



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
CURSO DE QUÍMICA INDUSTRIAL**

ANNELY GIANNI ARAGÃO BARBOSA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM AMBIENTE ESCOLAR DO
INTERIOR DA PARAÍBA**

**CAMPINA GRANDE
2023**

ANNELY GIANNI ARAGÃO BARBOSA

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM AMBIENTE ESCOLAR DO INTERIOR
DA PARAÍBA

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo) apresentado à Coordenação do Curso de Química Industrial da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Química Industrial.

Orientadora: Profa. Dra. Verônica Evangelista de Lima Emerich.

CAMPINA GRANDE
2023

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

B238a Barbosa, Annely Gianni Aragao.
Avaliação da qualidade da água em ambiente escolar do interior da Paraíba [manuscrito] / Annely Gianni Aragao Barbosa. - 2023.
21 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2023.

"Orientação : Profa. Dra. Verônica Evangelista de Lima Emerich, Departamento de Química - CCT. "

1. Qualidade da água. 2. Química. 3. Ambiente escolar. I.

Título

21. ed. CDD 660

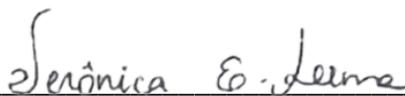
ANNELY GIANNI ARAGÃO BARBOSA

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM AMBIENTE ESCOLAR DO
INTERIOR DA PARAÍBA

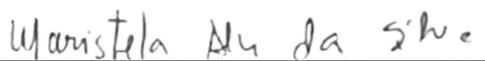
Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo)
apresentado à Coordenação do Curso de
Química Industrial da Universidade
Estadual da Paraíba, como requisito parcial
à obtenção do título de Bacharel em Química
Industrial.

Aprovada em: 01 / 12 / 2023.

BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Verônica Evangelista de Lima Emerich (Orientadora)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Profa. Dra. Maristela Alves da Silva
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Profa. Dra. Vera Lúcia Meira de Moraes Silva
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Dedico este trabalho a todos que com gestos e palavras demonstraram sua confiança e apoio. Dedico em especial a minha família e à minha Mãe, Amara Lúcia. Dedico a todos os meus amigos de curso que estiveram sempre presentes nesta caminhada e fazem parte desta conquista.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 ÁGUA, SAÚDE E A REGULAÇÃO PARA CONSUMO HUMANO.....	7
2.1 Retorno da água aos corpos hídricos	7
2.2 Processo de tratamento da água.....	8
2.3 Parâmetros da potabilidade da água	9
<i>2.3.1 Potencial Hidrogeniônico (pH).....</i>	<i>10</i>
<i>2.3.2 Alcalinidade</i>	<i>10</i>
<i>2.3.3 Cloretos</i>	<i>10</i>
<i>2.3.4 Dureza</i>	<i>11</i>
<i>2.3.5 Turbidez.....</i>	<i>12</i>
<i>2.3.6 Condutividade</i>	<i>12</i>
<i>2.3.7 Cor</i>	<i>13</i>
<i>2.3.8 Temperatura.....</i>	<i>13</i>
<i>2.3.9 Parâmetros Microbiológicos</i>	<i>13</i>
3 METODOLOGIA.....	14
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	15
4.1 Resultados das análises físico-químicas na Unidade 1	16
4.2 Resultados das análises físico-químicas na Unidade 2	17
4.3 Avaliação microbiológica da água coletada	17
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	18
REFERÊNCIAS.....	19
AGRADECIMENTOS	21

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM AMBIENTE ESCOLAR DO INTERIOR DA PARAÍBA

ASSESSMENT OF WATER QUALITY IN A SCHOOL ENVIRONMENT IN THE COUNTRYSIDE OF PARAÍBA

Annely Gianni Aragão Barbosa¹

RESUMO

A escassez de água e os problemas relacionados ao abastecimento afetam uma parcela significativa da população global. Muitas pessoas não têm acesso a água tratada, e mesmo quando têm, a qualidade do tratamento pode ser inadequada, não atendendo aos padrões estabelecidos pelo Ministério da Saúde. Esse cenário é particularmente desafiador em cidades pequenas e carentes de infraestrutura, onde os moradores enfrentam dificuldades significativas para obter água de qualidade adequada para o consumo humano. Este estudo teve como objetivo a avaliação da qualidade da água utilizada em uma escola pública no Distrito de Santa Terezinha, Município de Massaranduba, Paraíba. Para alcançar esse objetivo, uma metodologia estruturada foi desenvolvida, compreendendo várias etapas fundamentais: visita inicial com o propósito de reconhecer o ambiente em que a água é consumida, coleta de amostras de água em locais predefinidos, realização de análises químicas, físico-químicas e microbiológicas e, por fim consolidação dos resultados com as normativas vigentes. As análises químicas e físico-químicas revelaram que a água na escola atende aos requisitos de potabilidade estabelecidos, fornecendo uma garantia de que os parâmetros críticos estão dentro dos limites aceitáveis. No entanto, as análises microbiológicas revelaram uma preocupação com a presença de coliformes totais em amostras coletadas no balde de armazenamento e no filtro da cozinha da unidade I, como também nos filtros de barro que servem às crianças menores em duas salas de aula. A partir dos resultados, em contribuição à gestão escolar foi destacada a necessidade de intensificar os cuidados no manuseio e limpeza mais frequentes dos filtros e caixas d'água. Deixando claro a importância da manutenção preventiva para garantir que a água tratada recebida na unidade escolar permaneça com qualidade para uso direto, mesmo após o armazenamento. Isso não apenas promoverá uma condição de preservação da saúde de alunos, professores e demais colaboradores, mas também ajudará a disseminar para além dos muros escolares atitudes de cuidado na guarda de água e no consumo de fontes não confiáveis, eventos comuns em pequenas comunidades rurais.

Palavras-Chave: qualidade da água; potabilidade; ambiente escolar.

ABSTRACT

Water scarcity and supply-related problems affect a significant proportion of the global population. Many people do not have access to treated water, and even when they do, the quality of treatment may be inadequate, not meeting the standards established by the Ministry of Health. This scenario is challenging in small cities with little infrastructure, where residents face significant difficulties in obtaining quality water suitable for human consumption. This study aims at evaluating the water quality used in a public school in the Santa Terezinha District, Municipality of Massaranduba, Paraíba. To this goal, a structured methodology has been developed, comprising several fundamental steps: initial visit with the purpose of recognizing

¹* Graduanda em Química Industrial. E-mail: annely.barbosa@aluno.uepb.edu.br

the environment in which the water is consumed, collection of water samples at predefined locations, conducting chemical and physico-chemical and microbiological analyses and, finally, consolidation of the results with the current regulations. Chemical and physico-chemical analyses revealed that the water in the school meets established drinking requirements, providing a guarantee that the critical parameters are within acceptable limits. However, microbiological analyses revealed a concern with the presence of total coliforms in samples collected from the kitchen filter of unit I, classroom 3 and 4 and cage. This highlights the lack of understanding by employees about the importance of regular cleaning of the filters and water boxes. Clearly emphasizing the importance of preventive maintenance to ensure that the cleanup of the filters and water boxes is carried out regularly. This will not only promote a healthier environment, but will also help to avoid unnecessary interruptions in the work processes.

Keywords: water quality; school environment; potability.

1 INTRODUÇÃO

A água é um dos recursos mais preciosos e essenciais para a vida, desempenhando um papel vital em todos os aspectos da existência humana e animal, bem como em uma série de atividades cotidianas. Porém, a distribuição da água em nosso planeta é um fator crítico para a sobrevivência e prosperidade da humanidade. Surpreendentemente, cerca de 97,5% de toda a água existente na Terra é salgada e, portanto, não é adequada para consumo direto. Isso deixa apenas uma pequena fração de 2,5% de água doce disponível para atender às nossas necessidades vitais.

De acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (BRASIL, 2017), essa parcela de 2,5% de água doce também apresenta desafios significativos. A maior parte dela, aproximadamente 69%, encontra-se aprisionada em geleiras e calotas polares. Cerca de 30% da água doce está armazenada em aquíferos subterrâneos. Por fim, apenas 1% da água doce disponível é encontrada em rios e lagos, tornando-a a fonte mais acessível para o consumo e uso na agricultura. Esses corpos d'água desempenham um papel fundamental na vida cotidiana das pessoas.

O Brasil é detentor de cerca de 12% de toda a água doce disponível no planeta. No entanto há uma distribuição desigual desses recursos em todo o território brasileiro. A região Norte do Brasil concentra aproximadamente 68,5% de todo o recurso hídrico do país. No entanto, é importante notar que essa região tem uma densidade populacional relativamente baixa, com apenas 4,12 habitantes por quilômetro quadrado. Em contraste, a região Nordeste enfrenta um desafio oposto. Com uma densidade populacional mais alta, cerca de 34,15 habitantes por quilômetro quadrado, e abrigando apenas 3,3% do recurso hídrico nacional, essa região experimenta uma pressão considerável sobre seus recursos hídricos (LIBÂNIO et al.2006; SUASSUNA, 2004).

A conscientização sobre a distribuição desigual e a escassez de água doce em nosso planeta é fundamental para promover a conservação e o uso responsável desse recurso vital. À medida que enfrentamos desafios crescentes relacionados às mudanças climáticas e ao crescimento populacional, a gestão inteligente da água torna-se cada vez mais crítica para garantir um futuro sustentável para as gerações futuras (BRASIL, 2017).

Os dados alarmantes sobre o acesso limitado à água tratada e serviços adequados de saneamento básico em nosso mundo são um chamado urgente para a ação global. Com um bilhão e duzentos milhões de pessoas, o que equivale a 35% da população global, privadas de

acesso à água tratada, e um bilhão e oitocentos milhões de pessoas, representando 43% da população mundial, vivendo sem serviços de saneamento adequados, o mundo vem enfrentando uma crise humanitária. Tais condições precárias de acesso à água potável e saneamento básico têm consequências devastadoras para a saúde pública. A triste constatação de que dez milhões de pessoas perdem suas vidas anualmente devido a doenças intestinais transmitidas pela água é um lembrete doloroso de que a falta de acesso a serviços essenciais tem um custo humano inaceitável (CETESB, 2023).

As Estações de Tratamento de Água (ETAs) desempenham um papel vital na transformação da água bruta em água potável, seguindo as diretrizes estabelecidas na Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, do Ministério da Saúde. Elas empregam uma série de processos meticulosos para alcançar esse objetivo, com destaque para a coagulação, floculação, decantação e filtração. (TSUTIYA, 2001).

Considerando todas as questões mencionadas anteriormente e reconhecendo plenamente a importância crucial da disponibilidade de água tratada para garantir a saúde e o bem-estar de uma população, este estudo tem como objetivo avaliar a qualidade da água utilizada em uma escola pública localizada no Distrito de Santa Terezinha, no Município de Massaranduba, Paraíba.

Ao abordar essa questão de vital importância, o trabalho pretende contribuir para a conscientização sobre a necessidade de garantir água potável segura em ambientes educacionais e ressaltar a importância do monitoramento constante da qualidade da água nas instituições de ensino.

2 ÁGUA, SAÚDE E A REGULAÇÃO PARA CONSUMO HUMANO

É fundamental lembrar que aproximadamente 97,5% da água na Terra é salgada ou inadequada para o consumo humano direto, deixando apenas uma pequena parcela como água doce disponível. Além disso, a maior parte dessa água doce está localizada em regiões de difícil acesso. Portanto, minimizar as perdas de água não apenas conserva esse recurso precioso, mas também protege o meio ambiente e assegura que as futuras gerações tenham acesso a água limpa e segura para suas necessidades básicas (BRASIL, 2021).

2.1 Retorno da água aos corpos hídricos

O ciclo da água, quando utilizada em atividades domésticas e econômicas, é composto por três etapas distintas: retirada, consumo e retorno.

Retirada é a fase em que a água é coletada de fontes naturais, como rios, lagos, aquíferos ou reservatórios, para atender às necessidades de abastecimento público, industrial, agrícola ou doméstico. Essa água é capturada, tratada e distribuída para os consumidores por meio de sistemas de abastecimento.

Durante a fase de consumo, a água é usada para diversas finalidades, como beber, tomar banho, lavar roupas, cozinhar, irrigar plantações, resfriar processos industriais, entre outros. O consumo representa a parcela de água que é efetivamente usada para essas atividades.

O retorno refere-se à água que, após o consumo, é descartada e retorna ao meio ambiente, geralmente na forma de águas residuais ou esgoto. Essa água pode conter contaminantes e poluentes resultantes das atividades humanas, tornando o tratamento necessário antes de ser devolvida a corpos hídricos, como rios e lagos. O tratamento de esgoto é crucial para remover substâncias nocivas e proteger a qualidade da água e a saúde pública.

De acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (BRASIL, 2017), aproximadamente 80,0% do volume de água utilizado para abastecimento urbano no Brasil se transforma em esgoto. Isso destaca a importância dos sistemas de tratamento de esgoto para

garantir que a água retornada ao meio ambiente esteja em conformidade com padrões de qualidade e não represente riscos para a saúde e o ecossistema. O tratamento adequado do esgoto é essencial para preservar a qualidade da água e promover a sustentabilidade ambiental em todo o país.

2.2 Processo de tratamento da água

O consumo de água de qualidade tornou-se uma preocupação de saúde pública no século XIX, especialmente após a devastadora epidemia de cólera em Londres, que matou cerca de 500 pessoas apenas nos primeiros dez dias (SANTOS, 1994).

O epidemiologista John Snow dedicou-se à investigação da causa da devastadora epidemia de cólera que assolou Londres. Snow estudou duas áreas abastecidas por diferentes fontes de água: uma do rio Tâmesa e outra de uma nascente pura. As observações confirmaram que a doença estava relacionada à ingestão de água contaminada. Anos depois, Robert Koch identificou o agente causador da cólera, o *vibrio cholerae*. A tese de John Snow foi reconhecida como crucial para compreender a transmissão da doença (ALMEIDA, 2011).

Ainda de acordo com Almeida (2011), os estudos de Snow desencadearam notáveis progressos na compreensão da ligação entre água poluída e enfermidades. A importância da pureza da água passou a ser um tópico de relevância no âmbito da saúde coletiva.

O processo de tratamento da água tem a finalidade de atender a uma variedade de objetivos, como por exemplo, os aspectos higiênicos, onde a prioridade do tratamento da água é assegurar a saúde pública, o que envolve a remoção de bactérias, protozoários, vírus e outros microrganismos prejudiciais, bem como a eliminação de substâncias nocivas. Além disso, busca-se reduzir o excesso de impurezas e controlar os níveis elevados de compostos orgânicos potencialmente prejudiciais (KRESKI et al., 2019).

No aspecto econômico o tratamento da água desempenha um papel crucial na preservação das infraestruturas de abastecimento de água. Ele reduz a corrosividade da água, que pode causar danos às tubulações e equipamentos ao longo do tempo. Também contribui para a economia, resolvendo questões como turbidez, excesso de ferro e manganês, otimizando a eficiência operacional e prolongando a vida útil das instalações (KRESKI et al., 2019).

No Estado da Paraíba, o tratamento para produção de água potável é feito através das estações de tratamento (ETAs) da CAGEPA. São 224 localidades (200 cidades sede de municípios e 24 distritos e povoados) atendidas pelo serviço da CAGEPA. A população urbana atendida com serviço de água é de 2.789.463 e a população urbana atendida com serviço de esgoto é de 1.177.816 (CAGEPA, 2015).

A avaliação das necessidades de tratamento e os procedimentos necessários são definidos com base em inspeções sanitárias e nos resultados de análises físico-químicas e bacteriológicas. O processo de tratamento de água é composto por nove fases distintas que garantem a qualidade e segurança do abastecimento de água potável.

Na fase inicial do processo de tratamento de água, durante a etapa de captação, um sistema de grades é empregado para evitar a entrada de elementos macroscópicos grosseiros, tais como folhas e animais mortos. Além disso, a presença de partículas microscópicas em suspensão ou solução, como argila, apresenta um desafio adicional de remoção, dada a sua resistência ao depósito fácil (CESAR et al., 2019).

Posteriormente, as etapas de coagulação e floculação são implementadas. Nesse contexto, coagulantes, como Sulfato de Alumínio e Cloreto Férrico, são utilizados para aglomerar as impurezas presentes na água em flocos maiores, que podem ser removidos por decantação. A adição de alcalinizantes, como Cal Hidratada ou Cal Virgem, é frequentemente necessária para corrigir o pH, otimizando a eficácia do coagulante. A coagulação promove o

agrupamento de impurezas, enquanto a floculação favorece a formação efetiva de flocos (CAESB, s.d.).

Segue-se a fase de decantação, onde a água, não mais agitada, permite que os flocos se depositem no fundo, sendo conduzidos para tanques de depuração. O lodo resultante pode ser transformado em adubo em biodigestores. A água mais clarificada é direcionada para o filtro de areia (CESAR et al., 2019).

Na etapa subsequente de filtração, a água decantada passa por unidades filtrantes, compostas por meio poroso granular, geralmente areia, que retém e remove impurezas remanescentes (CAESB, s.d.).

A desinfecção é realizada mediante o uso de agentes físicos ou químicos (desinfetantes) para destruir microrganismos patogênicos. A fluoretação, através de compostos à base de flúor, é adotada para reduzir a incidência de cárie dentária em até 60%, contribuindo para a saúde bucal (CAESB, s.d.).

Ao término do processo, a água tratada é armazenada em grandes reservatórios estrategicamente posicionados em áreas elevadas, garantindo um suprimento confiável. A distribuição é realizada a partir desses reservatórios para residências, comércios e indústrias, assegurando o acesso a água limpa e segura. O sistema de abastecimento de água é continuamente monitorado para garantir a qualidade e segurança do abastecimento (CESAR et al., 2019).

2.3 Parâmetros da potabilidade da água

Considerando a existência de diversos tipos de uso da água, os critérios que determinam a sua qualidade são igualmente variados, desde os parâmetros físicos, químicos e biológicos a orgânicos e inorgânicos.

É crucial implementar um processo de tratamento de água eficaz e estabelecer sua distribuição de maneira adequada, visando assegurar a excelência e a adequação para o consumo humano. Essa excelência na qualidade da água desempenha um papel fundamental na redução das ameaças à saúde daqueles que a ingerem.

A água potável para consumo, tem um padrão distinto da água usada pela indústria, irrigação ou recreação. A Tabela 1 apresenta os principais parâmetros químicos, físicos e microbiológicos de potabilidade da água investigados nesse estudo, juntamente com os valores permitidos pela portaria vigente do GM/MS nº 888/2021.

Tabela 1 - Valores de referência para água potável.

Parâmetro	Valor máximo permitido (VMP)	
pH	6,0 - 9,0	
Alcalinidade	80-120	ppm CaCO ₃
Cloreto	250	mg/L
Dureza total	300	ppm CaCO ₃
Turbidez	5	uT
Condutividade	10 - 1000	µS/cm
Coliformes Totais	Ausência	
Escherichia coli	Ausência	

Fonte: Portaria do GM/MS nº 888/2021.

Cada parâmetro avaliado confere características que precisam estar adequadas para garantir a segurança do consumo direto da água por seres humanos ou animais. A condição de

potabilidade requer a ausência de contaminantes e a limitação de compostos que agreguem propriedades organolépticas indesejáveis. A seguir, uma breve descrição dos parâmetros listados anteriormente na Tabela 1 e comentário sobre fatores físicos também importantes como a cor e temperatura.

2.3.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)

A magnitude do pH possui relevância significativa no contexto da água, uma vez que exerce uma influência substancial sobre os organismos aquáticos. Além disso, pode servir como um possível sinal de alerta quanto ao crescimento da poluição ou à modificação de variáveis ambientais. O pH, cuja sigla corresponde ao potencial de hidrogênio, atua como uma avaliação da acidez ou alcalinidade da água.

A variação nos níveis de pH pode ter origens diversas, seja de forma natural, como proveniente da dissolução de rochas ou resultante de processos biológicos, como a fotossíntese, ou de maneira antropogênica, advinda de descartes domésticos e industriais. Em sistemas de abastecimento de água, valores de pH abaixo do ideal podem contribuir para a corrosividade e agressividade da água, enquanto valores elevados aumentam o risco de incrustações (Ministério da Saúde, 2006).

Conforme destacado por Matta (2010), no contexto biológico, a água é absorvida pelo organismo por meio do trato digestivo e excretada pelos rins. A ingestão contínua de água com características ácidas ao longo do tempo pode desencadear uma série de problemas de saúde, incluindo gastrite, úlcera e potencialmente contribuir para o desenvolvimento de câncer estomacal.

A maioria predominante dos corpos de água terrestres exibe um intervalo de pH situado entre 6 e 8. No entanto, é possível deparar-se com cenários onde os níveis de pH são mais ácidos ou mais alcalinos. Em ambas as situações, esses ecossistemas abrigam comunidades de plantas e animais que possuem características distintas e adaptadas às condições específicas de pH presentes no ambiente (SILVA, 2019).

Conforme as diretrizes estabelecidas na Portaria 888/2021 do Ministério da Saúde, é recomendável que o pH da água esteja mantido dentro da amplitude de 6,0 a 9,0 no contexto do sistema de distribuição de água segura para consumo (BRASIL, 2021).

2.3.2 Alcalinidade

A alcalinidade da água é o resultado da combinação das várias formas de alcalinidade presentes. Ela reflete a quantidade de hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos na água, sendo expressa em termos de carbonato de cálcio. A alcalinidade indica a capacidade da água de neutralizar ácidos (BRASIL, 2013).

No manual prático da FUNASA (2013), é destacado que a alcalinidade desempenha um papel crucial no tratamento de água, uma vez que ela determina a quantidade adequada de produtos químicos a serem adicionados ao processo. Isso ressalta a importância da alcalinidade no ajuste e no sucesso do tratamento de água.

2.3.3 Cloretos

Todas as águas naturais possuem íons resultantes da dissolução de minerais, em diferentes proporções. Os íons cloreto (Cl^-) provêm da dissolução de sais presentes na água (VON SPERLING, 2014).

O cloreto, frequentemente empregado na forma de hipoclorito de sódio, é incorporado à água devido à sua propriedade desinfetante, atribuída à liberação de íons de cloro ativo durante

a dissolução. Esta ação desinfetante é crucial para inativar microrganismos patogênicos, incluindo bactérias, vírus e parasitas, contribuindo assim para a segurança microbiológica da água. Concentrações elevadas de íons cloreto na água podem impor restrições ao seu uso devido ao sabor acentuado que conferem, assim como pela possível indução de efeitos laxativos (BRASIL, 2013). Em águas onde o íon predominante é o sódio, uma concentração de 250 mg Cl⁻/L pode resultar em um sabor salino detectável. Por outro lado, em sistemas onde os cátions predominantes são cálcio ou magnésio, a percepção do sabor salino pode ocorrer apenas em concentrações de cloreto superiores a 1000 mg Cl⁻/L.

É importante observar que, concentrações elevadas de cloretos na água podem indicar contaminação por efluentes domésticos ou industriais (POHLING, 2009). Portanto, na regulamentação da qualidade da água potável, a Portaria estabelece um valor máximo permitido de 250 mg/L para concentrações de cloreto (BRASIL, 2021). Essa medida visa garantir a aceitabilidade organoléptica da água e minimizar riscos potenciais à saúde pública associados a níveis excessivos de cloreto.

2.3.4 Dureza

A dureza da água pode ser categorizada como dureza temporária ou permanente, dependendo do ânion ao qual está ligada. A dureza temporária está associada à alcalinidade, enquanto outras formas de dureza são consideradas permanentes (VON SPERLING, 2014).

Von Sperling (2014) destaca que não existem provas de que a dureza da água cause problemas de saúde, e alguns estudos realizados em regiões com níveis mais altos de dureza sugeriram uma menor prevalência de doenças cardíacas.

A medida da dureza é expressa em miligramas por litro (mg/L) de equivalente em carbonato de cálcio (CaCO₃), conforme classificação na Tabela 2.

Tabela 2 - Classificação da água quanto a dureza.

Valor (ppm CaCO ₃)	CLASSIFICAÇÃO
Menor que 50 mg/L	Água Mole
Entre 50 mg/L e 150 mg/L	Dureza Moderada
Entre 150 mg/L e 300 mg/L	Água Dura
Maior que 300 mg/L	Água Muito Dura

Fonte: BRASIL, 2006.

A origem específica da dureza da água reside nos íons de cálcio, magnésio e outros elementos (Fe, Mn, Cu, Ba, etc.), sendo quantificada em termos de teores de CaCO₃. Esses constituintes contribuem para o fenômeno de incrustação e representam desafios no processo de cozimento de alimentos (Feitosa et al., 2008).

Há uma correlação significativa entre os componentes presentes nas rochas e a composição da água, uma vez que estas estão suscetíveis a processos de intemperismo físico, químico e biológico. O produto resultante dessas transformações dependerá dos minerais envolvidos e outros fatores (Feitosa et al., 2008).

O cenário hídrico da Paraíba é caracterizado pela predominância de águas superficiais e de poços com elevada dureza. A dureza, atribuída à presença significativa de íons de cálcio e

magnésio, é uma manifestação das propriedades geológicas da região, notadamente devido à presença de rochas calcárias.

Essa condição geológica contribui para a composição química das águas, conferindo-lhes características de dureza acentuada.

A Portaria Ministério da Saúde nº 888/2021 estabelece para dureza total o teor de 300 mg/L em termos de CaCO_3 como o valor máximo permitido para água potável (BRASIL, 2021).

2.3.5 Turbidez

A falta de transparência da água, ou turbidez, ocorre quando partículas sólidas ficam suspensas nela. Esse fenômeno pode ser desencadeado não apenas por elementos como algas, plâncton, matéria orgânica e substâncias como zinco, ferro, manganês e areia, mas também devido à erosão natural do solo ou à introdução de poluentes através de descargas provenientes de atividades domésticas e industriais. A turbidez não apenas prejudica a visibilidade da água, mas também pode indicar a presença de impurezas, destacando a importância de controlar e monitorar esse aspecto para garantir a qualidade da água e a preservação do ambiente aquático (BRASIL, 2013).

De acordo com a FUNASA (2013) a turbidez desempenha um papel significativo no processo de tratamento da água. Quando a água apresenta alta turbidez, isso pode resultar na formação de aglomerados de partículas mais pesados, que decantam mais rapidamente do que as partículas em água com baixa turbidez. No entanto, essa característica também tem suas desvantagens, especialmente no que diz respeito à desinfecção da água, pois a turbidez pode agir como uma barreira protetora para micro-organismos, dificultando a ação eficaz dos desinfetantes. Além disso, a turbidez é um indicador importante em termos de saúde pública e um critério organoléptico para avaliar a qualidade da água destinada ao consumo humano.

De acordo com a Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde, os valores estabelecidos para a turbidez da água são os seguintes:

- Para águas subterrâneas, o valor permitido de turbidez é de 1,0 uT;
- Para água de filtração direta, o limite estabelecido é de 0,5 uT;
- No caso de água de filtração lenta, o valor máximo tolerado também é de 1,0 uT;
- Quanto à água distribuída, o limite superior permitido para turbidez é de 5,0 uT.

Esses valores são importantes para garantir a qualidade da água que consumimos e são estabelecidos para proteger a saúde pública. É essencial que as fontes de água e sistemas de tratamento estejam em conformidade com esses padrões para assegurar a segurança da população.

2.3.6 Condutividade

A condutividade emerge como um parâmetro fundamental para monitorar e avaliar o estado e a qualidade da água. Em regiões tropicais, esse índice está intrinsecamente ligado às características geoquímicas locais e às condições climáticas, especialmente a periodicidade das precipitações. Durante o período chuvoso, a condutividade elétrica tende a diminuir devido ao aumento do fator de diluição dos íons. No entanto, é importante ressaltar que o lançamento de efluentes industriais pode elevar os níveis de condutividade elétrica independentemente da sazonalidade (Esteves, 2011).

Segundo Von Sperling (2007) as águas naturais geralmente apresentam valores na faixa de 10 a 100 $\mu\text{S cm}^{-1}$. Em ambientes impactados por esgotos domésticos ou industriais, os valores podem atingir até 1000 $\mu\text{S cm}^{-1}$.

2.3.7 Cor

A coloração da água é, de fato, influenciada pela presença de partículas minúsculas, como os coloides, que podem ser de origem orgânica ou mineral. A presença de ácidos húmicos em áreas com vegetação densa pode contribuir para a água ter uma coloração mais escura devido à dispersão dessas substâncias. Isso é comum em ambientes naturais, como florestas tropicais, onde a decomposição da matéria orgânica contribui para a presença desses ácidos na água, dando-lhe uma tonalidade mais escura.

Conforme a portaria de nº 888/2021 do Ministério da Saúde, o valor máximo permitido para a cor aparente na água destinada ao consumo humano é de 15uH (BRASIL, 2021), essa norma estabelece um padrão de qualidade para garantir que a água seja adequada e segura para o consumo humano em termos de sua cor aparente. Isso é importante para manter a saúde pública e a qualidade da água potável.

Segundo Von Sperling (2014) a coloração natural da água, embora não seja intrinsecamente prejudicial à saúde, pode suscitar dúvidas quanto à sua qualidade para alguns consumidores. Em adição, ao tratar água que contenha matéria orgânica dissolvida responsável pela cor através da cloração, podem ser produzidos subprodutos potencialmente carcinogênicos, como o clorofórmio. Quando se trata da origem industrial da coloração da água, a situação é mais complexa, pois essa água pode ou não apresentar toxicidade, dependendo da natureza dos produtos químicos e poluentes envolvidos. Portanto, é crucial realizar análises detalhadas para avaliar a qualidade da água industrialmente afetada e garantir que ela seja segura para seu uso pretendido.

2.3.8 Temperatura

A medição da temperatura, que é a medida da intensidade do calor, desempenha um papel crucial no monitoramento da qualidade da água e na compreensão dos ecossistemas aquáticos. O Portal Tratamento de Água (2015) pontua que este parâmetro é de extrema importância, pois influencia várias propriedades da água, como densidade, viscosidade, oxigênio dissolvido, e suas variações têm reflexos significativos sobre a vida aquática e o equilíbrio dos ecossistemas aquáticos.

Portanto, a monitorização contínua da temperatura da água é essencial para avaliar a saúde dos ecossistemas aquáticos, prever impactos ambientais e tomar medidas adequadas para proteger a vida aquática e a qualidade da água. As variações na temperatura da água são indicadores importantes das mudanças ambientais e climáticas que afetam nossos sistemas aquáticos.

2.3.9 Parâmetros Microbiológicos

De acordo com a FUNASA (2013) o exame microbiológico da água tem como seu principal objetivo avaliar a garantia de que a água não representa um risco para a saúde devido à presença de micro-organismos causadores de doenças. Esses micro-organismos, em grande parte, têm origem na contaminação por fezes humanas e de animais de sangue quente. É importante destacar que a maioria dos micro-organismos encontrados em águas naturais não apresenta riscos à saúde humana. No entanto, a contaminação por esgoto sanitário pode introduzir micro-organismos que são potencialmente prejudiciais à saúde.

Para avaliar a qualidade microbiológica da água, são escolhidas bactérias indicadoras, que atuam como sinalizadores da possível presença de patógenos. Um grupo amplamente utilizado para esse propósito é o dos coliformes, sendo a *Escherichia coli* (*E. coli*) a principal representante. A presença de *E. coli* na água é um indicativo claro de contaminação fecal e

sugere que a água pode conter patógenos que representam sérios riscos à saúde humana (BRASIL, 2013).

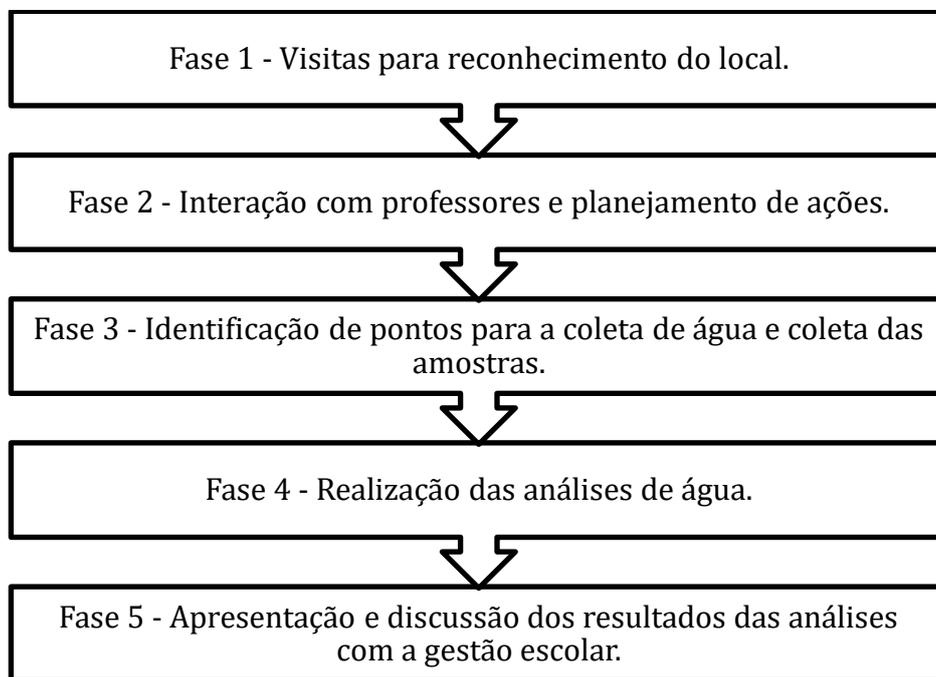
A Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde estabelece diretrizes específicas visando garantir a segurança da água destinada ao consumo humano. A conformidade da água potável com os padrões microbiológicos preconizados é requisito fundamental. No âmbito do controle de qualidade hídrica, a identificação de amostras com resultados positivos para coliformes totais e *Escherichia coli*, mesmo em testes presuntivos, demanda a implementação de medidas corretivas, a fim de salvaguardar a integridade sanitária do recurso hídrico. (BRASIL, 2021).

3 METODOLOGIA

A pesquisa foi conduzida em uma escola pública situada no distrito de Santa Terezinha, na cidade de Massaranduba, na região do agreste paraibano. A escola encontra-se em reforma, por isso está funcionando em duas unidades provisórias, designadas por U1 e U2. Ambas as unidades foram alvo de avaliação.

A abordagem nas unidades em estudo seguiu um processo dividido em algumas etapas, assim como pode ser observado na Figura 1:

Figura 1 – Plano de atividades realizado na escola.



Fonte: Elaborada pela autora, 2023.

Na Fase Inicial, foram conduzidas visitas para o reconhecimento do ambiente escolar. Na subsequente fase de interação, estabeleceu-se um diálogo significativo com os funcionários, paralelamente à coleta de informações cruciais relacionadas ao abastecimento hídrico.

Na etapa seguinte, procedeu-se à identificação estratégica dos pontos para coleta de água, seguida pela realização de amostragens específicas. Dentre os pontos predefinidos, destacam-se: torneira da cozinha (U1 e U2), filtro da cozinha (U1 e U2), torneira (U1), caixa de água (U1), sala de aula 3 e 4 (U1), e balde (U2).

Na Fase 4, aprofundou-se o estudo por meio de análises químicas, físico-químicas e microbiológicas conduzidas nos laboratórios do Departamento de Química da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), proporcionando uma avaliação quantitativa das condições de qualidade da água disponível na escola.

As determinações foram realizadas utilizando metodologias analíticas clássicas. Para estimar a Alcalinidade, utilizou-se o método titulométrico com solução padrão de ácido sulfúrico, usando indicadores de Fenolftaleína e Alaranjado de Metila. Para aferição de Cloretos seguiu-se o método de Mhor, com titulação direta das amostras frente ao padrão de Nitrato de Prata. Para o exame da dureza, usou-se titulometria com padrão de EDTA. As medidas de pH, turbidez e condutividade foram obtidas por meio instrumental próprio. Os ensaios microbiológicos foram desenvolvidos pelo método rápido Colilert. Todos os valores obtidos foram comparados ao padrão de potabilidade dado pela Legislação Ambiental vigente, Portaria do GM/MS nº 888/2021.

Como ação final, dedicou-se tempo à apresentação e discussão dos resultados das análises com a gestão escolar, seguida por sugestões visando contribuir para melhoria das inadequações constatadas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante as visitas efetuadas à instituição educacional, foi possível obter uma avaliação abrangente do ambiente físico e da infraestrutura disponível. Notou-se que a escola está operando em duas unidades, caracterizadas por uma estrutura improvisada. Em linhas gerais, os espaços apresentam-se adequadamente conservados, limpos e organizados, não evidenciando quaisquer elementos prejudiciais à higiene, configurando um aspecto positivo para o ambiente educacional. Na Figura 2 pode-se verificar a fachada de uma das Unidades.

Figura 2 – Vista lateral da unidade escolar.



Fonte: Elaborada pela autora, 2023.

Nos diálogos mantidos com os colaboradores da instituição, obtiveram-se informações essenciais acerca do fornecimento de água no local. Relatos indicaram que a oferta de água é irregular, frequentemente sujeita a interrupções na rede de distribuição. Como medida preventiva, a escola orienta os discentes a providenciarem água de origem domiciliar. Destaca-se também a presença de filtros de barro nas salas designadas para os estudantes mais jovens, evidenciando uma iniciativa em assegurar uma fonte confiável de água potável.

Em decorrência das constantes interrupções no fornecimento hídrico, a escola adota a prática de utilizar um recipiente na cozinha, desempenhando a função de reservatório para armazenamento de água destinada às diversas necessidades diárias, como cozimento, higienização de alimentos e limpeza de utensílios. As imagens dos filtros de barro e do recipiente para armazenamento de água na cozinha podem ser vistas na Figura 3.

Figura 3 – Imagens dos Filtros de barro nas salas de aula e do balde utilizado para armazenamento de água na cozinha.



Fonte: Elaborada pela autora, 2023.

Adicionalmente, identificou-se a presença de uma cisterna na escola, entretanto, esta é alocada exclusivamente para atividades de limpeza geral, dada a ausência de garantias suficientes quanto à potabilidade da água contida nesse reservatório.

4.1 Resultados das análises físico-químicas na Unidade 1

No âmbito da análise da qualidade da água, destaca-se que a provisão hídrica na instituição educacional é proveniente do sistema público de abastecimento, sendo direcionada diretamente a uma caixa d'água central, a partir da qual é distribuída para as instalações escolares. Na área da cozinha, encontra-se um filtro de barro equipado com velas de cerâmica, utilizado diretamente pelos funcionários.

Na tabela 3, observa-se que todos os parâmetros físico-químicos analisados na Unidade 1 situam-se dentro dos limites estabelecidos pelo Valor Máximo Permissível (VMP) preconizado pela Legislação Brasileira (BRASIL, 2021).

Tabela 3 - Valores obtidos na análise das amostras coletadas na Unidade I.

Parâmetro	Filtro da cozinha	Torneira da cozinha	Torneira de fora	Caixa de água	VMP
Cloreto (mg/L)	63,81	62,04	60,26	60,26	250
Dureza total (ppm CaCO ₃)	103,84	96,33	91,33	100,1	300
Turbidez (uT)	2	3	3	0	5
Condutividade (μS cm ⁻¹)	336,6	326,9	322,4	310,6	10 - 1000
pH	8,00	7,38	7,47	8,04	6,0 - 9,0
Alcalinidade (ppm CaCO ₃)	Não detectável	Não detectável	Não detectável	Não detectável	80-120

Fonte: Elaborada pela autora, 2023.

Cada ponto de coleta foi submetido a uma avaliação metódica visando averiguar a qualidade da água consumida pelos colaboradores. Uma análise detalhada ratificou que os parâmetros medidos estão em conformidade com os padrões estabelecidos pelas normas de potabilidade, o que é congruente com as expectativas, considerando a natureza estacionária da

água. É certo que estando a água armazenada há propensão à precipitação das partículas sólidas, resultando em porções superficiais com menores indicativos dos parâmetros químicos investigados.

Este fenômeno de sedimentação de sólidos em repouso é reflexo direto para os baixos valores observados para a turbidez, dureza total e cloretos. A água estagnada propicia condições ideais para a separação por sedimentação de sólidos em suspensão, corroborando, assim, os resultados analíticos obtidos.

4.2 Resultados das análises físico-químicas na Unidade 2

A instituição educacional recebe abastecimento de água tratada proveniente da companhia de abastecimento público. Entretanto, devido a interrupções recorrentes no fornecimento, torna-se imperativo implementar estratégias de armazenamento. No contexto da Unidade 2, foram conduzidas coletas de amostras provenientes do filtro e da torneira da cozinha, bem como de um recipiente utilizado para o armazenamento da água na cozinha, destinado às atividades gerais do setor.

Constata-se na Tabela 4 que todos os parâmetros analisados na Unidade 2 encontram-se dentro dos limites estabelecidos pelo Valor Máximo Permissível (VMP) preconizado pela Legislação Brasileira (BRASIL, 2021).

Tabela 4 - Valores obtidos na análise das amostras coletadas na Unidade 2.

Parâmetro	Filtro da cozinha	Torneira da cozinha	Balde	VMP
Cloreto (mg/L)	63,81	60,27	60,27	250
Dureza total (ppm CaCO ₃)	101,34	102,9	95,08	300
Turbidez (uT)	3	2	1	5
Condutividade (µS cm ⁻¹)	321,1	322,4	312,9	10 - 1000
pH	7,52	7,24	7,88	6,0 - 9,0
Alcalinidade (ppm CaCO ₃)	Não detectável	Não detectável	Não detectável	80-120

Fonte: Elaborada pela autora, 2023.

O processo de tratamento de água tem como objetivo primário a redução da concentração de partículas sólidas que possam comprometer sua qualidade. No contexto das amostras da unidade 2 analisadas, especificamente em relação aos parâmetros físico-químicos, verificou-se que a água está em total conformidade com os padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria do Ministério da Saúde. Este resultado é congruente com as expectativas, considerando a estacionaridade da água, na qual a tendência natural é a precipitação das partículas sólidas, resultando em uma camada superior de água com menos interferentes químicos.

4.3 Avaliação microbiológica da água coletada

As análises microbiológicas representam um componente crucial da avaliação da qualidade e segurança de ambientes e produtos. Neste estudo, além das análises físico-químicas, concentramos nossa atenção na avaliação da presença de micro-organismos em diversas áreas das Unidades 1 e 2. As amostras foram coletadas em pontos estratégicos, incluindo o filtro da

cozinha nas duas unidades, as salas de aula 3 e 4 na Unidade 1 e um balde usado para armazenamento de água localizado na cozinha da Unidade 2.

Os resultados obtidos a partir dessas análises microbiológicas revelaram uma preocupação significativa com a presença de coliformes totais em quase todas as amostras analisadas. A Tabela 5 detalha os resultados dessas análises, destacando a presença de coliformes totais em cada ponto de coleta.

Tabela 5 - Valores obtidos na análise microbiológica das amostras coletadas.

	Amostras	Coliformes totais	E. Coli
UNIDADE 1	Sala de aula 3 (U1)	PRESENÇA	AUSÊNCIA
	Sala de aula 4 (U1)	PRESENÇA	AUSÊNCIA
	Filtro da cozinha (U1)	PRESENÇA	AUSÊNCIA
UNIDADE 2	Filtro da cozinha (U2)	AUSÊNCIA	AUSÊNCIA
	Balde (U2)	PRESENÇA	AUSÊNCIA

Fonte: Elaborada pela autora, 2023.

Essa descoberta é de grande relevância, uma vez que a presença de coliformes totais pode indicar a contaminação por agentes patogênicos potenciais e representa um risco para a saúde e segurança dos ocupantes desses ambientes. Portanto, é fundamental que sejam tomadas medidas corretivas e preventivas para resolução deste problema e garantir a qualidade microbiológica das áreas em questão. A implementação de procedimentos de higiene mais rigorosos, a manutenção adequada dos sistemas de água e a realização de limpezas regulares são algumas das ações que podem ser adotadas para solucionar esse desafio microbiológico.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises físico-químicas na escola atenderam às regulamentações legais, não excedendo os limites permitidos. Contudo, as análises microbiológicas revelaram não conformidades com a legislação vigente, identificando a presença de coliformes totais nos filtros de barro, tanto nas cozinhas quanto nas salas de aula, os quais são diretamente utilizados para consumo pelos alunos e funcionários. Além disso, foram encontrados coliformes totais no balde utilizado na limpeza geral da cozinha. A presença de coliformes sugere uma contaminação fecal, podendo originar-se de fontes animais ou humanas. Essa detecção indica uma possível fonte de transmissão de doenças relacionadas à água. Essas descobertas ressaltam a importância de medidas corretivas para garantir a segurança hídrica e a saúde dos indivíduos que frequentam a escola.

A problemática nas áreas rurais em relação à qualidade da água para consumo é significativa, em grande parte devido ao armazenamento inadequado. A incompreensão dos funcionários sobre a importância da limpeza regular dos filtros e caixas d'água é uma das principais causas. Mesmo que a água inicialmente saia limpa e livre de contaminantes da fonte de armazenamento, a falta de manutenção dos filtros pode levar à contaminação. Isso pode resultar em doenças transmitidas pela água, como diarreia, amebíase, cólera e outras.

É essencial que a escola tome medidas para melhorar a higiene nos locais identificados com a presença de coliformes totais. Além disso, é necessário realizar uma investigação mais abrangente para determinar com segurança se a água é apropriada para consumo ou se representa algum risco à saúde.

Os resultados foram compartilhados com os funcionários da escola, e foram ministradas palestras educativas, de maneira lúdica, para as crianças, com foco na educação ambiental. Este tipo de abordagem é fundamental para conscientizar sobre a importância da água limpa e segura, bem como sobre as práticas adequadas para mantê-la.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Maria Antónia Pires de. A epidemia de cólera de 1853-1856 na imprensa portuguesa. História, Ciências, Saúde – Manguinhos, Rio de Janeiro, v.18, n.4, out.-dez. 2011, p.1057-1071.

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Águas no mundo**. Brasília: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/cooperacao-internacional/agua-no-mundo>. Acesso em agosto de 2023.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. 4ª ed. rev.- Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2013. Acesso em setembro de 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de consolidação Nº 888, de 4 de maio de 2021. Procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, 2021. Acesso em agosto de 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano** / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia_controle_qualidade_agua.pdf. Acesso em novembro de 2023.

BRASIL. Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento – SNIS. Diagnóstico Temático Serviços de Água e Esgoto. Brasília: Disponível em: www.snis.gov.br. Acesso em setembro de 2023.

CAGEPA – Companhia de Água. Uma breve definição. Campina Grande, 2015.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **O problema da escassez de água no mundo**. CETESB, São Paulo. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/tpos-de-agua/o-problema-da-escasez-de-agua-no-mundo/>. Acesso em agosto de 2023.

ESTEVES, F.. Fundamentos de limnologia 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826 p.

FEITOSA, F. A. C.; FILHO, J. M.; FEITOSA, E.C.; DEMETRIO, J. G. A. **Hidrogeologia: Conceitos e aplicações**. Rio de Janeiro: CPRM/SGB, p. 344, 2008.

KRESKI, S. ABDALA, L. CESAR, C. PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO Programa de Pós-Graduação em Administração e Programa de Pós-Graduação em Economia FEA/PUC-SP **Sustentabilidade ods 6 água potável e saneamento**. [s.l: s.n.]. Disponível em: https://www.pucsp.br/sites/default/files/download/eventos/bisus/1-agua_potavel_saneamento.pdf. Acesso em setembro de 2023.

LIBÂNIO, M.; FERNANDES NETO, Maria de Lourdes; PRINCE, Aloísio de Araújo; SPERLING, Marcos Von; HELLER, Léo. **Consumo de água**. In: Léo Heller; Valter Lúcio de Pádua. (Org.). **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte: UFMG, 2006. v. 1, p. 109-151.

MATTA, M. **Que tipo de água está na sua mesa? O perigo da água ácida**. Beira do Rio, Jornal da Universidade Federal do Pará, 2010. Disponível em: <http://jornalbeiradorio.ufpa.br/novo/index.php/2010/114-edicao-84--junho-e-julho/1052-quetipo-de-agua-esta-na-sua-mesa>. Acesso em novembro de 2023.

POHLING, R. **Reações Químicas na Análise de Água**. Fortaleza: Editora Arte Visual Gráfica e Editora Ltda. – ME, p. 5, 2009.

QUALIDADE DA ÁGUA. **Portal Tratamento de Água**. 2015. Disponível em: <https://tratamentodeagua.com.br/artigo/qualidade-da-agua/> Acesso em setembro de 2023.

SANTOS, L. A. de C. **Um século de cólera: itinerário do medo**. Physis. v.4, n.1, p. 79-110, 1994. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/physis/v4n1/05.pdf>. Acesso em setembro de 2023.

SILVA, A. C. M. **Estudo da Qualidade das Águas das Principais Lagoas e Fontes Urbanas de Salvador-BA como Subsídio às Novas Políticas de Gestão Ambiental**. Tese de Doutorado. Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geologia, Área de Concentração: Geologia Ambiental, Hidrogeologia e Recursos Hídricos. Salvador, BA, 2019. Disponível em: [https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/34041/1/Ana_Carina_-_TESE%20\(3\).pdf](https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/34041/1/Ana_Carina_-_TESE%20(3).pdf). Acesso em agosto de 2023.

SUASSUNA, J. **Semiárido: Proposta de convivência com a seca**. Cadernos de Estudos Sociais, [S. l.], v. 23, n. 1-2, 2004. Disponível em: <https://fundaj.emnuvens.com.br/CAD/article/view/1388>. Acesso em novembro de 2023.

TSUTUYA, M. T.; HIRATA, A. Y. **Aproveitamento e Disposição Final de Lodos de Estação de Tratamento de Água do Estado de São Paulo**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21., 2001, João Pessoa. Anais... João Pessoa: ABES, 2001. 1 CD-ROM.

VON SPERLING, M. **Estudos de modelagem da qualidade da água de rios**. Belo Horizonte: UFMG, 2007. Vol. 7. 452 p.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus pelo dom da vida e por conceder tantas bênçãos. À minha mãe, Amara Aragão, pelo amor, apoio, exemplo e dedicação, tanto para mim quanto para meu filho, Otto Aragão. Agradeço a todos os meus familiares pela confiança depositada e pelo apoio prestado.

Ao meu companheiro, Daniel Almeida, agradeço imensamente por todo o apoio e companheirismo ao longo desta jornada. Sua presença e incentivo nas horas difíceis foram fundamentais para minha persistência.

Aos meus colegas de turma, em especial a Daniel Víctor e Leonardo Araújo, sou imensamente grata pelo conhecimento compartilhado e pelo apoio que tornaram esta jornada mais leve.

Às minhas grandes amigas Maria Celly e Marina Gonçalves, gostaria de agradecer por todo o apoio nos momentos difíceis, oferecendo suporte com palavras de encorajamento que foram a base para renovar minhas forças.

Gostaria de expressar minha gratidão eterna aos colegas Cláudio Wellinton e Isabelle Felix por compartilharem os dados das pesquisas que conduziram. A generosidade e colaboração deles foram fundamentais para o desenvolvimento e enriquecimento do trabalho.

À Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), agradeço a oportunidade concedida. Aos amigos, docentes e funcionários do Departamento de Química Industrial da UEPB, cuja presença foi fundamental para completar esta jornada.

Por fim, expresso com carinho minha gratidão à minha orientadora, Professora Veronica Evangelista de Lima Emerich, pelo apoio, confiança e parceria durante todo o curso. Agradeço também às Professoras Maristela Alves da Silva e Vera Lúcia Meira de Moraes Silva por aceitarem participar da banca avaliadora deste trabalho de conclusão de curso.