e 4 tiveram um valor maior para esse parâmetro. Nota-se que as amostras que registraram um maior índice de cloretos foram todas escolas públicas do município de Piracicaba, porém com diferentes condições.

A amostra 3 obteve maior valor para cloretos na água, resultando em 20,60 mg Cl<sup>-</sup>/L. A escola é da região urbana de Piracicaba e com dependência administrativa estadual. A mesma se estabelece em uma parte de classe de renda mais baixa do município, definida como “ocupação de baixo padrão” pelo Plano Diretor (figura 6).

A escola 1 é de região rural e estadual, e apresentou o segundo maior resultado nesta análise, com valor de 19,98 mg Cl<sup>-</sup>/L. A região onde se localiza a escola é majoritariamente de médio padrão conforme o Plano Diretor, e alguns pontos não são conectados à rede geral de água.

Como terceiro resultado mais elevado, a amostra 4 obteve um dado de 17,65 mg Cl<sup>-</sup>/L. A escola em que foi coletada a mesma é de dependência municipal, de região urbana e classe baixa, “ocupação de baixo padrão” segundo o Plano Diretor, que obtém um percentual de domicílios com destinação inadequada de rede de esgoto consideravelmente alta.

Conclui-se, portanto, que as escolas de regiões com rendas mais baixas apresentam um índice de cloretos na água dos bebedouros mais elevado em

comparação as amostras de regiões de classe mais alta e com escolas particulares e estaduais.

A média geral da análise dos cloretos foi de 14.232 mg Cl<sup>-</sup>/L.

### 3.5.2. Determinação da dureza

Para esta determinação, utiliza-se a fórmula  $20 \times V_{EDTA} \times Fc$  do método de Ulisses Rosa, sendo  $Fc = 1$ . Tem-se:

- 1)  $20 \cdot 5,76 \cdot 1 = 115,2 \text{ mg/L}$
- 2)  $20 \cdot 4,2 = 84 \text{ mg/L}$
- 3)  $20 \cdot 5,85 = 117 \text{ mg/L}$
- 4)  $20 \cdot 5,73 = 114,6 \text{ mg/L}$
- 5)  $20 \cdot 4,1 = 82 \text{ mg/L}$
- 6)  $20 \cdot 4,93 = 98,6 \text{ mg/L}$
- 7)  $20 \cdot 3,88 = 77,6 \text{ mg/L}$
- 8)  $20 \cdot 5,0 = 100 \text{ mg/L}$
- 9)  $20 \cdot 4,68 = 93,6 \text{ mg/L}$
- 10)  $20 \cdot 4,28 = 85,6 \text{ mg/L}$

Tabela 3 - Resultados análise de Dureza

Escolas	Análise 1	Análise 2	Análise 3	Média	Resultados
1	5,8 mL	5,7 mL	5,8 mL	5,76 mL	115,2 mg/L
2	4,4 mL	4,2 mL	4,2 mL	4,2 mL	84 mg/L
3	5,95 mL	5,7 mL	5,9 mL	5,85 mL	117 mg/L
4	5,4 mL	5,8 mL	6,0 mL	5,73 mL	114,6 mg/L
5	4,1 mL	4,2 mL	4,1 mL	4,1 mL	82 mg/L
6	5,1 mL	3,8 mL	5,9 mL	4,93 mL	98,6 mg/L
7	3,8 mL	4,4 mL	3,45 L	3,88 mL	77,6 mg/L
8	5,0 mL	5,1 mL	4,9 mL	5,0 mL	100 mg/L
9	5,45 mL	4,3 mL	4,3 mL	4,68 mL	93,6 mg/L
10	4,3 mL	4,25 mL	4,3 mL	4,28 mL	85,6 mg/L

Diante da análise da tabela de determinação da dureza, o valor máximo permitido na água das escolas pela portaria GM/MS nº 888/21, que é de 300 mg/L, foi respeitado em todas as amostras de água, sendo possível notar que os resultados da análise da água potável do bebedouro das escolas 1,3 e 4 apresentaram um maior dado final do que as demais.

A escola 3, com valor de 117 mg/L, foi a que registrou o maior número de dureza na água dos bebedouros. A mesma é pertencente da área de região urbana e apresenta dependência administrativa estadual. A instituição fica em uma localidade da cidade de ocupação de baixo padrão. A escola número 4, que apresentou o terceiro maior índice marcado pelo valor de 114,6 mg/L, apresenta-se em condições semelhantes à escola 3, com diferença de que as dependências administrativas são municipais. A última também demonstra um percentual de domicílios com destinação inadequada de rede de esgoto consideravelmente alta

Já a amostra 1, de região rural e estadual, e apresentou o segundo maior resultado de determinação de dureza, com valor de 115,2 mg/L. A região apresentada na escola é de classe média segundo o Plano Diretor (imagem 6) e em alguns pontos não são conectados à rede geral de água.

Nota-se que as mesmas três escolas que apresentaram os maiores valores de cloretos são também as com maior índice de dureza total, o que pode indicar que a qualidade de água nessas instituições é mais baixa em comparação com as outras. Apesar de todas estarem dentro dos padrões, é necessário maior vigilância no parâmetro de dureza, pois em maiores concentrações há riscos de corrosão da tubulação de circulação de água, podendo acarretar outros tipos de contaminação mais perigosos à saúde.

Dessa forma, a média geral da determinação de dureza foi de 96,82 mg/L.

### 3.5.3 Determinação de pH

Tabela 4 - Resultados análise de pH

Escolas	Análise 1	Análise 2	Análise 3	Média
1	7,8	7,5	7,45	7,58
2	7,28	7,32	7,4	7,3
3	7,89	7,81	7,85	7,85
4	7,8	7,75	7,7	7,75
5	7,7	7,86	8	7,86
6	7,38	7,16	7,1	7,21
7	6,72	6,74	6,78	6,74
8	7,16	7,23	7,26	7,21
9	7,66	7,61	7,66	7,64
10	7,54	7,57	7,47	7,52

De acordo com a tabela de determinação de pH, pôde-se concluir que todas as escolas se enquadraram no padrão de potabilidade da portaria GM/MS n° 888/21, que estabelece uma faixa de pH ideal entre 6,0 e 9,5. Diante da análise é possível notar que os resultados das escolas 5, e 7 tiveram um número um pouco maior e menor, respectivamente, em relação aos valores das outras escolas.

A amostra 7 foi a que obteve um número mais baixo de pH na água, com 6,74. A escola é da região urbana de Piracicaba e com classificação particular. A mesma se estabelece em uma parte de classe médio padrão do município, conforme a imagem 6.

Com resultado mais alto, a amostra 5 obteve um dado de 7,86. A escola em que foi coletada é de dependência estadual, se estabelece na região urbana central da cidade, e também de ocupação de médio padrão.

Enfatiza-se que o potencial hidrogeniônico é de difícil interpretação, pois seu valor é dependente das origens e dos componentes presentes na água. Porém, para este parâmetro, todas as escolas demonstraram resultados satisfatórios e sem desvios da faixa ideal e permitida.

Com isso, a média final do pH das análises foi de 7,466.

### 3.5.4 Determinação da condutividade

Tabela 5 - Resultados análise de Condutividade

Escolas	Análise 1	Análise 2	Análise 3	Média
1	458,3 $\mu\text{S/cm}$	459,1 $\mu\text{S/cm}$	458,5 $\mu\text{S/cm}$	458,63 $\mu\text{S/cm}$
2	545,0 $\mu\text{S/cm}$	545,2 $\mu\text{S/cm}$	546,0 $\mu\text{S/cm}$	545,4 $\mu\text{S/cm}$
3	449,6 $\mu\text{S/cm}$	450,0 $\mu\text{S/cm}$	449,8 $\mu\text{S/cm}$	449,8 $\mu\text{S/cm}$
4	453,4 $\mu\text{S/cm}$	454,0 $\mu\text{S/cm}$	453,7 $\mu\text{S/cm}$	453,7 $\mu\text{S/cm}$
5	289,0 $\mu\text{S/cm}$	290,0 $\mu\text{S/cm}$	288,3 $\mu\text{S/cm}$	289,1 $\mu\text{S/cm}$
6	490,0 $\mu\text{S/cm}$	489,0 $\mu\text{S/cm}$	489,8 $\mu\text{S/cm}$	489,6 $\mu\text{S/cm}$
7	260,0 $\mu\text{S/cm}$	259,7 $\mu\text{S/cm}$	260,0 $\mu\text{S/cm}$	259,9 $\mu\text{S/cm}$
8	354,4 $\mu\text{S/cm}$	356,9 $\mu\text{S/cm}$	368,5 $\mu\text{S/cm}$	359,93 $\mu\text{S/cm}$
9	343,7 $\mu\text{S/cm}$	352,5 $\mu\text{S/cm}$	355,2 $\mu\text{S/cm}$	350,46 $\mu\text{S/cm}$
10	319,0 $\mu\text{S/cm}$	315,1 $\mu\text{S/cm}$	313,4 $\mu\text{S/cm}$	315,83 $\mu\text{S/cm}$

Na portaria GM/MS n° 888/21 não se consta um valor máximo permitido para condutividade, já que é um parâmetro muito amplo. No Apêndice C da CETESB é citado que valores acima de 100  $\mu\text{S/cm}$  indicam ambientes aquáticos com algum desvio, porém valores máximos apresentados por outras fontes divergem-se deste, logo, é difícil interpretar os resultados para condutividade.

A escola 7 foi a que obteve o menor número de condutividade na água, resultando em 259,9  $\mu\text{S/cm}$ . A escola é da região urbana de Piracicaba e apresenta classificação particular. A mesma se estabelece em uma localidade onde se predomina ocupação de médio padrão, consoante ao Plano Diretor.

A amostra 2, de região urbana central, e pertencente a classificação particular, apresentou maior resultado de determinação de condutividade, com valor de 545,4  $\mu\text{S/cm}$ . A instituição de ensino se encontra em uma localidade onde a renda é média entre os moradores.

Nota-se que o maior e menor valor são ambos encontrados em escolas particulares em regiões de médio padrão. A presença de uma maior concentração iônica e de sais na escola 2 pode ser explicada por fatores específicos da instituição, como utilização de caixa d'água, condições de armazenamento e limpeza e manutenção dos bebedouros.

Como média final, a condutividade das análises apresentadas teve como resultado 397.235  $\mu\text{S/cm}$ .

#### 4. Conclusão

Os objetivos gerais e específicos deste trabalho foram alcançados de maneira satisfatória. O principal objetivo de determinar se a água disponível para consumo nas escolas do município de Piracicaba está dentro dos parâmetros de potabilidade foi rigorosamente investigado através de procedimentos laboratoriais detalhados.

Os procedimentos experimentais foram bem executados. A coleta e armazenamento de amostras de água foi realizada de forma correta em várias escolas do município, garantindo que as amostras representassem fielmente a qualidade da água disponível. Todas as análises foram realizadas em triplicata para aumentar a precisão dos resultados.

A determinação de cloretos foi realizada utilizando titulação com solução de  $\text{AgNO}_3$  (método de Mohr), resultando em uma faixa de valores entre 8,37 mg/L a 20,60 mg/L, demonstrando uma variação significativa entre as escolas. A determinação da dureza da água também mostrou variações, com valores de 77,6 mg/L a 117 mg/L, indicando diferentes níveis de minerais dissolvidos. As medições de pH revelaram que a maioria das amostras estava dentro dos padrões aceitáveis, com médias variando de 6,74 a 7,86. Por fim, a condutividade elétrica, um indicador da presença de íons na água, variou entre 260  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e 545  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , apontando para diferentes níveis de salinidade e contaminação iônica.

Os resultados mostraram que algumas escolas apresentaram níveis de condutividade acima dos recomendados, enquanto as outras mantiveram-se dentro dos parâmetros estabelecidos pela Portaria GM/MS nº888/2021. Isso evidencia a necessidade de uma intervenção para melhorar a qualidade da água em algumas instituições. Ademais, os demais resultados foram satisfatórios e dentro dos padrões estabelecidos pela Portaria, confirmando que as escolas do município de Piracicaba fornecem água de qualidade e segura para o consumo dos alunos e funcionários, independentemente da região onde a escola se encontra ser de baixo, médio ou alto padrão ou ser de rede privada ou pública.

Os procedimentos adotados foram eficazes para a coleta e análise dos dados, proporcionando uma visão detalhada e precisa da qualidade da água nas escolas de Piracicaba. Os resultados obtidos são essenciais para fundamentar ações futuras de

monitoramento e melhoria da infraestrutura de abastecimento de água, garantindo um ambiente escolar mais seguro e saudável para os estudantes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFANO, Bruno. **Censo Escolar: Brasil tem quase 1,3 milhões de estudantes sem acesso a água potável nos colégios**. O Globo, 2024. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/brasil/noticia/2024/02/26/censo-escolar-brasil-tem-quase-13-milhao-de-estudantes-sem-acesso-a-agua-potavel-nos-colegios.ghtml>. Acesso em: 31 mar. 2024.

ASTH, Rafael. **Propriedades da Água: conheça mais suas características**. Toda Matéria, [s.d.]. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/propriedades-da-agua/>. Acesso em: 4 set. 2024.

BARBOSA, Adriana Ferreira et al. **Práticas de Química Ambiental**. 2012.

BELOAR. **Filtro ou bebedouro de água? Entenda as diferenças!** BELOAR, 2022. Disponível em: <https://beloar.com.br/filtro-ou-bebedouro-de-agua/> . Acesso em 4 set. 2024.

BELOAR. **Manutenção de bebedouros: como e quando fazer?** BELOAR, 2019. Disponível em: <https://beloar.com.br/manutencao-de-bebedouros/> . Acesso em: 4 set. 2024.

BREDA, Eymard de Meira. **Água grau reagente para laboratórios e outros fins especiais**. 2001. Disponível em: <http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/ea000080.pdf> Acesso em: 2 abr. 2024.

BOTERO, G. W. et al. **Caracterização de lodo gerado em estações de tratamento de água: perspectivas de aplicações agrícola**. Química Nova, volume 32, No. 8, p. 2018 – 2022, 2009. Disponível em: Acesso em: 1 abr. 2024.

CAMPOS, Alvaro; SANTOS, Catarina. **DETERMINAÇÃO DA DUREZA DA ÁGUA**. PDF, 2014. Microsoft Word - dureza da agua.docx (up.pt). Acesso em: 02 abr. 2024.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Relatório da Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo**. São Paulo, 2022.

Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP). **Manual de instrução para implantação, gestão e mudanças de hábitos no programa de redução em consumo de água: manual do multiplicador**. São Paulo, 2014. 124 p.

CRUZ, Fernando. **A importância da análise de cloretos na água**. 2022. Disponível em: <https://baktron.com.br/a-importancia-da-analise-de-cloretos-na-agua/> . Acesso em: 2 abr.2024

FONTES, Luiz. **Controle de qualidade da água – sais inorgânicos**. 2012. Disponível em:<https://bancadapronta.wordpress.com/2012/09/01/controle-de-qualidade-da-agua-sais-inorganicos/> . Acesso em: 3 abr. 2024.

IGLU. **Bebedouro Industrial inox 200Lts (4 torneiras)**. Grupo Iglu, s.d. Disponível em: <https://www.grupoiglu.com.br/bebedouro-vertical-light-200lts-4t>. Acesso em: 11 nov. 2024.

Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Portaria nº 888, de 4 de maio de 2021.

MOHR, Karl Friedrich. **Método de Mohr ou método Argentométrico para determinação de cloretos na água**. 1885.

PÓLIS - Instituto de Estudos, Formação e Assessoria em Políticas Sociais. **Revisão do Plano Diretor do Desenvolvimento de Piracicaba**. Piracicaba, 2003.

RONCON, Bruna Mazzante. **CONTROLE DE QUALIDADE DA ÁGUA DISTRIBUIDA PARA CONSUMO EM ESCOLAS DO MUNICÍPIO CANDIDO MOTA**. PDF, 2013. Disponível em: <file:///C:/Users/CS377530/Downloads/1011290203.pdf> . Acesso em: 02 abr. 2024.

SABBATINI, J. **Determinação de Cloretos**. 2008. Disponível em: <https://tratamentodeagua.com.br/artigo/determinacao-de-cloretos/>. Acesso em: 3 abr.2024.

SERVIÇO AUTÔNOMO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO (SAMAE). Apostila: **Operador de Estação de Tratamento de Água e Esgoto**. Caxias do Sul: RS, s.d.

SCHWARZENBACH. **Método baseado no uso do ácido etileno-diamino-tetracético (EDTA) para a determinação da dureza de águas**. 1946.

SOLDERA, Bruna. **Os 3 principais tipos de poluição à água e seus impactos**. Água Sustentável, 2024. Disponível em: <https://www.aguasustentavel.org.br/conteudo/blog/233-os-3-principais-tipos-de-poluicao-a-agua-e-seus-impactos> . Acesso em: 1 abr. 2024.

TEIXEIRA, Antônio. **Água**. Química para todos, 2011. Disponível em: <https://quimicaparatodosuevora.blogspot.com/2011/02/agua.html>. Acesso em: 4 nov. 2024.

VASCONCELOS, Flávia. **Estação de Tratamento de Água (ETA) – Etapas**. Esquadrão do Conhecimento, 2017. Disponível em: <https://esquadraodoconhecimento.wordpress.com/ciencias-da-natureza/quim/estacao-de-tratamento-de-agua-eta-etapas/>. Acesso em: 11 set. 2024.

WWF BRASIL. Disponível em: [https://www.wwf.org.br/natureza\\_brasileira/areas\\_prioritarias/pantanal/dia\\_da\\_agua/#:~:text=Do%20total%20de%20%C3%A1gua%20dispon%C3%ADvel,1%25%20est%C3%A1%20dispon%C3%ADvel%20para%20consumo](https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/areas_prioritarias/pantanal/dia_da_agua/#:~:text=Do%20total%20de%20%C3%A1gua%20dispon%C3%ADvel,1%25%20est%C3%A1%20dispon%C3%ADvel%20para%20consumo). Acesso em: 31 mar. 2024.