

**INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

ADRYELLE EVELLIN DOS SANTOS ARAÚJO

**LEVANTAMENTO E DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA POTÁVEL NOS
BEBEDOUROS DO IFAL - CAMPUS MACEIÓ**

Maceió/AL

2025

ADRYELLE EVELLIN DOS SANTOS ARAÚJO

LEVANTAMENTO E DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA POTÁVEL NOS
BEBEDOUROS DO IFAL - CAMPUS MACEIÓ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao IFAL - Campus Maceió como requisito para
a obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Orientadora: Profa. Ma. Tainara Ramos da
Rocha Lins de Brito Rodrigues

Co-orientadora: Profa. Ma. Maria Gabriela
Lira Rangel

Maceió/AL

2025



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal de Alagoas
Campus Maceió
Biblioteca Benevides Monte

628.1

A2371

Araújo, Adryelle Evellin dos Santos.

Levantamento e diagnóstico da qualidade da água potável nos bebedouros do Ifal – Campus Maceió [recurso eletrônico] / Adryelle Evellin dos Santos Araújo. – Dados eletrônicos (1 arquivo : 31,6 MB). – 2025.

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: Internet.

Orientação: Profa. Ma. Tainara Ramos da Rocha Lins de Brito Rodrigues.

Coorientação: Profa. Ma. Maria Gabriela Lira Rangel.

Trabalho de Conclusão de Curso – Artigo (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Alagoas, *Campus Maceió*, Maceió, 2025.

1. Engenharia Civil. 2. Engenharia sanitária. 3. Qualidade da água – Bebedouros – Ifal Maceió. 4. Coliformes totais. 5. *Escherichia coli*. I. Título.


Franciane Monick Gomes de França
Bibliotecária – CRB 4/1831

ADRYELLE EVELLIN DOS SANTOS ARAÚJO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao IFAL - Campus Maceió como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.


Aprovado em 17 de Dezembro de 2025.

Orientadora:

Documento assinado digitalmente
 TAINARA RAMOS DA ROCHA LINS DE BRITO ROI
Data: 14/01/2026 17:57:47-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Profa. Ma. Tainara Ramos da Rocha Lins de Brito Rodrigues / Campus Maceió

Coorientadora:


Documento assinado digitalmente
 MARIA GABRIELA LIRA RANGEL
Data: 14/01/2026 16:57:17-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Ma . Maria Gabriela Lira Rangel - IFAL / Campus Maceió

Banca examinadora:

Documento assinado digitalmente
 ALEXANDRE CUNHA MACHADO
Data: 15/01/2026 10:52:39-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Me. Alexandre Cunha Machado – IFAL / Campus Maceió

Documento assinado digitalmente
 WALTER PEREIRA VIANNA JUNIOR
Data: 15/01/2026 10:45:13-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Walter Pereira Vianna Júnior – IFAL / Campus Maceió

Maceió/AL

2025

Dedico este trabalho à minha mãe, Adriana, por ser minha base, minha força e meu porto seguro em todas as etapas da vida.

Às minhas irmãs, Anelise e Alyce, por compartilharem comigo amor, parceria e sorrisos que tornaram a caminhada mais leve.

E aos meus companheiros de quatro patas, Bailey e Romeu, que estiveram ao meu lado nos dias de cansaço e de vitória, lembrando-me sempre da beleza das pequenas coisas.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pela força, proteção e sabedoria em cada etapa da minha vida acadêmica, permitindo que eu chegasse até aqui com perseverança e fé.

Agradeço à minha mãe, Adriana dos Santos, por estar sempre ao meu lado, me apoiando com amor, coragem e incentivo incondicional.

Às minhas irmãs, Anelise Santos Ferro e Alyce Sandrielle Santos Ferro, que, com suas palavras e sorrisos, iluminaram meu caminho mesmo nos momentos mais difíceis.

Agradeço também aos meus companheiros de quatro patas, Bailey e Romeu. Bailey chegou no início da minha jornada na Engenharia, e Romeu veio quase no fim dela, acompanhando comigo cada fase dessa caminhada. Nos dias cansativos de estudo, eles foram acolhimento, alegria e motivo para continuar.

Manifesto a minha sincera gratidão à minha orientadora, Prof.^a Ma. Tainara Ramos da Rocha Lins de Brito Rodrigues, pela dedicação, paciência e confiança no desenvolvimento deste trabalho. À minha co-orientadora, Prof.^a Ma. Maria Gabriela Lira Rangel, pelo apoio essencial e contribuições que fortaleceram este estudo.

Agradeço ao Instituto Federal de Alagoas – Campus Palmeira dos Índios e Campus Maceió, por proporcionarem um ensino público de excelência e por serem espaços fundamentais na minha formação. Em Palmeira dos Índios vivi grande parte da minha graduação, construí bases sólidas de conhecimento e cresci como estudante. Em Maceió, concluí minha jornada, amadurecendo como futura profissional e como pessoa. A ambos, deixo meu sincero reconhecimento e gratidão.

Por fim, agradeço aos meus verdadeiros amigos, que sempre vibraram pelas minhas conquistas e estiveram presentes em todos os momentos, oferecendo apoio, compreensão e incentivo.

A todos, meu mais profundo e sincero agradecimento.

“Não herdei caminhos, mas o Senhor firmou
cada passo que dei.”

Inspirado em Salmos 37:23

RESUMO

Este trabalho apresenta o levantamento e o diagnóstico da qualidade da água potável dos bebedouros do Instituto Federal de Alagoas – IFAL, Campus Maceió, por meio de análises físico-químicas, microbiológicas e estruturais. Foram avaliados os parâmetros pH, condutividade elétrica e transmitância, utilizando metodologias laboratoriais padronizadas e comparando os resultados com os limites estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021. Além disso, foram realizadas análises microbiológicas para detecção de coliformes totais e *Escherichia coli*, com o objetivo de verificar possíveis contaminações de origem fecal. O estudo também incorporou um diagnóstico das condições estruturais dos bebedouros, considerando fatores como desgaste, higienização, estado das torneiras, tubulações e entorno imediato, os quais podem influenciar diretamente a qualidade da água ofertada. Os resultados permitiram identificar a conformidade dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos com a legislação vigente, bem como apontar unidades que necessitam de manutenção preventiva ou corretiva. Assim, este diagnóstico fornece subsídios para ações de melhoria contínua, contribuindo para a segurança sanitária e para a promoção da saúde da comunidade acadêmica do IFAL – Campus Maceió.

Palavras-chave: qualidade da água; bebedouros; coliformes totais; *escherichia coli*; portaria 888/2021.

ABSTRACT

This study presents the survey and diagnosis of the drinking water quality of the drinking fountains at the Federal Institute of Alagoas – IFAL, Maceió Campus, through physical-chemical, microbiological, and structural analyses. The parameters such as pH, electrical conductivity, and transmittance were evaluated using standardized laboratory methodologies and compared with the limits established by the Brazilian legislation GM/MS Nº. 888/2021. Microbiological analyses for the detection of total coliforms and *Escherichia coli* were also conducted to identify possible fecal contamination. In addition, a structural assessment of the drinking fountains was carried out, considering aspects such as use-related wear of the equipment, hygiene conditions, tap integrity, piping, and the surrounding environment, all of which may influence the quality of the water supplied to the academic community. The results made it possible to identify the conformity of the physical-chemical and microbiological parameters with current regulations, as well as to highlight units that require preventive or corrective maintenance. Therefore, this diagnosis provides technical support for continuous improvement actions, contributing to sanitary safety and promoting the health of students and staff at IFAL – Maceió Campus.

Key words: water quality; drinking fountains; total coliforms; *escherichia coli*; ordinance 888/2021.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo no IFAL - Campus Maceió.....	29
Figura 2: Fachada externa do local de estudo, IFAL - Campus Maceió.....	30
Figura 3 - Planta baixa do pavimento térreo - Levantamento inicial com a localização dos bebedouros.....	31
Figura 4 - Planta baixa do 1º pavimento - Levantamento inicial com a localização dos bebedouros.....	31
Figura 5 - Planta baixa do 2º pavimento - Levantamento inicial com a localização dos bebedouros.....	32
Figura 6 - Amostras para análises físico-químicas da água dos bebedouros.....	33
Figura 7 - Amostras para análises físico-químicas da água dos bebedouros.....	34
Figura 8 - Amostras para controle analítico - água mineral.....	34
Figura 9 - pHmetro Instrutherm.....	36
Figura 11 - Condutivímetro TecnoPON de modelo MCA-150P.....	37
Figura 12 - (A) Limpeza da cubeta com água destilada; (B) Descarte da água destilada após higienização da cubeta.....	39
Figura 13 - Espectrofotômetro NOVA 2000 com o comprimento de onda ajustado para 550,0 nm.....	40
Figura 14 - Interpretação dos resultados.....	41
Figura 15 - Condições dos filtros dos bebedouros (B01, B02 e B03) no levantamento inicial (julho/2025).....	44
Figura 16 - Condições dos filtros dos bebedouros (B04, B05 e B06) no levantamento inicial (julho/2025).....	45
Figura 17 - Condições dos filtros dos bebedouros (B07, B08 e B09) no levantamento inicial (julho/2025).....	45
Figura 18 - Planta baixa do pavimento térreo - Identificação dos bebedouros inoperantes.	46
Figura 19 - Planta baixa do 1º pavimento - Identificação dos bebedouros inoperantes....	47
Figura 20 - Planta baixa do 2º pavimento - Identificação dos bebedouros inoperantes....	47
Figura 21 - Bebedouro 01, localizado na entrada principal do Campus Maceió no pavimento térreo. A imagem mostra a identificação de cada torneira que foi coletada a amostra para análise.....	49
Figura 22 - Bebedouro 02, localizado no pátio do Campus Maceió no pavimento térreo. A imagem mostra a identificação de cada torneira que foi coletada a amostra para análise.....	50
Figura 23 - Bebedouro 03, localizado no bloco de Edificações do Campus Maceió no pavimento térreo. A imagem mostra a identificação de cada torneira que foi coletada a amostra para análise.....	50
Figura 24 - Bebedouro 05, localizado no bloco de Elétrica do Campus Maceió no pavimento térreo. A imagem mostra a identificação de cada torneira que foi coletada a amostra para análise.....	51
Figura 25 - Bebedouro 07, localizado no bloco de Física do Campus Maceió no 1º pavimento. A imagem mostra a identificação de cada torneira que foi coletada a amostra para análise.....	51

Figura 26 - Análises laboratoriais do pH, (A) - B03', (B) - B05'' e (C) - B07'	55
Figura 27 - Análises laboratoriais da condutividade elétrica, (A) - B03' e (B) - B07'	58
Figura 28 - Análises laboratoriais da condutividade elétrica, (A) - B02'' e (B) - B07''	58
Figura 29 - Amostras acondicionadas em tubos Falcon	62
Figura 30 - Preparação das amostras para análise pelo método COLItest®	63
Figura 31 - Resultado da análise após 22 horas na estufa bacteriológica a 35 ± 2 °C	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros de potabilidade da água.....	41
Tabela 2 - Checklist para inspeção dos bebedouros em funcionamento.....	52
Tabela 3 - Resultados da análise do pH das amostras de água dos bebedouros do Campus Maceió.....	53
Tabela 4 - Valores de condutividade elétrica das amostras de água coletadas nos bebedouros do IFAL – Campus Maceió.....	55
Tabela 5 - Valores de absorvância das amostras de água coletadas nos bebedouros do IFAL – Campus Maceió.....	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

pH - Potencial Hidrogeniônico

E. coli - Escherichia coli

B01 - Bebedouro 01 (Entrada principal - Térreo)

B02 - Bebedouro 02 (Pátio - Térreo)

B03 - Bebedouro 03 (Bloco de Edificações - Térreo)

B04 - Bebedouro 04 (Bloco de Mecânica - Térreo)

B05 - Bebedouro 05 (Bloco de Elétrica - Térreo)

B06 - Bebedouro 06 (Bloco de Informática - 1º Pavimento)

B07 - Bebedouro 07 (Bloco de Física - 1º Pavimento)

B08 - Bebedouro 08 (Bloco de Engenharia - 2º Pavimento)

B09 - Bebedouro 09 (Bloco de Química - 2º Pavimento)

IFAL - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas

MCA - Medidor de Condutividade da Água

ATC - *Automatic Temperature Compensation*

OMS - Organização Mundial de Saúde

Funasa - Fundação Nacional de Saúde

LISTA DE SÍMBOLOS

ml - mililitro

cm – centímetro

μ S - microsiemens

nm - nanômetro

microS/cm - microsiemens por centímetro

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. JUSTIFICATIVA	19
3. REVISÃO DE LITERATURA	21
3.1 Panorama nacional de vigilância da qualidade da água	21
3.2 Marco regulatório federal, estadual e municipal	21
3.3 Qualidade da água em instituições de ensino: evidências de pesquisas nacionais	23
3.4 Fatores estruturais e operacionais que comprometem a potabilidade no ponto de fornecimento	24
3.5 Parâmetros físico-químicos: princípios, interpretação e relevância para diagnóstico	24
3.5.1 pH	25
3.5.2 Condutividade elétrica	25
3.5.3 Transmitância óptica	26
3.6 Parâmetros microbiológicos: importância epidemiológica e estudos em instituições de ensino	26
3.7 Monitoramento, manutenção preventiva e fatores que influenciam o desempenho dos bebedouros	27
4. OBJETIVOS	28
4.1 Objetivo geral	28
4.2 Objetivos específicos	28
5. MATERIAIS E MÉTODOS	29
5.1 Caracterização da área de estudo	29
5.2 Coleta das amostras	32
5.3 Ensaio físico-químico	33
5.3.1 pH	35
5.3.2 Condutividade elétrica	37
5.4 Ensaio microbiológico	40
5.5 Registro estrutural dos bebedouros	41
5.6 Tratamento e organização dos dados	42
5.7 Caracterização técnica dos filtros instalados nos bebedouros	42
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES	44
6.1 Condições dos bebedouros no momento das análises	48
6.2 Análises físico-químicas	52
6.2.1 Integração dos resultados com o funcionamento dos filtros Aquaflo 200	61
6.3 Análise microbiológica	61
7. CONCLUSÕES	64
8. REFERÊNCIAS	66
9. APÊNDICE	68

1. INTRODUÇÃO

A disponibilidade de água potável de qualidade é um elemento fundamental para a promoção da saúde pública, especialmente em ambientes coletivos onde a concentração de pessoas eleva o risco de disseminação de doenças de veiculação hídrica. Em instituições educacionais, esse cuidado torna-se ainda mais relevante, pois a água fornecida pelos bebedouros é consumida diariamente por estudantes, servidores, trabalhadores terceirizados e visitantes. Garantir que essa água atenda aos padrões de potabilidade significa reduzir a exposição a microrganismos patogênicos e contaminantes físico-químicos capazes de provocar infecções gastrointestinais, surtos de diarreia, alterações metabólicas e outros agravos à saúde, que podem afetar diretamente o bem-estar, a frequência escolar e o desempenho acadêmico.

No Brasil, o padrão de potabilidade é regulamentado pela Portaria GM/MS nº 888/2021, que estabelece limites para parâmetros microbiológicos e físico-químicos, além de definir procedimentos de vigilância e monitoramento contínuo da água destinada ao consumo humano. Entre os parâmetros obrigatórios destacam-se o pH, a turbidez, a condutividade elétrica, o teor de cloro residual e a ausência de *Escherichia coli* e coliformes totais em 100 mL de amostra. De acordo com a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA, 2013), a manutenção desses parâmetros dentro dos valores recomendados é indispensável para prevenir riscos sanitários, uma vez que alterações podem indicar falhas no processo de tratamento, desgaste de componentes estruturais ou problemas na etapa final de distribuição.

Entretanto, mesmo quando a água fornecida pela concessionária responsável pelo abastecimento público da região atende aos padrões legais, é possível que a qualidade se deteriore dentro das próprias instalações da instituição. A literatura demonstra que práticas inadequadas de manutenção, formação de biofilme em tubulações, corrosão de componentes metálicos, instalação incorreta dos equipamentos e uso de filtros com vida útil expirada influenciam diretamente parâmetros como pH, condutividade elétrica, turbidez e presença de microrganismos (Queiroz *et al.*, 2017; Favoreti *et al.*, 2022; Santos; Ferreira; Andrade, 2020). Além disso, o desgaste natural dos filtros — especialmente os constituídos por carvão ativado — reduz a capacidade de adsorção de compostos orgânicos, podendo alterar características organolépticas e físico-químicas da água.

Pesquisas realizadas em instituições de ensino em Mossoró (RN), Timon (MA), Guarapuava (PR) e outros municípios brasileiros reforçam essa problemática ao identificarem inadequações microbiológicas, variações de pH, aumento da condutividade elétrica e anomalias em parâmetros ópticos associados ao acúmulo de partículas (Queiroz *et al.*, 2017; Amorim; Costa, 2022; Zulpô *et al.*, 2010). Esses estudos evidenciam que a etapa final de fornecimento de água — isto é, o ponto de consumo — depende não apenas da qualidade da água tratada, mas também do estado de conservação dos bebedouros e da periodicidade correta de substituição dos filtros.

Em ambientes escolares com grande circulação diária, como o Instituto Federal de Alagoas – Campus Maceió, onde, de acordo com a Diretoria de Ensino do Campus Maceió, mais de 6.000 (seis mil) pessoas transitam diariamente — distribuídas entre 5.500 estudantes, 330 docentes, 140 técnicos administrativos, 100 terceirizados, além de visitantes —, a elevada demanda pelo uso dos bebedouros intensifica o desgaste de componentes internos e aumenta a necessidade de monitoramento sistemático. Nesse contexto, torna-se essencial avaliar não apenas a qualidade da água fornecida, mas também o desempenho dos equipamentos, as condições dos filtros instalados e o histórico de manutenção realizado pela empresa responsável pelos bebedouros.

Apesar da relevância do tema, o campus não dispõe de estudos recentes que integrem avaliação físico-química, microbiológica e estrutural dos bebedouros utilizados pela comunidade acadêmica. Tal lacuna reforça a necessidade de um diagnóstico abrangente, que permita compreender de forma integrada o comportamento da água ao longo do sistema interno de distribuição — desde a chegada ao reservatório até o ponto final de fornecimento.

Diante desse cenário, este trabalho propõe-se a realizar um levantamento detalhado da qualidade da água fornecida pelos bebedouros do IFAL – Campus Maceió. O estudo contempla análises físico-químicas (pH, condutividade elétrica e transmitância da amostra), análises microbiológicas (coliformes totais e *Escherichia coli*), inspeção estrutural dos equipamentos e avaliação das características técnicas dos filtros instalados. A transmitância — parâmetro óptico utilizado neste trabalho — será posteriormente discutida nos resultados, considerando sua relação inversa com a absorvância (capacidade de uma substância absorver a radiação incidente em determinado comprimento de onda), princípio associado à Lei de Lambert-Beer, utilizada em medições espectrofotométricas.

Espera-se que os resultados obtidos contribuam para o aprimoramento das rotinas de manutenção preventiva, auxiliem na definição de um cronograma sistemático de substituição de filtros e fortaleçam as práticas de gestão da qualidade da água fornecida à comunidade acadêmica. Além disso, o estudo pretende fornecer informações que possibilitem a elaboração de um relatório técnico orientado à melhoria da manutenção dos bebedouros, o qual poderá apoiar futuras iniciativas de monitoramento e gestão da qualidade da água no IFAL - Campus Maceió.

2. JUSTIFICATIVA

A avaliação sistemática da qualidade da água fornecida nos bebedouros do IFAL – Campus Maceió torna-se necessária diante da elevada circulação de pessoas na instituição. Estimativas internas indicam que mais de seis mil usuários transitam diariamente pelo campus, o que intensifica o uso dos bebedouros e aumenta a responsabilidade institucional quanto à garantia de água segura. Em locais com grande fluxo e demanda contínua, pequenas falhas no sistema de distribuição interna podem afetar grupos numerosos em um curto intervalo de tempo, ampliando o potencial de disseminação de doenças de veiculação hídrica.

Do ponto de vista sanitário, a literatura aponta que surtos de diarreia, gastroenterites, infecções por *Escherichia coli* e outras doenças relacionadas ao consumo de água contaminada estão entre as principais causas de afastamento escolar e prejuízo ao rendimento acadêmico, especialmente em ambientes coletivos. A Organização Mundial da Saúde (OMS) estima que 80% das doenças em países em desenvolvimento estejam associadas à água contaminada, o que reforça a necessidade de vigilância constante em instituições com grande concentração de pessoas. Assim, compreender a qualidade da água ofertada no ponto final de fornecimento — o bebedouro — é essencial para prevenir riscos que podem comprometer a saúde da comunidade acadêmica.

Além disso, o campus possui diversos bebedouros distribuídos em diferentes setores, atendendo simultaneamente salas de aula, laboratórios, blocos administrativos, bibliotecas e áreas de convivência. Apesar de existirem rotinas internas de manutenção, não há um levantamento técnico integrado que avalie, de forma simultânea, as três dimensões fundamentais do sistema: (a) condições estruturais dos equipamentos, (b) características técnicas e vida útil dos filtros, e (c) qualidade físico-química e microbiológica da água fornecida.

Problemas como corrosão interna, formação de biofilme, saturação de filtros, variações de pH e alterações em parâmetros ópticos (como transmitância) podem surgir exclusivamente na infraestrutura predial, exigindo diagnóstico específico da instituição.

A inexistência de um estudo consolidado também limita a capacidade de planejamento da equipe responsável pela manutenção dos bebedouros. Informações sistematizadas permitem decisões mais eficientes quanto à periodicidade de troca de filtros, priorização de intervenções, identificação de pontos críticos e alocação adequada de recursos. Sob o ponto de

vista da engenharia civil, dados desse tipo são fundamentais para a gestão de sistemas prediais de abastecimento — etapa decisiva para garantir a integridade sanitária do fornecimento final de água.

No âmbito acadêmico, o presente trabalho preenche uma lacuna ao produzir dados atualizados sobre a qualidade da água no IFAL – Campus Maceió e ao permitir comparações com estudos desenvolvidos em outras instituições públicas do país. Pesquisas semelhantes têm identificado contaminação microbiológica, variações físico-químicas e inadequações estruturais em bebedouros escolares, o que reforça a pertinência de investigações locais e contextualizadas.

Dessa forma, este estudo se justifica por sua importância sanitária, ao verificar a segurança da água ofertada no campus; por seu impacto institucional, ao fornecer informações que subsidiam futuras ações de manutenção e apoiam a tomada de decisões; e por sua contribuição acadêmica, ao fortalecer a produção de conhecimento técnico na interface entre saúde pública, saneamento e infraestrutura predial. Ao gerar dados concretos e aplicáveis, o trabalho contribui diretamente para a melhoria das condições de permanência e do bem-estar da comunidade acadêmica.

3. REVISÃO DE LITERATURA

A qualidade da água destinada ao consumo humano tem sido amplamente discutida no campo do saneamento, saúde pública e vigilância sanitária, com ênfase crescente na etapa final de distribuição — o ponto em que o usuário, de fato, consome a água. Em ambientes coletivos, como instituições de ensino, a literatura evidencia que a deterioração das condições de potabilidade pode ocorrer mesmo quando o abastecimento público atende aos padrões legais, devido a falhas estruturais, ausência de manutenção adequada ou desgaste dos equipamentos instalados (Queiroz *et al.*, 2017; Amorim & Costa, 2022). Esta seção apresenta o panorama normativo, os mecanismos de vigilância existentes no Brasil e os principais achados de pesquisas que investigaram a qualidade da água em bebedouros escolares e institucionais.

3.1 Panorama nacional de vigilância da qualidade da água

O controle da potabilidade no Brasil é estruturado pelo Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (VIGIÁGUA), responsável por monitorar amostras de água distribuídas nos municípios e fiscalizar sistemas de abastecimento. Os resultados dessas análises são registrados no SISAGUA, plataforma oficial que integra informações sobre qualidade da água, características dos sistemas de abastecimento e eventos de risco relacionados ao consumo.

A Portaria GM/MS nº 888/2021, instrumento federal mais recente, estabelece limites microbiológicos, físico-químicos e químicos para água potável, além de definir responsabilidades compartilhadas entre concessionárias de abastecimento e gestores das edificações consumidoras. A literatura destaca que, embora a água fornecida pelo sistema público possa estar plenamente adequada, deteriorações podem ocorrer no interior das edificações devido a reservatórios sujos, tubulações antigas, corrosão interna ou manutenção insuficiente dos pontos de fornecimento (Favoreti *et al.*, 2022; Silva & Costa, 2021). Esta problemática reforça a necessidade de avaliações locais, sobretudo em instituições com grande circulação de pessoas.

3.2 Marco regulatório federal, estadual e municipal

A legislação que regula o abastecimento de água potável no Brasil está organizada em diferentes níveis governamentais. No nível federal, o Marco Legal do Saneamento Básico

(Lei nº 14.026/2020) atualizou as diretrizes para a prestação dos serviços de água e esgoto, estabelecendo metas de universalização, requisitos de desempenho e critérios de monitoramento da qualidade da água distribuída. Essa lei complementa a Portaria GM/MS nº 888/2021, referência nacional para o padrão de potabilidade da água doce.

No Estado de Alagoas, a Política Estadual de Saneamento Básico está estabelecida na Lei nº 7.081/2009, que define abastecimento de água como componente essencial do saneamento e estabelece princípios para prestação, planejamento e fiscalização desses serviços. Também integra esse conjunto normativo a Lei Estadual nº 7.590/2014, que cria o Programa de Conservação e Uso da Água em Edificações Públicas e Privadas, destacando a importância da manutenção preventiva e do uso racional da água em estruturas de grande circulação, como instituições de ensino. A regulação técnica operacional é conduzida pela ARSAL, que publicou a Resolução nº 137/2014, responsável por aprovar o Regulamento Geral dos Serviços de Saneamento e definir obrigações para a concessionária de abastecimento quanto à continuidade, qualidade e atendimento ao consumidor.

No contexto municipal, Maceió possui a Lei nº 6.755/2018, que institui a Política Municipal de Saneamento Básico, determinando diretrizes para o abastecimento local, fiscalização e ações de vigilância sanitária relacionadas à água. Complementarmente, o Código de Vigilância Sanitária (Lei nº 7.028/2020) dispõe sobre as condições sanitárias que as edificações públicas devem garantir, incluindo a manutenção e inspeção de reservatórios e pontos de fornecimento de água. A Vigilância em Saúde Ambiental de Maceió reforça esse processo, realizando monitoramento e inspeções periódicas nos locais de consumo humano.

Além do arcabouço normativo, Maceió conta com iniciativas práticas que evidenciam a necessidade de monitoramento da água no ponto de consumo. Entre elas, destaca-se o estudo “Qualidade da água de consumo dos bebedouros de uma universidade pública em Maceió, Alagoas” (SILVA *et al.*, 2024), que identificou problemas estruturais em bebedouros e variações em parâmetros microbiológicos e físico-químicos. Em 2021, a Vigilância em Saúde Ambiental da Secretaria Municipal de Saúde realizou o estudo da água consumida em escolas e creches de Maceió, envolvendo análises laboratoriais e inspeções em 72 unidades da rede pública. Mais recentemente, em 2024, a concessionária responsável pelo fornecimento de água implementou o programa Água Boa nas Escolas, com vistorias em mais de 100 unidades municipais, avaliando reservatórios, tubulações e pontos de consumo. Apesar dessas ações, não existe regulamentação estadual ou municipal específica que trate da potabilidade em

bebedouros de instituições de ensino, o que reforça a importância de estudos locais que avaliem a qualidade da água diretamente no ponto de fornecimento.

3.3 Qualidade da água em instituições de ensino: evidências de pesquisas nacionais

Diversos estudos brasileiros têm identificado os bebedouros como pontos vulneráveis na cadeia de fornecimento de água tratada. As causas mais frequentes incluem ausência de higienização adequada, saturação de filtros, contato direto dos usuários com as saídas de água, formação de biofilme e desgaste de componentes internos.

Em Mossoró (RN), Queiroz *et al.* (2017) analisaram amostras de bebedouros de escolas públicas e verificaram que, embora os parâmetros físico-químicos estivessem adequados, a presença de coliformes totais foi associada ao acúmulo de sujeira em peças internas e à higienização irregular. Em Timon (MA), Amorim e Costa (2022) encontraram que aproximadamente 30% das amostras de água coletadas em bebedouros escolares estavam impróprias para consumo, devido à presença de microrganismos indicadores de contaminação fecal.

No Paraná, Zulpô *et al.* (2010) relataram ocorrência de coliformes totais e variações em parâmetros como turbidez e cloro residual em bebedouros de instituições de ensino superior, apontando a saturação de filtros e o desgaste de tubulações como fatores determinantes. Em estudos mais recentes conduzidos em Rondônia, Silva *et al.* (2021) identificaram inadequações microbiológicas e físico-químicas em aproximadamente 40% das amostras avaliadas, reforçando que a etapa final do fornecimento é frequentemente o ponto mais vulnerável do sistema.

Em instituições de ensino da região nordeste, trabalhos de Bezerra *et al.* (2019) e Favoreti *et al.* (2022) também apontam que a deterioração da água ocorre majoritariamente após a chegada aos prédios escolares, com variações significativas de pH, condutividade elétrica e indicadores ópticos associados à presença de partículas sólidas e matéria orgânica.

No conjunto, esses estudos demonstram que a integridade da rede predial, a manutenção adequada dos equipamentos e a substituição regular dos filtros são determinantes para assegurar que a água tratada mantenha suas características de potabilidade até o ponto de consumo.

3.4 Fatores estruturais e operacionais que comprometem a potabilidade no ponto de fornecimento

A literatura destaca diversos fatores internos às edificações que podem comprometer a qualidade da água consumida. Entre eles, a formação de biofilme em tubulações e componentes metálicos, capaz de proteger microrganismos e dificultar sua remoção; a corrosão de peças, que pode liberar partículas e alterar parâmetros físico-químicos; a saturação de filtros, que reduz progressivamente a capacidade de retenção de contaminantes; e a higienização inadequada dos bebedouros.

Estudos também relatam que reduções na transmitância óptica da água são frequentemente associadas ao acúmulo de partículas e matéria orgânica, fenômeno explicado pela relação inversa entre transmitância e absorvância conforme a Lei de Lambert-Beer (Bergamin Filho & Zagatto, 2016). Esse tipo de alteração tem sido observado em instituições de ensino com uso intenso dos equipamentos e manutenção irregular, indicando desgaste dos sistemas internos e necessidade de substituição periódica dos elementos filtrantes.

Além disso, fatores ambientais, como exposição ao sol, poeira, ventilação insuficiente e alta circulação de pessoas, contribuem para o desgaste mais acelerado dos equipamentos, aumentando o risco de contaminação cruzada.

3.5 Parâmetros físico-químicos: princípios, interpretação e relevância para diagnóstico

A análise físico-química é um dos principais componentes da avaliação da potabilidade, pois permite identificar alterações não visíveis que podem comprometer a qualidade da água. Entre os parâmetros mais relevantes estão o pH, a condutividade elétrica e os indicadores ópticos, como a transmitância. As análises físico-químicas descritas neste estudo seguem os *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2017), documento de referência internacional que padroniza metodologias e garante confiabilidade aos resultados apresentados.

3.5.1 pH

O pH indica a acidez ou alcalinidade de uma substância. Em amostras de água, este parâmetro possui influência direta em processos de corrosão de tubulações, solubilização de metais pesados, eficiência de desinfetantes e no sabor da água. De acordo com a Portaria GM/MS nº 888/2021, a faixa ideal para água de consumo humano está entre 6,0 e 9,5. Valores fora desse intervalo podem indicar contaminação, presença de compostos químicos indesejáveis ou desgaste de sistemas de filtração.

Segundo Libânio (2010), pequenas oscilações no pH podem refletir tanto características da água bruta quanto interações com materiais presentes no sistema de distribuição, como liberação de íons metálicos por corrosão ou degradação de elementos de filtração. Assim, o pH constitui um indicador fundamental do comportamento da água e da integridade dos equipamentos instalados no ponto de fornecimento.

3.5.2 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica representa a capacidade da água de conduzir corrente elétrica em função da presença de íons dissolvidos. Embora não haja limite máximo normativo na legislação brasileira, esse parâmetro é amplamente utilizado como indicador indireto de salinidade, presença de compostos dissolvidos e possíveis contaminações. De acordo com a APHA (2017), variações significativas na condutividade ao longo de um sistema podem indicar processos de corrosão, entrada de partículas ou alterações na eficiência dos dispositivos de filtração.

Estudos técnicos, como os apresentados por Di Bernardo e Dantas (2005), demonstram que aumentos inesperados na condutividade podem estar associados à dissolução de metais, saturação de filtros de carvão ativado, acúmulo de resíduos em tubulações internas e degradação de materiais do sistema hidráulico. Para a FUNASA (2013), esse parâmetro é particularmente útil no diagnóstico de alterações físico-químicas que não são perceptíveis visualmente, servindo como alerta para potenciais problemas de qualidade da água em instalações internas.

3.5.3 Transmitância óptica

A transmitância reflete a capacidade da água de permitir a passagem de luz. Reduções nesse valor podem estar associadas à presença de partículas suspensas, matéria orgânica, turbidez elevada ou impurezas químicas. Conforme descrevem Zagatto e Bergamin Filho (2016), a espectrofotometria é uma técnica sensível que auxilia na identificação de alterações que não são perceptíveis a olho nu.

O uso desse parâmetro, ainda que complementar, é valioso em diagnósticos rápidos em laboratórios escolares, especialmente quando não há disponibilidade imediata de equipamentos para turbidez ou análise avançada.

3.6 Parâmetros microbiológicos: importância epidemiológica e estudos em instituições de ensino

Entre os parâmetros de potabilidade, os microbiológicos são reconhecidos como os mais críticos porque estão diretamente associados ao risco de transmissão de doenças de veiculação hídrica. A Organização Mundial da Saúde (OMS) destaca que a presença de bactérias indicadoras de contaminação fecal, como *Escherichia coli*, revela falha na proteção sanitária e risco epidemiológico imediato, uma vez que esses microrganismos podem estar acompanhados de patógenos capazes de causar surtos gastrointestinais em ambientes com alta circulação de pessoas.

A Portaria GM/MS nº 888/2021 estabelece ausência total de *E. coli* e coliformes totais em 100 mL de água, justamente devido ao potencial de transmissão rápida de doenças. Em contextos escolares, onde o compartilhamento de bebedouros é intenso, qualquer contaminação microbiológica pode favorecer a disseminação de agravos de origem hídrica.

Pesquisas realizadas em escolas públicas brasileiras têm demonstrado que bebedouros são pontos vulneráveis à contaminação microbiológica. Souza e Almeida (2019) observaram que, mesmo com parâmetros físico-químicos adequados, diversos bebedouros apresentavam coliformes totais devido à higienização insuficiente, acúmulo de biofilme e contato inadequado dos usuários com as saídas de água. Lima, Santos e Silva (2020) reforçam que a limpeza superficial não remove microrganismos aderidos às tubulações internas e aos difusores, contribuindo para o risco de contaminação cruzada, especialmente em ambientes com grande fluxo de estudantes.

Assim, o monitoramento microbiológico constitui etapa essencial na avaliação de bebedouros em instituições como o IFAL, permitindo identificar riscos epidemiológicos e orientar medidas corretivas e preventivas.

3.7 Monitoramento, manutenção preventiva e fatores que influenciam o desempenho dos bebedouros

A manutenção dos bebedouros é um elemento determinante para a qualidade da água disponibilizada. A literatura científica demonstra que diversos fatores podem comprometer o funcionamento adequado desses equipamentos, tais como: desgaste das torneiras, partículas acumuladas, variações de fluxo, sistemas internos antigos, falta de higienização e vida útil expirada do filtro.

Queiroz *et al.* (2017) evidenciam que a higienização periódica de filtros, conexões e reservatórios é indispensável para evitar contaminação microbiológica. Em escolas públicas, Santos *et al.* (2019) identificaram que práticas inadequadas dos usuários — como encostar a boca diretamente na saída da água — aumentam significativamente o risco de contaminação cruzada.

Em relação ao desempenho dos filtros, Santos, Ferreira e Andrade (2020) demonstram que filtros domésticos e institucionais à base de carvão ativado apresentam perda progressiva de eficiência ao longo do tempo. À medida que o carvão se satura, sua capacidade de adsorção é reduzida, podendo elevar condutividade, alterar pH e diminuir a transmitância.

Além disso, fatores ambientais — como temperatura, localização do bebedouro, incidência de poeira e condições de circulação — interferem no desgaste dos equipamentos e devem ser considerados na interpretação dos resultados.

Com base nesses estudos, torna-se evidente que a manutenção preventiva é essencial para garantir o funcionamento adequado dos bebedouros, especialmente em instituições com grande fluxo de pessoas como o IFAL.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo geral

Avaliar a qualidade da água potável fornecida pelos bebedouros do Instituto Federal de Alagoas – IFAL, Campus Maceió, por meio de análises físico-químicas, microbiológicas e da verificação das condições estruturais dos equipamentos.

4.2 Objetivos específicos

Para realizar o estudo proposto, pretende-se:

- Identificar e mapear os bebedouros existentes no IFAL – Campus Maceió, considerando sua localização e características estruturais;
- Determinar os valores de pH, condutividade elétrica e transmitância das amostras de água coletadas nos bebedouros;
- Verificar a presença de coliformes totais e *Escherichia coli* nas amostras, por meio de análise microbiológica;
- Comparar os resultados obtidos com os padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação vigente;
- Avaliar possíveis relações entre a condição estrutural dos bebedouros e a qualidade da água fornecida;
- Fornecer informações que possibilitem a elaboração de um relatório técnico orientado à melhoria da manutenção dos bebedouros.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Caracterização da área de estudo

A pesquisa foi desenvolvida no Instituto Federal de Alagoas (IFAL) – Campus Maceió, localizado na Rua Mizaél Domingues, 530, Centro, Maceió/AL. O campus é considerado o maior da rede federal no estado, recebendo diariamente, em turnos alternados, mais de 6 mil estudantes, servidores, trabalhadores terceirizados e visitantes - dados obtidos na Diretoria de Ensino, Campus Maceió. o que o caracteriza como um ambiente de grande circulação e uso intensivo das instalações.

A localização geográfica do campus pode ser observada na Figura 1, que apresenta a área de estudo em sua inserção urbana, destacando o entorno imediato e a infraestrutura que circunda a instituição. A Figura 2 apresenta a fachada externa do IFAL – Campus Maceió, permitindo visualizar parte da estrutura física onde a pesquisa foi desenvolvida.

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo no IFAL - Campus Maceió



Fonte: Google Maps

Figura 2: Fachada externa do local de estudo, IFAL - Campus Maceió



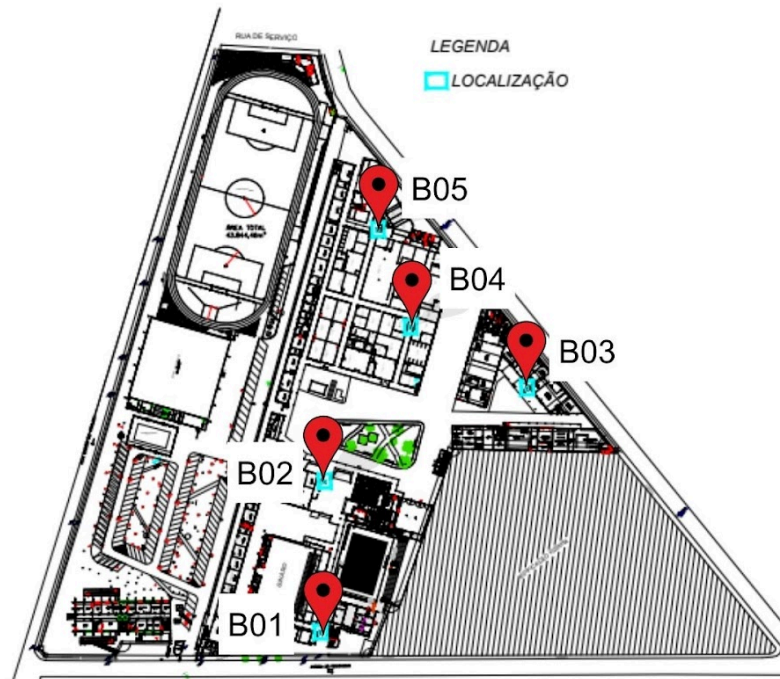
Fonte: IFAL - Campus Maceió

A estrutura física do campus é composta por diversos blocos administrativos e acadêmicos, distribuídos em múltiplos pavimentos, incluindo salas de aula, laboratórios de ensino e pesquisa, biblioteca, auditórios, refeitórios, setores administrativos e áreas de convivência. Os bebedouros encontram-se instalados em pontos estratégicos de circulação, distribuídos de modo a atender à demanda da comunidade acadêmica.

Para realização deste estudo, foram utilizados os dados das plantas arquitetônicas dos pavimentos térreo (Figura 3) , primeiro andar (Figura 4) e segundo andar (Figura 5), nas quais estão indicados os pontos de instalação dos bebedouros conforme apresentado nas figuras a seguir. Esses documentos permitiram identificar no levantamento inicial um total de 9 bebedouros, assim, todos foram codificados para orientar a etapa de coleta das amostras de água.

Figura 3 - Planta baixa do pavimento térreo - Levantamento inicial com a localização dos bebedouros.

LOCALIZAÇÃO BEBEDOUROS - TÉRREO
IFAL - CAMPUS MACEIÓ



Fonte: Adaptado pela autora, 2025.

Figura 4 - Planta baixa do 1º pavimento - Levantamento inicial com a localização dos bebedouros.

LOCALIZAÇÃO BEBEDOUROS - 1º PAVIMENTO
IFAL - CAMPUS MACEIÓ



Fonte: Adaptado pela autora, 2025.

Figura 5 - Planta baixa do 2º pavimento - Levantamento inicial com a localização dos bebedouros.

LOCALIZAÇÃO BEBEDOUROS - 2º PAVIMENTO IFAL - CAMPUS MACEIÓ



Fonte: Adaptado pela autora, 2025.

Cada bebedouro identificado recebeu um código padronizado (B01, B02, B03, B04, B05, B06, B07, B08 e B09), permitindo a organização dos dados, o registro fotográfico e a comparação dos resultados laboratoriais. As condições estruturais dos bebedouros — incluindo integridade das torneiras, presença de filtros, estado de conservação, limpeza aparente e condições do entorno — foram avaliadas visualmente e registradas com fotografias.

5.2 Coleta das amostras

As amostras foram coletadas diretamente das torneiras dos bebedouros, após descarte inicial da água por aproximadamente 30 segundos, a fim de evitar interferências de resíduos acumulados nas extremidades. Em seguida, frascos estéreis foram preenchidos, devidamente identificados com o código do bebedouro e transportados ao laboratório em condições controladas.

Além das amostras dos bebedouros, também foram coletadas:

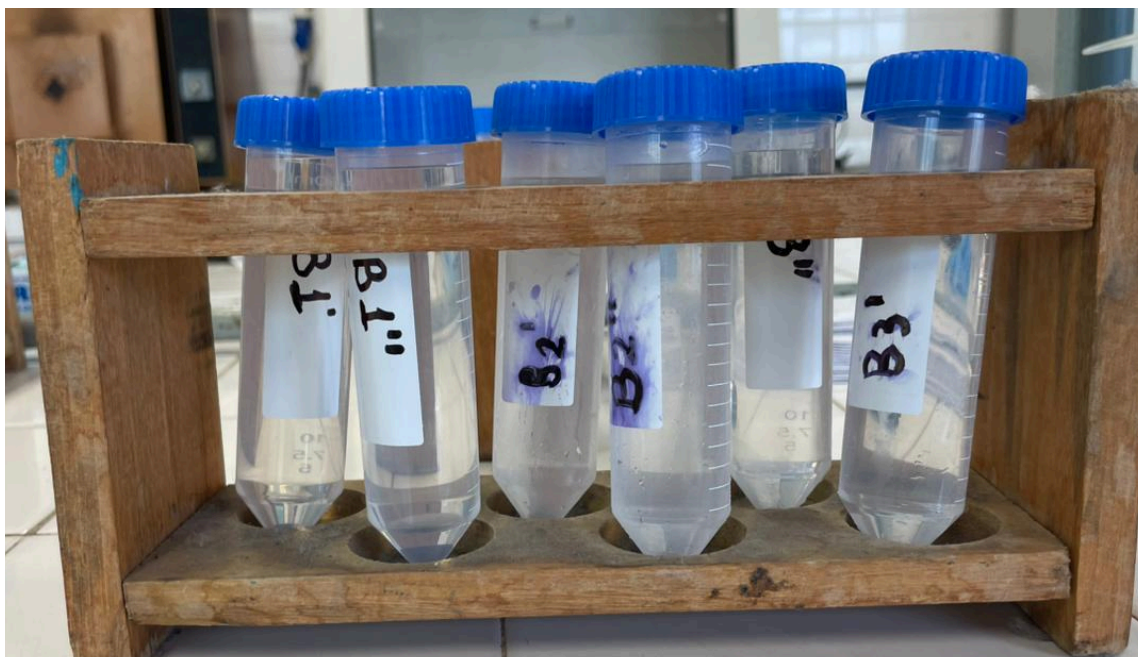
- amostra de água mineral (controle positivo),
- amostra de água destilada (controle branco).

Esses controles foram utilizados para validar os equipamentos e confirmar a eficiência dos procedimentos analíticos.

5.3 Ensaio físico-químico

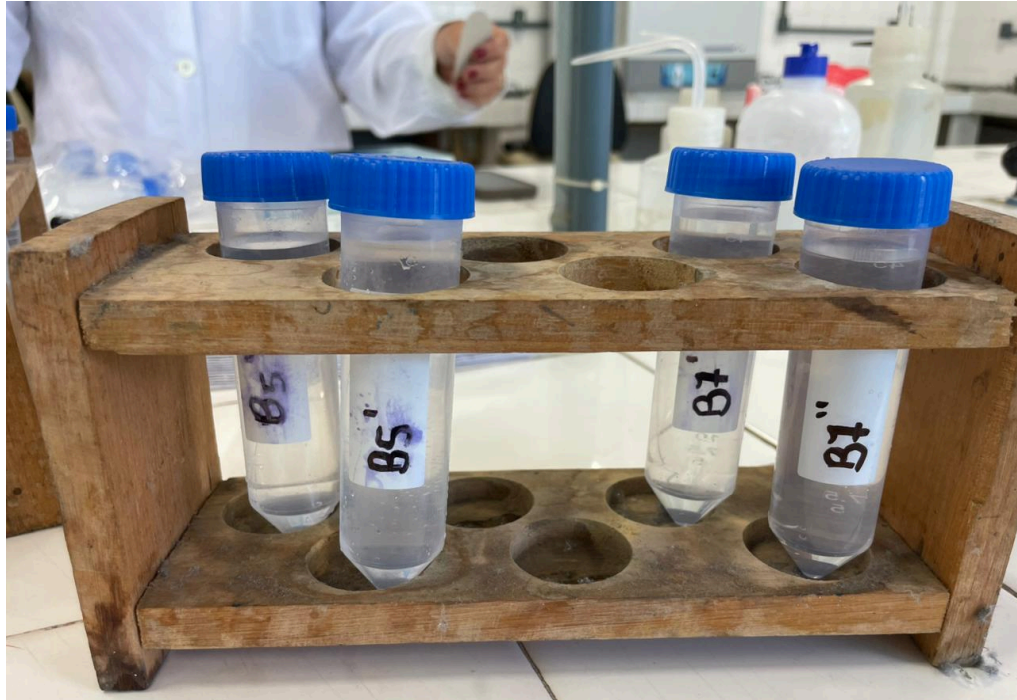
A avaliação da qualidade da água foi realizada por meio de análises físico-químicas e microbiológicas, seguindo procedimentos laboratoriais estabelecidos pelos *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2017) e por manuais técnicos de referência. As análises físico-químicas foram conduzidas no laboratório de Química do Campus, enquanto as análises microbiológicas foram realizadas no laboratório de Solos do Campus, ambos em ambientes controlados e com infraestrutura adequada para a execução dos ensaios. As amostras foram coletadas diretamente das torneiras dos bebedouros, após descarte inicial da água durante aproximadamente trinta segundos, a fim de evitar interferências decorrentes de acúmulo de resíduos. Os frascos estéreis utilizados foram previamente identificados com o código de cada bebedouro e transportados ao laboratório em condições adequadas de preservação (Figura 6 e Figura 7).

Figura 6 - Amostras para análises físico-químicas da água dos bebedouros.



Fonte: Autora, 2025

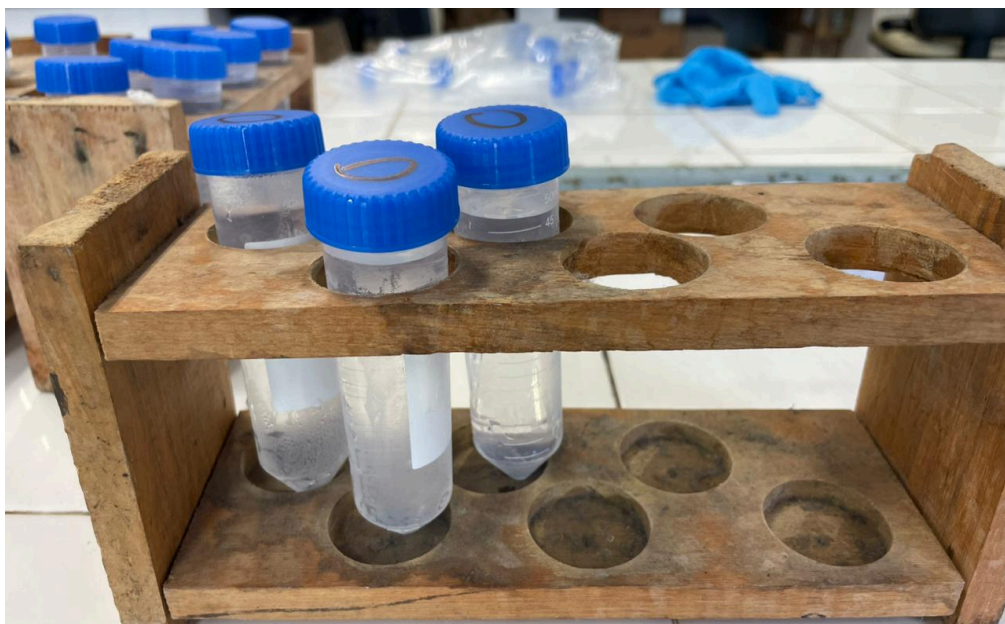
Figura 7 - Amostras para análises físico-químicas da água dos bebedouros.



Fonte: Autora, 2025

Como parte do controle analítico, foram coletadas também uma amostra de água mineral, utilizada como controle positivo das análises, e uma amostra de água destilada, utilizada como controle branco para verificação da calibração dos equipamentos e da ausência de contaminação externa (Figura 8).

Figura 8 - Amostras para controle analítico - água mineral.



Fonte: Autora, 2025

As análises físico-químicas contemplaram a determinação do pH, da condutividade elétrica e da transmitância óptica.

5.3.1 pH

O pH foi medido com auxílio de um pHmetro digital da marca INSTRUTHERM, previamente calibrado com soluções tampão de pH 4 e 7. Antes de cada leitura, o eletrodo foi lavado com água destilada, a fim de evitar interferências entre medições.

Como o pH é um parâmetro sensível à temperatura, todas as amostras tiveram sua temperatura registrada utilizando um termopar tipo K acoplado ao multímetro digital. A medição da temperatura permitiu realizar a compensação térmica automática do pHmetro, garantindo maior precisão dos resultados.

Equipamentos e materiais

- pHmetro digital calibrável, com compensação automática de temperatura (Figura 9);
- Soluções tampão de pH 4,00 e 7,00 para calibração (Figura 10);
- Termopar tipo K acoplado a multímetro digital para mensuração da temperatura da água;
- Béqueres de vidro previamente higienizados;
- Água destilada para lavagem do eletrodo;
- Papel absorvente sem fibras.

Calibração do equipamento

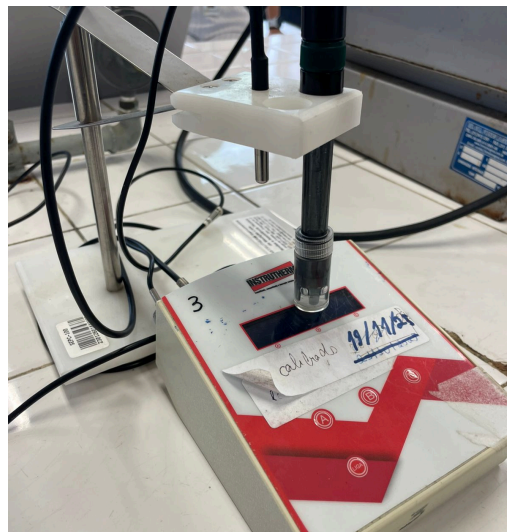
Antes das medições, o pHmetro foi calibrado em dois pontos (4,00 e 7,00). Essa calibração multifaixa assegura maior precisão, considerando que pequenas variações no pH podem refletir processos de corrosão, solubilização de metais ou desgaste dos materiais internos dos bebedouros.

Procedimento analítico

1. Homogeneização da amostra: o frasco de coleta foi suavemente invertido para garantir uniformidade sem provocar formação de bolhas;
2. Medição da temperatura: a temperatura da água foi registrada com termopar tipo K, posicionando a sonda diretamente na amostra;

- Esse procedimento é indispensável, pois o pH varia com a temperatura, sendo necessário compensá-la para precisão dos resultados.
3. Preparação do eletrodo: o eletrodo do pHmetro foi lavado com água destilada;
 4. Leitura: o eletrodo foi imerso na amostra, sem tocar nas paredes do recipiente, mantendo-o submerso até a estabilização da leitura digital;
 5. Registro: após estabilização, o valor foi anotado em planilha própria, juntamente com a temperatura registrada pelo termopar;
 6. Repetições: Para cada bebedouro analisado, foram coletadas duas amostras distintas, correspondentes aos dois bicos de saída de água diferentes no equipamento. Cada amostra foi analisada individualmente, permitindo comparar possíveis diferenças de desempenho entre os pontos de fornecimento de um mesmo bebedouro.

Figura 9 - pHmetro Instrutherm



Fonte: Autora, 2025

Figura 10 - (A) Solução tampão pH 4,00 ; (B) Solução tampão pH 7,00



Fonte: Autora, 2025

5.3.2 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica foi determinada utilizando um condutivímetro de bancada Tecnon, modelo MCA-150P (Figura 11), também calibrado conforme as orientações do fabricante. Com o objetivo de avaliar a concentração de íons dissolvidos na água fornecida pelos bebedouros do IFAL – Campus Maceió, parâmetro útil como indicador indireto de salinidade, dissolução de metais e alterações físico-químicas no sistema predial.

Figura 11 - Condutivímetro Tecnon de modelo MCA-150P



Fonte: Autora, 2025.

Equipamentos e materiais

- Condutivímetro portátil previamente calibrado pela equipe técnica responsável;
- Sonda condutiva com compensação automática de temperatura (ATC);
- Termopar tipo K acoplado a multímetro digital para registro da temperatura da amostra;
- Béqueres para descarte da água destilada após limpeza da sonda;
- Água destilada para higienização da sonda entre leituras;
- Frascos identificados para coleta das amostras.

Condições de calibração

O condutivímetro utilizado encontrava-se previamente calibrado antes do início das análises, conforme procedimentos internos da equipe técnica responsável pelo equipamento. Dessa forma, durante o ensaio, procedeu-se apenas:

- à verificação visual dos indicadores do instrumento;
- à chegada do equipamento em condição de operação, conforme especificações do fabricante.

Procedimento analítico

1. Homogeneização da amostra: o frasco foi suavemente invertido para garantir uniformidade;
2. Medição da temperatura: a temperatura da água foi registrada utilizando um termopar tipo K, inserido diretamente na amostra;
3. Preparação da sonda: a sonda do condutivímetro foi enxaguada com água destilada entre as amostras para evitar contaminação cruzada;
4. Leitura: a sonda foi imersa na amostra, evitando contato com as paredes do Tubo Falcon, e aguardou-se estabilização do valor indicado pelo equipamento;
5. Registro: os valores de condutividade ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) e a temperatura correspondente ($^{\circ}\text{C}$) foram anotados nas planilhas de campo;
6. Repetição: cada bico foi analisado uma vez, totalizando duas medições por bebedouro;

A transmitância óptica foi analisada com o objetivo de identificar alterações na passagem de luz pela amostra, parâmetro que pode indicar a presença de partículas finas, matéria orgânica ou turbidez não detectável visualmente. O procedimento adotado segue princípios recomendados por Zagatto e Bergamin Filho (2016) e práticas laboratoriais de espectrofotometria aplicadas a análises de água.

Equipamentos e materiais

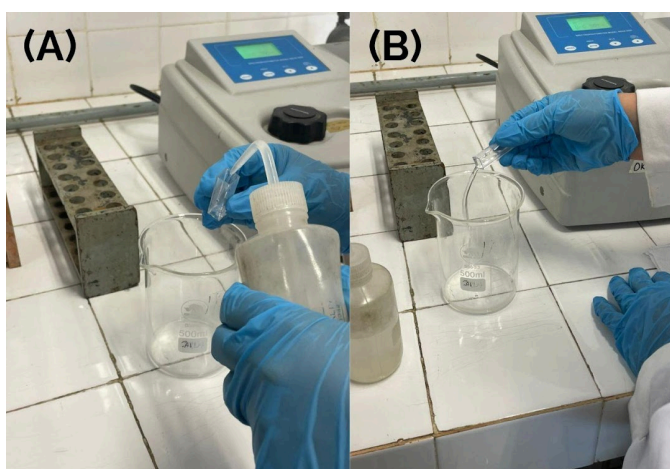
- Espectrofotômetro NOVA 2000, calibrado e operando no modo de transmitância (%);
- Cubetas de vidro óptico com faces polidas;
- Água destilada para higienização das cubetas;
- Papel não abrasivo para secagem externa das cubetas;
- Béqueres para descarte da água destilada após limpeza da cubeta;

- Frascos identificados contendo as amostras coletadas dos bebedouros.

Preparação das cubetas e do equipamento

Antes das leituras, as cubetas foram higienizadas com água destilada (Figura 12), enxaguadas três vezes e inspecionadas visualmente contra a luz para garantir ausência de riscos, bolhas, partículas ou resíduos que pudessem interferir na leitura óptica.

Figura 12 - (A) Limpeza da cubeta com água destilada; (B) Descarte da água destilada após higienização da cubeta.



Fonte: Autora, 2025

O espectrofotômetro NOVA 2000 (Figura 13) foi ligado com antecedência suficiente para estabilização eletrônica. Em seguida:

1. O equipamento foi zerado utilizando uma cubeta contendo água destilada;
2. Verificou-se se o feixe óptico estava alinhado e se a porta do compartimento estava funcionando corretamente;
3. O comprimento de onda foi ajustado para 550,0 nm, faixa recomendada para avaliação de transmitância relacionada à turbidez fina e partículas em suspensão;

Procedimento analítico

1. Após a limpeza, a cubeta foi preenchida com a amostra até aproximadamente $\frac{3}{4}$ de sua capacidade, garantindo ausência de bolhas nas paredes;
2. As faces externas foram secas com papel não abrasivo;
3. A cubeta foi posicionada no espectrofotômetro respeitando a orientação das faces polidas e o sentido do feixe luminoso;

4. Registrou-se o valor de absorvância(%) fornecido pelo equipamento após estabilização;
5. O procedimento foi repetido para a segunda amostra referente ao outro bico do mesmo bebedouro;
6. Entre cada leitura, a cubeta foi novamente enxaguada com água destilada para evitar contaminação cruzada;

Figura 13 - Espectrofotômetro NOVA 2000 com o comprimento de onda ajustado para 550,0 nm.



Fonte: Autora, 2025

5.4 Ensaio microbiológico

As análises microbiológicas foram realizadas utilizando o kit COLItest®, método cromogênico/enzimático aprovado para detecção simultânea de coliformes totais e *Escherichia coli*. Para cada bebedouro, coletou-se 100 mL de água em tubos estéreis, aos quais foi adicionado o reagente específico conforme instruções do fabricante.

As amostras foram incubadas em estufa bacteriológica à uma temperatura de 35 ± 2 °C por aproximadamente 22 horas, seguindo o tempo recomendado para manifestação das reações metabólicas indicadoras. A interpretação dos resultados foi feita pela observação de alterações de cor (indicativas de coliformes totais) e presença de fluorescência sob luz UV (indicativa de *E. coli*), como é recomendado nas instruções do teste.

Figura 14 - Interpretação dos resultados.



Fonte: Bula COLItest®.

Após análises dos principais parâmetros de qualidade da água, estes foram comparados com a Portaria GM/MS nº 888/2021, que estabelece parâmetros de potabilidade definidos conforme descritos na Tabela 1 a seguir. Com esta comparação entre os parâmetros obtidos e os níveis de referência preconizados pela Portaria, espera-se entender a real situação da água proveniente dos bebedouros disponíveis para a comunidade acadêmica.

Tabela 1 - Parâmetros de potabilidade da água.

Parâmetro	Valor máximo permitido	Unidade	Observação
pH	6,0 a 9,5	-	Faixa recomendada
Turbidez	≤ 5,0 uT	uT	Amostras pontuais
Cor aparente	≤ 15	uH	-
Cloro residual livre	0,2 a 2,0	mg/L	Limite mínimo e máximo
Coliformes totais	Ausência	em 100ml	Indicador microbiológico
<i>Escherichia coli</i>	Ausência	em 100mL	Indicador de contaminação fecal

Fonte: Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021

Os dados foram tabelados e avaliados comparativamente entre si e com valores normativos.

5.5 Registro estrutural dos bebedouros

Durante a etapa de coleta, cada bebedouro passou por inspeção visual para avaliação das suas condições de funcionamento considerando os seguintes aspectos:

- Integridade das torneiras;
- Presença e conservação do filtro;
- Limpeza aparente;
- Resíduos ou presença de manchas;
- Estado da tubulação visível;
- Qualidade do entorno (paredes, piso, instalações);
- Fluxo de água;
- Desgaste físico do equipamento.

5.6 Tratamento e organização dos dados

Os valores obtidos nas análises foram organizados em planilha eletrônica, permitindo:

- comparação entre os bebedouros;
- comparação com os limites da legislação vigente;
- identificação de padrões;
- correlação entre condição estrutural e qualidade da água;
- classificação das amostras quanto à conformidade.

5.7 Caracterização técnica dos filtros instalados nos bebedouros

A caracterização dos filtros instalados nos bebedouros do IFAL – Campus Maceió foi realizada com base no laudo técnico emitido pela empresa responsável pela manutenção desses equipamentos. O documento informa que todos os bebedouros utilizam o refil Aquaflow 200, um sistema de filtração de múltiplos estágios projetado para melhoria da qualidade da água destinada ao consumo humano.

O refil Aquaflow 200 opera com três etapas sequenciais de filtração:

1. **PLD inicial** – responsável pela retenção de partículas grossas, tais como barro, areia, ferrugem e sedimentos provenientes de eventuais desgastes da tubulação ou do reservatório;
2. **Carvão ativado com prata coloidal** – destinado à remoção de compostos orgânicos, cloro livre, substâncias que conferem sabor e odor à água, além de exercer ação bacteriostática devido à presença de prata;

3. **PLD polidor** – promove a clarificação final da água e pode contribuir para leves ajustes no pH, especialmente devido à presença de materiais como a dolomita em algumas composições comerciais.

Segundo a ABNT NBR 16098:2012, filtros destinados ao uso residencial e institucional devem atender a requisitos mínimos de desempenho, incluindo capacidade de retenção de partículas, redução de cloro livre, eficiência mínima e vida útil definida pelo fabricante. O Aquaflow 200 está em conformidade com essa norma e possui vida útil nominal de 3.000 litros ou seis meses de uso, o que ocorrer primeiro. O laudo destaca que o elemento filtrante não é lavável nem regenerável, de modo que seu desgaste é cumulativo e diretamente associado à perda de eficiência.

A compreensão dessas características técnicas foi fundamental para a interpretação dos resultados físico-químicos observados neste estudo. Sabe-se ainda que o desgaste do carvão ativado pode modificar a condutividade elétrica, enquanto materiais presentes nas etapas filtrantes — como a dolomita — podem influenciar variações de pH. Da mesma forma, a saturação dos estágios de filtração pode reduzir a capacidade de retenção de partículas, afetando parâmetros ópticos como transmitância e absorbância. Assim, a caracterização técnica dos filtros constitui etapa essencial para correlacionar o estado dos equipamentos com o desempenho observado nas análises laboratoriais.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O primeiro levantamento prévio dos bebedouros do IFAL – Campus Maceió foi realizado em julho de 2025, com o objetivo de mapear todos os pontos de fornecimento de água potável existentes no campus e identificar condições gerais de uso, funcionamento e manutenção. Nessa etapa, foram identificados 09 (nove) bebedouros distribuídos entre os blocos acadêmicos e administrativos, localizados nos pavimentos térreo, primeiro e segundo andar. A localização de cada equipamento foi confirmada com base nas plantas arquitetônicas do campus, permitindo a marcação precisa dos pontos e a organização do plano amostral (Figuras 21, 22, 23, 24 e 25).

Durante esse levantamento inicial, foram registradas fotografias de cada bebedouro e observadas condições físicas relevantes, como integridade estrutural, estado das torneiras, fluxo de água e presença de filtros. Um aspecto crítico observado diz respeito à situação dos filtros instalados: haviam filtros que estavam vencidos há mais de dois anos, alguns apresentando coloração esverdeada, indicando provável acúmulo de materiais orgânicos, formação de biofilme ou oxidação interna dos componentes. Esse achado já sugeria potencial comprometimento da eficiência da filtração.

Figura 15 - Condições dos filtros dos bebedouros (B01, B02 e B03) no levantamento inicial (julho/2025).



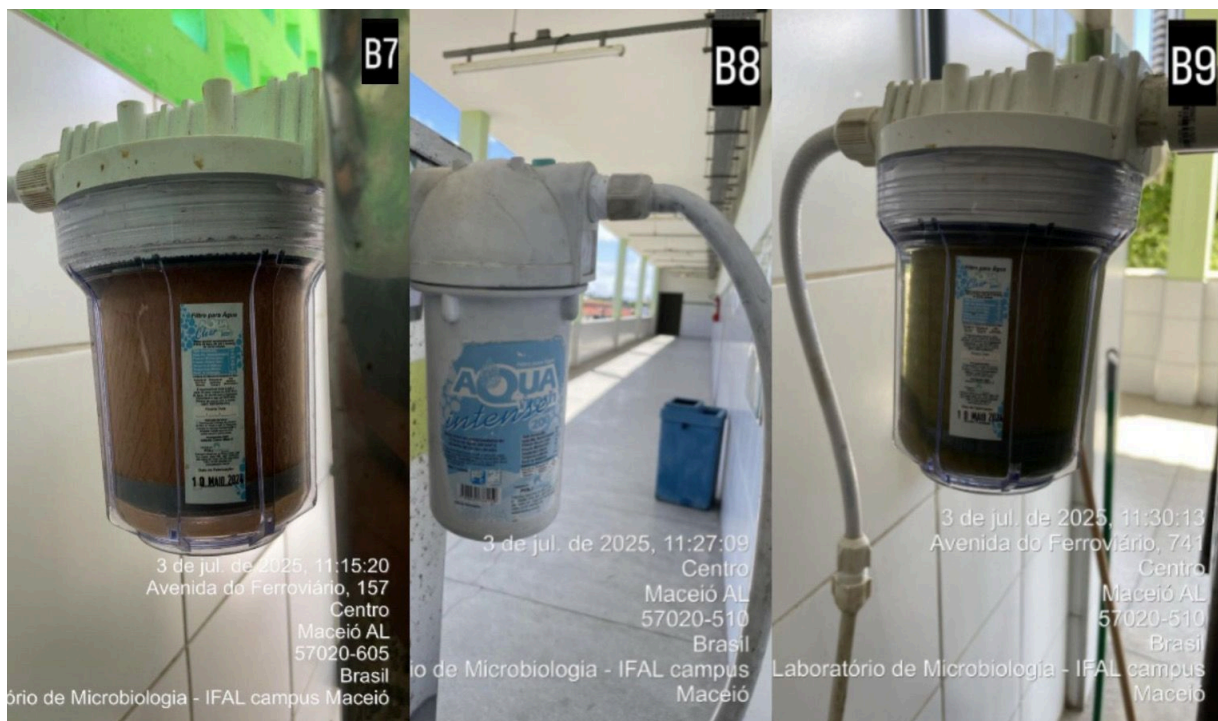
Fonte: Autora, 2025.

Figura 16 - Condições dos filtros dos bebedouros (B04, B05 e B06) no levantamento inicial (julho/2025).



Fonte: Autora, 2025.

Figura 17 - Condições dos filtros dos bebedouros (B07, B08 e B09) no levantamento inicial (julho/2025).



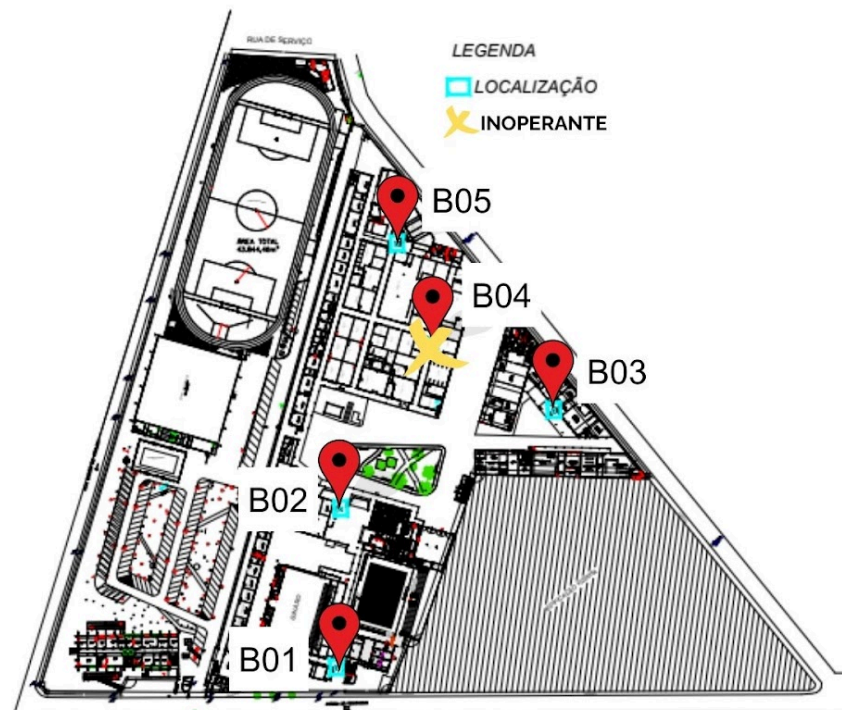
Fonte: Autora, 2025.

Durante a fase de coleta das amostras, em novembro de 2025, tornou-se necessário realizar um segundo levantamento estrutural, uma vez que uma nova empresa havia sido contratada para a manutenção dos bebedouros. Essa mudança operacional modificou as condições inicialmente observadas, razão pela qual se fez indispensável atualizar o diagnóstico antes do início das análises.

Nesse novo levantamento, constatou-se uma alteração significativa no cenário: apenas 5 dos 9 bebedouros identificados em julho permaneciam em funcionamento. Essa situação representou uma redução de aproximadamente 44% da infraestrutura operacional de fornecimento de água potável, ocorrida em um intervalo de poucos meses. Essa diminuição no número de equipamentos disponíveis tem implicações importantes para a comunidade acadêmica, pois esta passou a depender de um número reduzido de pontos de fornecimento, intensificando o uso dos bebedouros remanescentes e potencializando seu desgaste estrutural e funcional.

Figura 18 - Planta baixa do pavimento térreo - Identificação dos bebedouros inoperantes.

LOCALIZAÇÃO BEBEDOUROS - TÉRREO IFAL - CAMPUS MACEIÓ



Fonte: Adaptado pela autora, 2025.

Figura 19 - Planta baixa do 1º pavimento - Identificação dos bebedouros inoperantes.

**LOCALIZAÇÃO BEBEDOUROS - 1º PAVIMENTO
IFAL - CAMPUS MACEIÓ**



Fonte: Adaptado pela autora, 2025.

Figura 20 - Planta baixa do 2º pavimento - Identificação dos bebedouros inoperantes.

**LOCALIZAÇÃO BEBEDOUROS - 2º PAVIMENTO
IFAL - CAMPUS MACEIÓ**



Fonte: Adaptado pela autora, 2025.

Como ilustrado na Figura 20, o 2º pavimento ficou totalmente desassistido, fazendo com que os alunos precisassem se deslocar até o 1º pavimento, onde consta em funcionamento apenas um bebedouro como ilustra a Figura 19, ou para o térreo para acessar água potável. Em um campus com grande circulação e significativa extensão física, essa situação compromete o conforto ambiental, a acessibilidade e a própria segurança hídrica da instituição.

É importante destacar que esta deficiência na distribuição e disponibilidade dos bebedouros foi constatada até o momento das análises realizadas para este estudo. Considerando que o campus passou por alterações recentes na equipe responsável pela manutenção dos equipamentos, o cenário pode ter sido ajustado ou readequado após o período de coleta. Ainda assim, a situação observada fornece um retrato fiel das condições estruturais vigentes durante a execução desta pesquisa, servindo como base para interpretação dos resultados laboratoriais e para recomendações futuras.

A necessidade do segundo levantamento — motivado pela contratação de uma nova empresa responsável pela manutenção — reforça que o campus se encontrava em um período de transição operacional. A ausência de filtros dentro do prazo de validade, o estado esverdeado observado em vários exemplares e a inoperância de quase metade dos bebedouros apontam para uma infraestrutura fragilizada antes mesmo das análises físico-químicas e microbiológicas.

Assim, torna-se evidente que as condições estruturais dos bebedouros influenciam diretamente o desempenho dos parâmetros avaliados, justificando a análise integrada entre inspeção física e resultados laboratoriais apresentada nas seções seguintes.

6.1 Condições dos bebedouros no momento das análises

É importante destacar as condições estruturais observadas nos bebedouros que permaneciam em funcionamento no momento da coleta das amostras. As Figuras 21, 22, 23, 24 e 25 a seguir registram aspectos relevantes como estado de conservação, integridade das torneiras, presença ou ausência de filtros, sinais de desgaste externo e condições do entorno imediato dos equipamentos.

De modo geral, os bebedouros exibiam indícios de uso intenso e manutenção irregular, refletidos em marcas de corrosão, pontos de acúmulo de sujeira, variações no fluxo de água e

componentes visivelmente desgastados. Essas características, observadas em inspeção visual, são essenciais para contextualizar a interpretação dos resultados laboratoriais, uma vez que alterações estruturais e falhas de manutenção podem influenciar parâmetros como pH, condutividade elétrica e transmitância, mesmo quando não há detecção microbiológica de patógenos.

Para facilitar a interpretação dos dados obtidos nas análises as amostras foram identificadas utilizando a codificação Bx' e Bx'', na qual:

- Bx' representa a primeira torneira do bebedouro analisado;
- Bx'' representa a segunda torneira do mesmo equipamento.

Figura 21 - Bebedouro 01, localizado na entrada principal do Campus Maceió no pavimento térreo. A imagem mostra a identificação de cada torneira que foi coletada a amostra para análise.



Fonte: Autora, 2025.

Figura 22 - Bebedouro 02, localizado no pátio do Campus Maceió no pavimento térreo. A imagem mostra a identificação de cada torneira que foi coletada a amostra para análise.



Fonte: Autora, 2025

Figura 23 - Bebedouro 03, localizado no bloco de Edificações do Campus Maceió no pavimento térreo. A imagem mostra a identificação de cada torneira que foi coletada a amostra para análise.



Fonte: Autora, 2025

Figura 24 - Bebedouro 05, localizado no bloco de Elétrica do Campus Maceió no pavimento térreo. A imagem mostra a identificação de cada torneira que foi coletada a amostra para análise.



Fonte: Autora, 2025

Figura 25 - Bebedouro 07, localizado no bloco de Física do Campus Maceió no 1º pavimento. A imagem mostra a identificação de cada torneira que foi coletada a amostra para análise.



Fonte: Autora, 2025

6.2 Análises físico-químicas

A avaliação da qualidade da água dos bebedouros do IFAL – Campus Maceió foi realizada de forma integrada, combinando análises físico-químicas, inspeção visual das condições estruturais dos equipamentos e aplicação de um *checklist* técnico para verificação de funcionamento e manutenção. Essa abordagem permitiu não apenas identificar a potabilidade da água, mas também compreender como o estado físico dos bebedouros e a conservação dos sistemas de filtragem podem influenciar a qualidade final da água consumida pelos usuários.

Tabela 2 - *Checklist* para inspeção dos bebedouros em funcionamento.

CHECKLIST PARA INSPEÇÃO DOS BEBEDOUROS - IFAL CAMPUS MACEIÓ						
ITEM	TIPO DE ANÁLISE	B01	B02	B03	B05	B07
1	TODAS AS TORNEIRAS FUNCIONAM ADEQUADAMENTE?	SIM ()	SIM ()	SIM ()	SIM (x)	SIM ()
		NÃO (x)	NÃO (x)	NÃO (x)	NÃO ()	NÃO (x)
2	PRESSÃO DE ÁGUA ADEQUADA?	SIM ()	SIM (x)	SIM (x)	SIM ()	SIM ()
		NÃO (x)	NÃO ()	NÃO ()	NÃO (x)	NÃO (x)
3	VAZAMENTO NA BASE, CONEXÕES OU MANGUEIRAS?	SIM (x)	SIM ()	SIM ()	SIM (x)	SIM (x)
		NÃO ()	NÃO (x)	NÃO (x)	NÃO ()	NÃO ()
4	CONTÉM FERRUGEM?	SIM (x)	SIM (x)	SIM (x)	SIM (x)	SIM (x)
		NÃO ()	NÃO ()	NÃO ()	NÃO ()	NÃO ()
5	AMASSADOS, RACHADURAS OU DEFORMAÇÕES?	SIM (x)	SIM (x)	SIM (x)	SIM (x)	SIM ()
		NÃO ()	NÃO ()	NÃO ()	NÃO ()	NÃO (x)
6	SUPERFÍCIES LIMPAS?	SIM ()	SIM ()	SIM ()	SIM ()	SIM ()
		NÃO (x)	NÃO (x)	NÃO (x)	NÃO (x)	NÃO (x)
7	TORNEIRAS LIMPAS?	SIM ()	SIM ()	SIM ()	SIM ()	SIM ()
		NÃO (x)	NÃO (x)	NÃO (x)	NÃO (x)	NÃO (x)
8	ETIQUETA DE MANUTENÇÃO VISÍVEL E ATUALIZADA?	SIM ()	SIM ()	SIM ()	SIM ()	SIM ()
		NÃO (x)	NÃO (x)	NÃO (x)	NÃO (x)	NÃO (x)
9	BANDEJA COM ÁGUA PARADA?	SIM (x)	SIM (x)	SIM (x)	SIM (x)	SIM (x)
		NÃO ()	NÃO ()	NÃO ()	NÃO ()	NÃO ()
10	TODOS OS BEBEDOUROS POSSUEM FILTROS INSTALADOS?	SIM (x)	SIM (x)	SIM (x)	SIM (x)	SIM (x)
		NÃO ()	NÃO ()	NÃO ()	NÃO ()	NÃO ()

Nota: A identificação dos bebedouros (B01, B02, B03, B05, B07) segue a codificação utilizada neste estudo, baseada nas plantas arquitetônicas fornecidas pelo IFAL – Campus Maceió. As localizações exatas são:
 B01 - Entrada Principal (Térreo);
 B02 - Pátio (Térreo);
 B03 - Bloco de Edificações (Térreo);
 B05 - Bloco de Elétrica (Térreo);
 B07 - Bloco de Física (1º Pavimento).

Fonte: Autora, 2025.

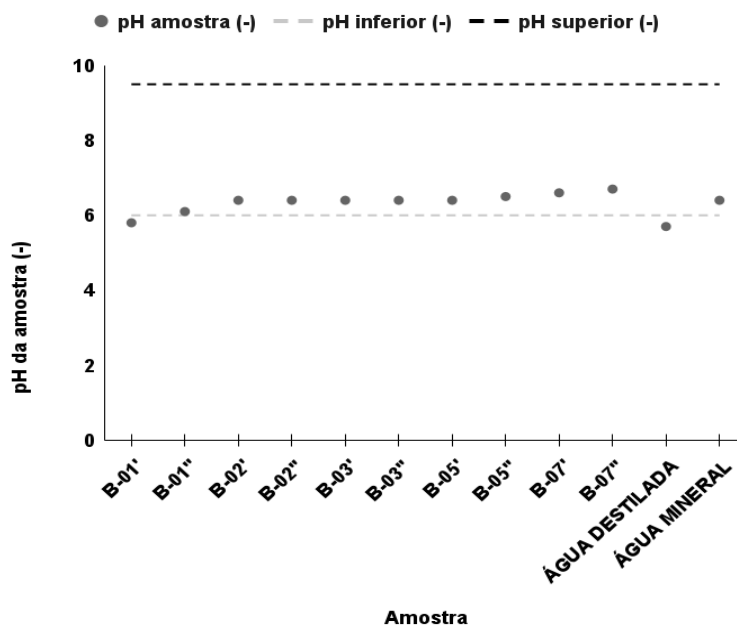
As tabelas e gráficos a seguir mostram os resultados obtidos através de análises laboratoriais das amostras de água colhidas dos bebedouros.

Tabela 3 - Resultados da análise do pH das amostras de água dos bebedouros do Campus Maceió.

PARÂMETRO pH		
Amostra	Valor	Temperatura (°C)
B-01'	5,8	26,5
B-01''	6,1	25,8
B-02'	6,4	26,2
B-02''	6,4	26,0
B-03'	6,4	26,2
B-03''	6,4	26,4
B-05'	6,4	26,3
B-05''	6,5	26,4
B-07'	6,6	26,7
B-07''	6,7	26,8
ÁGUA DESTILADA	5,7	28,5
ÁGUA MINERAL	6,4	26,3

Fonte: Autora, 2025

Gráfico 1 - Valores de pH das amostras de água coletadas nos bebedouros do IFAL – Campus Maceió, comparados aos limites estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021.



Fonte: Autora, 2025

Os valores de pH obtidos nas amostras variaram entre 5,8 e 6,7, permanecendo, em sua maior parte, dentro ou muito próximos da faixa estabelecida pela Portaria GM/MS nº 888/2021, que define limites entre 6,0 e 9,5. O único valor inferior ao limite mínimo foi observado na amostra B01', que registrou pH 5,8 (Gráfico 1).

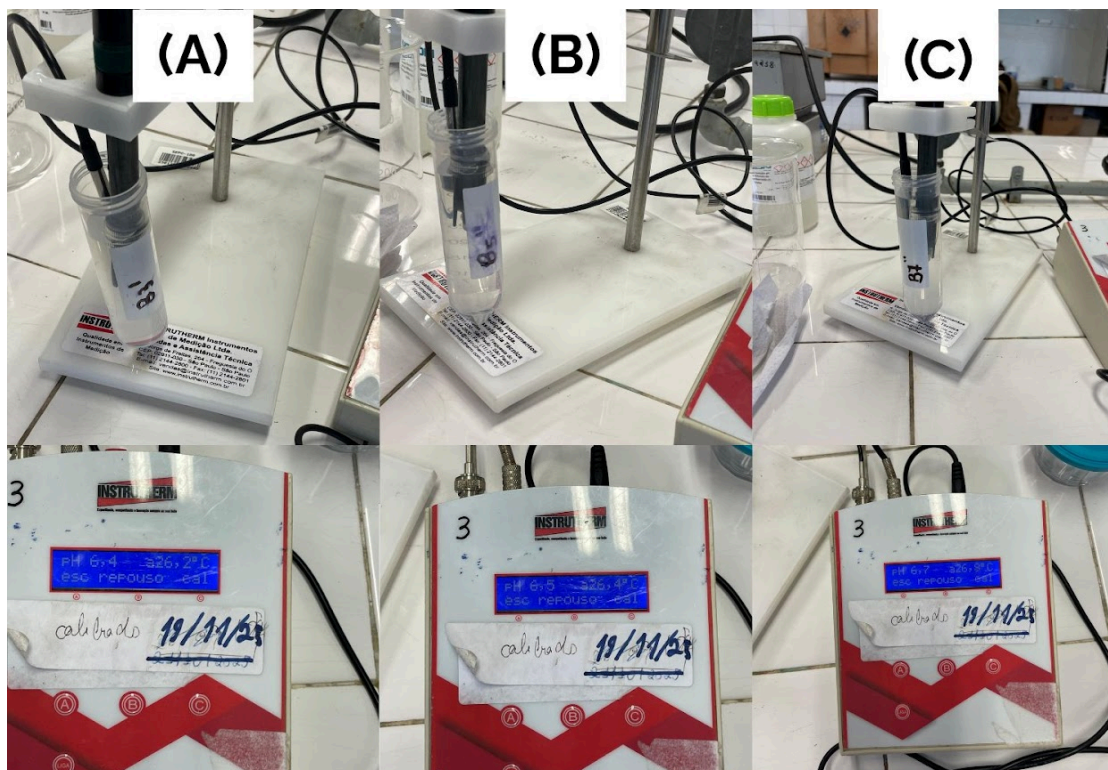
Embora esse valor se situe, em princípio, ligeiramente abaixo do mínimo regulamentar, sua interpretação requer cautela. A diferença observada em relação ao limite inferior é pequena e encontra-se dentro da variação normalmente associada à instrumentação de campo. Na calibração realizada para este ensaio, foram utilizados tampões padrões de pH 4,0 e pH 6,0, sem calibração adicional em faixa alcalina, o que tende a aumentar a incerteza de medições próximas à neutralidade. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2017), pequenas oscilações de pH próximas aos limites normativos podem ocorrer em análises laboratoriais, especialmente quando há variação térmica ou limitações instrumentais.

Outro aspecto relevante para interpretar o valor de 5,8 diz respeito ao material filtrante utilizado nos bebedouros. Os filtros Aquaflow 200 contêm dolomita, um mineral alcalinizante que, em condições normais de operação, contribui para aumentar ligeiramente o pH da água tratada. A degradação da dolomita pode deixar de tamponar a acidez e até modificar o equilíbrio iônico local, resultando em valores de pH ligeiramente mais baixos que o esperado.

Além disso, as duas amostras coletadas no mesmo ponto (B01' e B01'') apresentaram valores quase idênticos, indicando boa repetibilidade das medições e sugerindo que o valor de 5,8 decorre mais de limitações instrumentais e da condição do filtro do que de uma acidez efetivamente incompatível com o consumo humano. A OMS destaca que valores limítrofes devem ser acompanhados, mas não configuram risco imediato quando não há outros indicadores de degradação da água, como alteração de sabor, condutividade anômala ou detecção microbiológica.

Assim, considerando a pequena diferença em relação ao limite, o estado degradado do filtro contendo dolomita, e a repetibilidade entre as medições, não é possível afirmar categoricamente que o bebedouro B01 esteja fora do padrão de potabilidade. Os valores situam-se em uma zona de transição, na qual pequenas oscilações instrumentais e fatores internos ao sistema de filtração podem influenciar o resultado sem representar risco sanitário imediato.

Figura 26 - Análises laboratoriais do pH, (A) - B03', (B) - B05'' e (C) - B07'



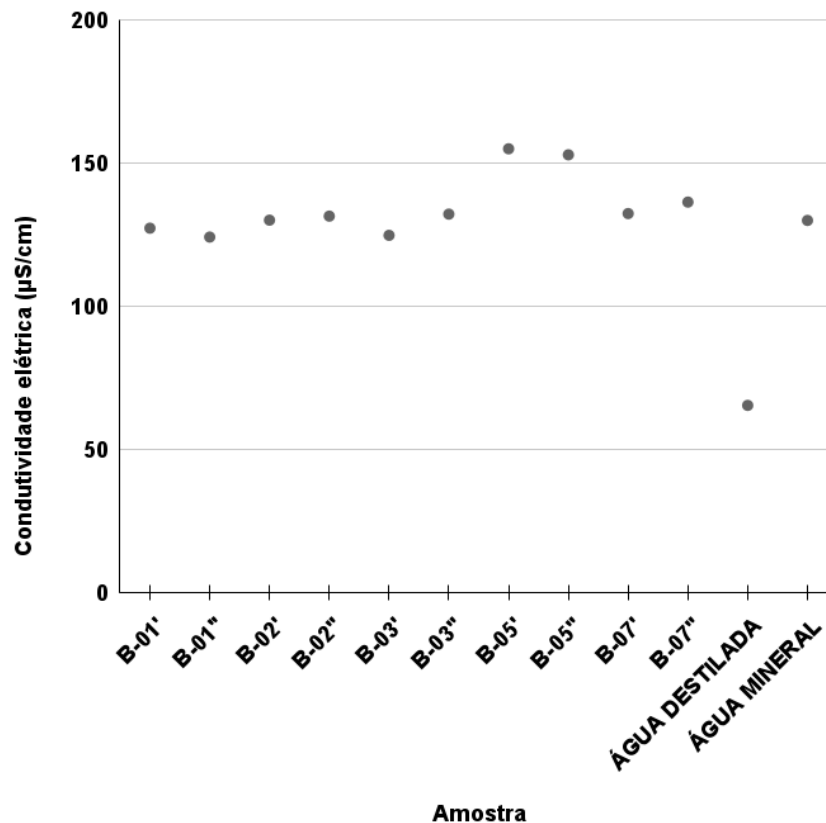
Fonte: Autora, 2025.

Tabela 4 - Valores de condutividade elétrica das amostras de água coletadas nos bebedouros do IFAL – Campus Maceió.

PARÂMETRO CONDUTIVIDADE ELÉTRICA			
Amostra	Valor (média)	Temperatura (°C)	Unidade de medida
B-01'	127,3	27,4	μS/cm
B-01''	124,2	27,2	μS/cm
B-02'	130,1	26,8	μS/cm
B-02''	131,5	26,4	μS/cm
B-03'	124,8	26,4	μS/cm
B-03''	132,2	26,5	μS/cm
B-05'	155,0	26,8	μS/cm
B-05''	152,9	26,6	μS/cm
B-07'	132,4	26,5	μS/cm
B-07''	136,4	26,7	μS/cm
ÁGUA DESTILADA	65,4	28,7	μS/cm
ÁGUA MINERAL	130,0	26,7	μS/cm

Fonte: Autora, 2025.

Gráfico 2 - Valores de condutividade elétrica das amostras de água coletadas nos bebedouros do IFAL – Campus Maceió.



Fonte: Autora, 2025.

Os valores de condutividade elétrica medidos nas amostras variaram entre 124,2 e 155,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$, faixa compatível com água tratada de baixa mineralização. Valores típicos de água potável distribuída em sistemas públicos geralmente variam entre 50 e 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, conforme descrito por Sperling (2014) e corroborado pela Organização Mundial da Saúde (OMS, 2017), que classifica águas com condutividade abaixo de 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ como de baixa concentração iônica (Gráfico 2).

A água destilada apresentou condutividade próxima de 65,46 $\mu\text{S}/\text{cm}$, valor baixo, porém ligeiramente superior ao esperado para água com teor iônico altamente reduzido (0–10 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Essa diferença pode ser atribuída à exposição do frasco ao ambiente e à possível absorção de dióxido de carbono atmosférico — fenômeno que aumenta discretamente a concentração iônica. Ainda assim, o valor permanece significativamente inferior aos observados nos bebedouros.

A água mineral apresentou condutividade de 130,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$, valor muito semelhante às amostras B-02', B-02'', B-03'' e B-07', indicando que a água consumida no campus apresenta mineralização compatível com águas naturais de baixo teor salino (Gráfico 2).

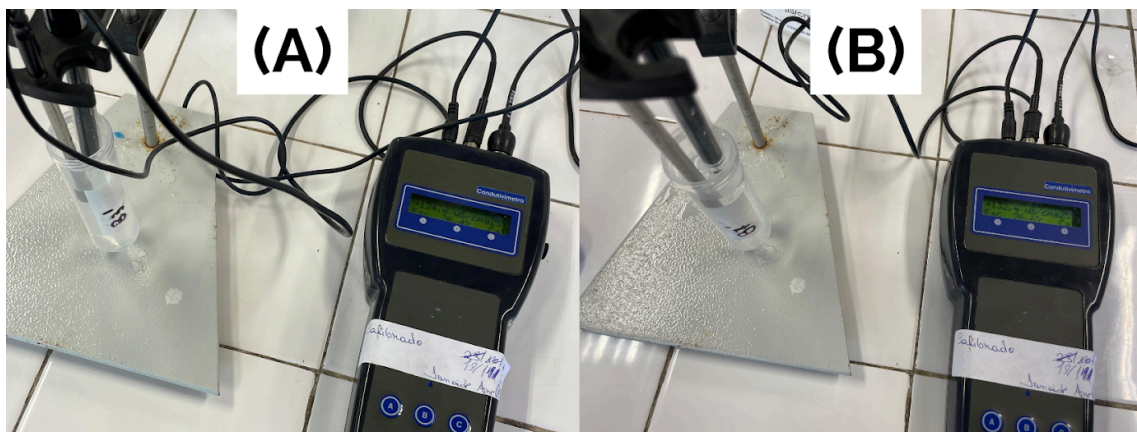
Desta forma, essa comparação evidencia ainda três pontos importantes:

1. Todas as amostras dos bebedouros apresentam condutividade maior que a água destilada, como esperado, confirmando a presença de íons dissolvidos provenientes tanto do tratamento público quanto das interações com o sistema interno dos equipamentos (Gráfico 2).
2. A maior parte dos valores é muito próxima à água mineral, sugerindo que a água distribuída no IFAL possui mineralização normal, condizente com água tratada convencional e sem indicativos de contaminação anômala por sais.
3. O valor mais elevado foi registrado no bebedouro B-05', com 155,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$, acompanhado de 152,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na segunda coleta. Embora ainda dentro de uma faixa segura, esse aumento pode estar relacionado às condições estruturais observadas durante a vistoria: mangueiras danificadas, acúmulo de resíduos de coloração escura nas conexões, presença de ferrugem e sinais de desgaste do filtro. Fatores que favorecem a solubilização de metais (principalmente ferro), desprendimento de partículas depositadas no interior das tubulações e migração de íons provenientes do meio filtrante, especialmente quando o carvão ativado e a dolomita encontram-se saturados (Gráfico 2).

De acordo com a literatura técnica, águas tratadas para consumo humano normalmente apresentam condutividade entre 50 e 150 $\mu\text{S}/\text{cm}$, podendo alcançar valores superiores sem prejuízo sanitário (APHA, 2017; FUNASA, 2014). A Organização Mundial da Saúde (OMS, 2017) reforça que valores de até 400–600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ são considerados aceitáveis, uma vez que a condutividade elétrica não possui implicação direta na saúde humana, servindo apenas como indicador indireto da presença de sais dissolvidos.

Assim, os valores observados neste estudo (124 a 155 $\mu\text{S}/\text{cm}$) situam-se dentro do comportamento esperado para água potável de baixa mineralização e não sugerem risco à saúde ou contaminação anormal (Gráfico 2).

Figura 27 - Análises laboratoriais da condutividade elétrica, (A) - B03' e (B) - B07'



Fonte: Autora, 2025.

Figura 28 - Análises laboratoriais da condutividade elétrica, (A) - B02'' e (B) - B07''



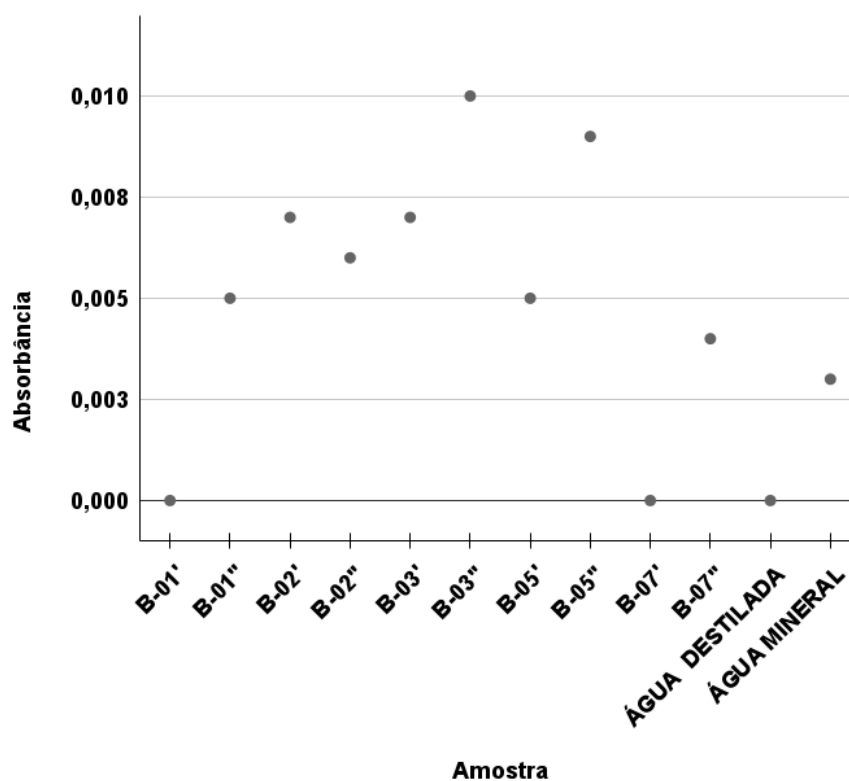
Fonte: Autora, 2025.

Tabela 5 - Valores de absorvância das amostras de água coletadas nos bebedouros do IFAL – Campus Maceió.

PARÂMETRO ABSORBÂNCIA	
Amostra	Valor (média)
B-01'	0,000
B-01"	0,005
B-02'	0,007
B-02"	0,006
B-03'	0,007
B-03"	0,010
B-05'	0,005
B-05"	0,009
B-07'	0,000
B-07"	0,004
ÁGUA DESTILADA	0,000
ÁGUA MINERAL	0,003

Fonte: Autora, 2025.

Gráfico 3 - Valores de absorvância das amostras de água coletadas nos bebedouros do IFAL – Campus Maceió.



Fonte: Autora, 2025.

Os valores de absorvância das amostras variaram entre 0,000 e 0,010, o que indica níveis extremamente baixos de substâncias capazes de absorver luz. Embora visualmente a água apresentasse aspecto límpido, pequenas variações de absorvância revelam a presença de partículas muito finas ou compostos dissolvidos que não são perceptíveis a olho nu (Gráfico 3).

A interpretação desses valores baseia-se na Lei de Lambert-Beer, que estabelece que a absorvância (A) é proporcional à concentração (c) de espécies absorventes presentes na solução, dada pela relação:

$$A = \varepsilon \cdot b \cdot c \quad (\text{eq 01})$$

onde:

- ε é o coeficiente de absorvância molar;
- b é o caminho óptico (espessura da cubeta);
- c é a concentração da substância absorvente.

Segundo a Lei de Lambert-Beer, expressa na equação 01, a absorvância é diretamente proporcional à concentração de espécies que absorvem luz. Assim, mesmo pequenas elevações nos valores medidos — como as variações entre 0,003 e 0,010 observadas nas amostras — indicam aumentos proporcionais na concentração de partículas ou compostos dissolvidos. Essa relação matemática explica por que diferenças tão pequenas, embora invisíveis a olho nu, são detectadas pelo método espectrofotométrico.

A comparação com os controles reforça a consistência dos resultados:

- Água destilada: absorvância 0,000
- Água mineral: absorvância 0,003
- Bebedouros: até 0,010

Esses valores demonstram que o método espectrofotométrico está adequado e sensível a pequenas quantidades de partículas ou compostos dissolvidos.

Os pontos B03 e B05 apresentaram as maiores absorvâncias (0,007 a 0,010). Essa diferença pode estar associada às condições estruturais observadas durante a vistoria, como (Gráfico 3):

- presença de ferrugem nas torneiras;
- acúmulo de resíduos escuros;
- bandejas com água parada;
- filtros saturados.

Esses elementos podem liberar micropartículas ou compostos orgânicos que, embora não causem turbidez elevada, aumentam discretamente a absorbância, conforme previsto pela Lei de Lambert-Beer.

Do ponto de vista sanitário, os valores observados não representam risco à potabilidade, pois permanecem compatíveis com água tratada e com os valores de referência de água mineral. No entanto, a presença dessas pequenas variações indica que o estado físico e a manutenção do bebedouro influenciam diretamente o comportamento óptico da água, reforçando a necessidade de higienização adequada e substituição regular dos filtros.

6.2.1 Integração dos resultados com o funcionamento dos filtros Aquaflow 200

A comparação dos parâmetros físico-químicos com as informações técnicas fornecidas pela empresa responsável pela manutenção revelou coerência entre desgaste do filtro e alterações nos valores das amostras. O Aquaflow 200 opera em três estágios — PLD inicial, carvão ativado e PLD polidor — e cada etapa influencia diretamente um grupo de parâmetros:

- **pH:** alterado devido à ação da dolomita;
- **Condutividade:** aumentada com a saturação do carvão ativado;
- **Transmitância:** reduzida quando o elemento polidor perde eficiência.

6.3 Análise microbiológica

As análises microbiológicas foram realizadas utilizando o kit COLItest® (Figura 30), método colorimétrico amplamente empregado para detecção rápida de contaminação por coliformes totais e *Escherichia coli* em água destinada ao consumo humano.

O método utilizado baseia-se na detecção de enzimas características do grupo coliforme:

- β -galactosidase, para coliformes totais,
- β -glucuronidase, para *E. coli*.

A presença dessas enzimas resulta em reações cromogênicas que permitem identificar visualmente eventuais contaminações. O teste apresenta elevada sensibilidade e é aceito para triagem microbiológica em sistemas de abastecimento e pontos de consumo.

As amostras coletadas dos cinco bebedouros em funcionamento foram acondicionadas em frascos higienizados, mantidas sob refrigeração até o momento da análise e submetidas ao ensaio conforme instruções do fabricante. As imagens abaixo ilustram o processo de análise microbiológica (Figura 29).

Figura 29 - Amostras acondicionadas em tubos Falcon.



Fonte: Autora, 2025.

As análises microbiológicas revelaram ausência de coliformes totais e *Escherichia coli* em todas as amostras coletadas dos cinco bebedouros avaliados (Figura 31). Esse resultado indica que, no momento da coleta, a água fornecida aos usuários atendia plenamente ao critério microbiológico estabelecido pela Portaria GM/MS nº 888/2021, que exige ausência total desses indicadores em 100 mL de amostra, devido ao fato de que sua presença está diretamente associada a risco epidemiológico imediato.

É importante destacar que todas as análises foram realizadas após a substituição dos filtros dos bebedouros. A literatura demonstra que filtros novos, especialmente aqueles contendo carvão ativado associado a barreiras físicas, podem reduzir significativamente a presença de microrganismos nas primeiras semanas de operação. Assim, o resultado satisfatório encontrado deve ser interpretado considerando esse contexto.

O resultado negativo geral reforça que a água proveniente da concessionária e distribuída pelo sistema interno do campus, após atravessar os filtros recém-instalados,

apresentava condições microbiológicas adequadas ao consumo humano. No entanto, a literatura e o próprio VIGIÁGUA alertam que a conformidade microbiológica pode variar rapidamente em função de falhas na higienização, desgaste de componentes, biofilme em tubulações e uso inadequado por parte dos usuários.

Portanto, a ausência de coliformes neste estudo não elimina a necessidade de monitoramento contínuo, especialmente em ambientes de grande circulação, como o IFAL – Campus Maceió, onde mais de seis mil pessoas consomem água diariamente.

Figura 30 - Preparação das amostras para análise pelo método COLItest®



Fonte: Autora, 2025.

Figura 31 - Resultado da análise após 22 horas na estufa bacteriológica a 35 ± 2 °C



Fonte: Autora, 2025.

7. CONCLUSÕES

A partir do levantamento inicial dos nove bebedouros existentes no IFAL – Campus Maceió e da análise físico-química e microbiológica das amostras coletadas, este estudo permitiu compreender não apenas a qualidade da água fornecida à comunidade acadêmica, mas também o estado da infraestrutura predial de abastecimento e os impactos diretos da manutenção sobre o desempenho dos equipamentos.

Os resultados obtidos indicam que, no momento das análises, a água dos bebedouros apresentava parâmetros físico-químicos compatíveis com os esperados para água tratada, conforme as diretrizes da Portaria GM/MS nº 888/2021. Pequenas variações observadas no pH, na condutividade elétrica e na absorvância permaneceram dentro de faixas consideradas aceitáveis pela literatura técnico-científica, não representando risco sanitário imediato.

A aplicação da espectrofotometria, fundamentada na Lei de Lambert-Beer, reforçou a baixa presença de partículas ou compostos absorventes, enquanto as análises microbiológicas realizadas pelo método COLItest® confirmaram ausência de coliformes totais e *Escherichia coli* em todas as amostras. Esses achados conferem segurança microbiológica à água consumida, embora devam ser interpretados com cautela devido à troca recente dos filtros, processo que sabidamente melhora o desempenho microbiológico de sistemas de filtração de pequeno porte.

Apesar dos resultados satisfatórios, a inspeção física dos bebedouros revelou um cenário estrutural preocupante, especialmente no levantamento realizado em julho de 2025: filtros vencidos há mais de dois anos, presença de coloração esverdeada, mangueiras danificadas, pontos de corrosão, sujeira acumulada e equipamentos inoperantes. A substituição emergencial dos filtros entre julho e novembro evidencia uma fragilidade no processo de manutenção preventiva, demonstrando que a qualidade da água fornecida aos usuários depende diretamente da rotina de inspeção e do cumprimento rigoroso da vida útil dos elementos filtrantes, o que é amplamente reforçado por normas como a ABNT NBR 16098:2012 e por diretrizes da FUNASA e da OMS.

Do ponto de vista da engenharia civil, os resultados deste estudo têm implicações importantes nas áreas de instalações prediais, operação e manutenção de sistemas de abastecimento, gestão de infraestrutura escolar e vigilância da qualidade da água, uma vez que, bebedouros são componentes finais do sistema predial de consumo e, portanto, refletem

o desempenho integrado das tubulações, reservatórios, conexões, materiais empregados e rotinas de higienização.

Conclui-se, portanto, que a água fornecida pelos bebedouros do IFAL – Campus Maceió apresentou conformidade no momento das análises; entretanto, a manutenção desse cenário depende de ações contínuas, sistematizadas e tecnicamente orientadas. Como desdobramento aplicado deste estudo, será disponibilizado à instituição um documento de apoio com orientações, elaborado como produto desta pesquisa e disponibilizado integralmente no Apêndice A contendo informações que possibilitam a elaboração de um relatório de manutenção de bebedouros, destinado a apoiar a gestão da qualidade da água, otimizar a vida útil dos equipamentos e fortalecer a operação da infraestrutura predial de abastecimento.

Assim, este trabalho de conclusão de curso contribui não apenas com a identificação das condições atuais, mas também com a proposição de práticas alinhadas à Engenharia Civil, oferecendo subsídios concretos para a tomada de decisão institucional e abrindo caminho para futuras pesquisas voltadas à gestão integrada da qualidade da água em ambientes educacionais públicos.

8. REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16098:2012** – Aparelhos de melhoria da qualidade da água para uso residencial. Rio de Janeiro, 2012.

ALAGOAS. **Lei Estadual nº 7.081, de 16 de janeiro de 2009**. Institui a Política Estadual de Saneamento Básico. Diário Oficial do Estado de Alagoas, Maceió, 2009.

ALAGOAS. **Lei Estadual nº 7.590, de 10 de outubro de 2014**. Institui o Programa de Conservação e Uso da Água em Edificações Públicas e Privadas. Diário Oficial do Estado de Alagoas, Maceió, 2014.

AMORIM, J. N. G.; COSTA, D. A. L. Qualidade da água em escolas públicas: uma revisão integrativa. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 4, 2022.

APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 23. ed. Washington, DC, 2017.

ARSAL – AGÊNCIA REGULADORA DE SERVIÇOS PÚBLICOS DO ESTADO DE ALAGOAS. **Resolução nº 137, de 2014**. Aprova o Regulamento Geral dos Serviços de Saneamento Básico. Maceió, 2014.

BERGAMIN FILHO, H.; ZAGATTO, E. A. G. **Espectrofotometria: princípios, métodos e aplicações**. São Paulo: CENA/USP, 2016.

BEZERRA, A. L. et al. Estudos sobre qualidade da água em instituições de ensino. 2019.

BRASIL. **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020**. Atualiza o Marco Legal do Saneamento Básico. Diário Oficial da União, Brasília, 2020.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, Brasília, 2021.

BRK AMBIENTAL. **Programa Água Boa nas Escolas**. Relatórios técnicos. Maceió, 2024.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. São Carlos: Rima, 2005.

FAVORETI, M. C. M. et al. Água para consumo humano e sua potabilidade: legislação brasileira. **Revista CTS**, 2022.

FUNASA – FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual prático de análise de água**. 4. ed. Brasília: FUNASA, 2013.

INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS. **Manual de elaboração de trabalhos acadêmicos**. Maceió: IFAL, 2016.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas: Átomo, 2010.

LIMA, L. D.; SANTOS, C. A.; SILVA, A. C. P. Qualidade da água em bebedouros escolares. **Revista Brasileira de Educação e Saúde**, 2020.

MACEIÓ. **Lei Municipal nº 6.755, de 2018**. Institui a Política Municipal de Saneamento Básico. Diário Oficial do Município de Maceió, 2018.

MACEIÓ. **Lei Municipal nº 7.028, de 2020**. Institui o Código Municipal de Vigilância Sanitária. Diário Oficial do Município de Maceió, 2020.

QUEIROZ, J. S. et al. Avaliação da água em escolas públicas de Mossoró. 2017.

SANTOS, R. M.; FERREIRA, L. C.; ANDRADE, T. S. Desempenho de filtros domésticos na remoção de parâmetros físico-químicos em água potável. **Revista Ambiente & Água**, v. 15, n. 5, 2020.

SANTOS, A. F. et al. Estudo sobre contaminação cruzada em bebedouros. 2019.

SECRETARIA MUNICIPAL DE SAÚDE DE MACEIÓ. **Relatório de monitoramento da água em escolas e creches**. Maceió, 2021.

SILVA, J. R. et al. Qualidade da água de bebedouros de uma universidade pública de Maceió. 2024.

SILVA, M. L. et al. Qualidade da água em escolas de Rondônia. 2021.

SMART CLIMATIZAÇÃO. **Laudo técnico de caracterização – Refil Aquaflow 200**. Maceió, 2025. Documento emitido em resposta ao Ofício nº 012/2025 do IFAL – Campus Maceió.

SOUZA, J. P.; ALMEIDA, A. K. Avaliação da qualidade da água de bebedouros em ambientes escolares. **Revista Saúde e Meio Ambiente**, v. 12, n. 1, 2019.

ZULPÔ, S. et al. Análise de coliformes e parâmetros físico-químicos em bebedouros de instituições de ensino superior. Paraná, 2010.

9. APÊNDICE

Figura 1 - Análise da absorvância com auxílio do espectrofotômetro, no laboratório de Química do IFAL - Campus Maceió.



Fonte: Autora, 2025.

Figura 2 - Resultado das análises microbiológica pelo método COLItest®



Fonte: Autora, 2025.

Figura 3 - Condições externas do bebedouro B01 - Pavimento térreo



B01

Fonte: Autora, 2025.

Figura 4 - Condições externas do bebedouro B01 - Pavimento térreo



B01

Fonte: Autora, 2025.

Figura 5 - Condições externas do bebedouro B01 - Pavimento térreo



Fonte: Autora, 2025.

Figura 6 - Condições externas do bebedouro B02 - Pavimento térreo



Fonte: Autora, 2025.

Figura 7 - Condições externas do bebedouro B02 - Pavimento térreo



Fonte: Autora, 2025.

Figura 8 - Condições externas do bebedouro B02 - Pavimento térreo



Fonte: Autora, 2025.

Figura 9 - Condições externas do bebedouro B03 - Pavimento térreo



Fonte: Autora, 2025.

Figura 10 - Condições externas do bebedouro B03 - Pavimento térreo



Fonte: Autora, 2025.

Figura 11 - Condições externas do bebedouro B03 - Pavimento térreo



Fonte: Autora, 2025.

Figura 12 - Condições externas do bebedouro B05 - Pavimento térreo



Fonte: Autora, 2025.

Figura 13 - Condições externas do bebedouro B05 - Pavimento térreo



Fonte: Autora, 2025.

Figura 14 - Condições externas do bebedouro B07 - 1º pavimento



Fonte: Autora, 2025.

Figura 15 - Condições externas do bebedouro B07 - 1º pavimento



Fonte: Autora, 2025.

Apêndice A - Sugestões de ações para a manutenção da qualidade da água dos bebedouros que será disponibilizado para o IFAL - Campus Maceió.

Sugestões de ações para a manutenção da qualidade da água nos bebedouros

Instituto Federal de Alagoas – Campus Maceió

Documento de Apoio à Gestão da Infraestrutura e da Qualidade da Água

1. OBJETIVO DO DOCUMENTO

Este documento tem como finalidade apresentar recomendações práticas, padronizadas e baseadas em evidências para o monitoramento, manutenção e gestão da qualidade da água distribuída pelos bebedouros do IFAL – Campus Maceió. O documento reúne orientações derivadas das análises físico-químicas, microbiológicas e estruturais realizadas no estudo acadêmico, visando melhorar a segurança sanitária e o desempenho dos equipamentos.

2. CONTEXTO GERAL

O IFAL – Campus Maceió recebe diariamente milhares de usuários, entre estudantes, servidores, terceirizados e visitantes. Os bebedouros desempenham papel fundamental na promoção do bem-estar e na garantia do acesso à água potável.

Os levantamentos realizados em julho e novembro de 2025 identificaram:

- Existência original de 9 bebedouros distribuídos entre térreo, 1º e 2º pavimentos;
- Apenas 5 bebedouros funcionando no segundo levantamento;
- Presença de filtros vencidos por mais de dois anos (levantamento inicial);
- Condições estruturais inadequadas como ferrugem, vazamentos, sujeira acumulada e mangueiras oxidadas;
- Ausência de um cronograma institucional formal de manutenção e substituição de filtros.

As análises laboratoriais indicaram que, após substituição dos filtros, a água atendeu aos padrões de potabilidade da Portaria GM/MS nº 888/2021. Entretanto, a manutenção

irregular comprometeu anteriormente a integridade dos equipamentos e pode comprometer novamente se não houver controle contínuo.

3. RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS PARA MANUTENÇÃO DOS BEBEDOUROS

3.1 Troca de filtros – Procedimento e periodicidade

Modelo utilizado: Aquaflow 200 (3 estágios: PLD inicial, carvão ativado com prata coloidal, PLD polidor).

Vida útil nominal: 6 meses ou 3.000 litros, o que ocorrer primeiro.

Recomendações: - Implementar substituição obrigatória dos refis a cada 6 meses; - Adotar planilha ou sistema digital para controle de datas e alerta automático de troca; - Registrar data e assinatura da equipe responsável a cada procedimento; - Inspeccionar visualmente o refil removido para identificar saturação ou coloração anormal (verde, marrom ou escura).

3.2 Higienização periódica dos bebedouros

Frequência recomendada: Quinzenal.

Etapas sugeridas:

1. Desenergizar o equipamento antes da limpeza;
2. Limpar externamente o corpo do bebedouro com solução de água e detergente neutro;
3. Remover e higienizar bandejas com água sanitária diluída (200 ppm);
4. Higienizar bicos, difusores e conexões aparentes;
5. Verificar formação de biofilme ou sujeira interna e, se presente, acionar equipe de manutenção para desmontagem técnica.

3.3 Inspeção estrutural dos equipamentos

Itens que devem ser avaliados mensalmente:

- Condição das mangueiras internas (oxidação, ressecamento, vazamentos);
- Integridade das conexões hidráulicas;
- Presença de ferrugem em chapas, parafusos e estruturas metálicas;
- Funcionamento do resfriamento;

- Vazamentos na bandeja inferior;
- Estado da tubulação de entrada.

Bebedouros com danos estruturais devem ser encaminhados à substituição ou reparo imediato.

4. RECOMENDAÇÕES PARA MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA

4.1 Parâmetros a serem avaliados

Recomenda-se monitoramento semestral dos seguintes parâmetros:

- **pH;**
- **Condutividade elétrica;**
- **Absorbância/transmitância** (indicadores ópticos complementares);
- **Coliformes totais e *E. coli*.**

4.2 Responsabilidade e registro

- Realizar análises em parceria com laboratórios do próprio IFAL (Química, Meio Ambiente ou Estruturas/Hidráulica quando aplicável);
- Registrar resultados em planilha institucional padronizada;

5. PADRONIZAÇÃO DA CODIFICAÇÃO DOS BEBEDOUROS

Para facilitar o monitoramento, recomenda-se manter a codificação utilizada no TCC:

- **B01, B02, B03, B04, B05, B06, B07, B08 e B09** (térreo, 1º e 2º pavimentos);
- Identificação fixa instalada discretamente no equipamento;
- Registro fotográfico atualizado a cada troca de filtro.

6. RECOMENDAÇÕES DE GESTÃO E INFRAESTRUTURA (ENGENHARIA CIVIL)

Com base em inspeções e análises laboratoriais, recomenda-se que o IFAL implemente:

6.1 Plano de manutenção preventiva da infraestrutura predial

- Inclusão dos bebedouros no Plano de Manutenção, Operação e Controle (PMOC) interno do campus;
- Definição de equipe responsável e periodicidade fixa.

6.2 Mapeamento hidráulico interno dos pontos de abastecimento

- Atualizar plantas e registros de tubulações;
- Identificar potenciais pontos de estagnação;
- Verificar se a pressão e vazão atendem às necessidades dos equipamentos.

6.3 Avaliação anual da integridade das tubulações

- Verificar trechos com maior risco de corrosão;
- Planejar substituições preventivas;
- Registrar intervenções em prontuário técnico.

7. MODELO PARA PLANILHA DE CONTROLE DE MANUTENÇÃO

7.1 Troca de filtros

- Código do bebedouro;
- Data da troca;
- Nome do técnico responsável;
- Observações (condição do filtro, sinais de saturação etc.);
- Próxima troca programada.

7.2 Inspeção mensal

- Estrutura metálica;
- Mangueiras;
- Vazamentos;
- Funcionamento do resfriamento;
- Condição da bandeja;
- Assinatura do responsável.

7.3 Monitoramento da água

- Data da coleta;
- Parâmetros analisados;

- Resultados obtidos;
- Conformidade com Portaria 888/2021;
- Encaminhamento de ações corretivas.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As evidências coletadas demonstram que, embora a água dos bebedouros do IFAL – Campus Maceió tenha apresentado conformidade no momento das análises, a manutenção irregular impacta diretamente a segurança do fornecimento.

A adoção deste relatório técnico como documento institucional contribuirá para:

- Garantir a potabilidade da água distribuída;
- Reduzir riscos sanitários;
- Prolongar a vida útil dos equipamentos;
- Fortalecer a gestão da infraestrutura predial;
- Promover um ambiente escolar mais seguro.

Recomenda-se que este documento seja atualizado anualmente com base nas inspeções, análises e melhorias implementadas.

Responsável pelo Documento:

Adryelle Evellin dos Santos Araújo – Discente de Engenharia Civil IFAL – Campus Maceió

Data: 17 de Dezembro de 2025