



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DAS LICENCIATURAS INTERDISCIPLINARES
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS NATURAIS/QUÍMICA**

SERGIO MURILO SANTOS DA SILVA

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA UTILIZADA NA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO – CENTRO DE CIÊNCIAS DE SÃO
BERNARDO**

São Bernardo - MA
2025

SERGIO MURILO SANTOS DA SILVA

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA UTILIZADA NA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO – CENTRO DE CIÊNCIAS DE SÃO
BERNARDO**

Monografia apresentada como Trabalho de Conclusão de Curso à banca examinadora do Curso de Licenciatura em Ciências Naturais/Química, da Universidade Federal Do Maranhão como requisito final para a obtenção do grau de Licenciando em Ciências Naturais com habilitação em Química.

Orientadora: Dr^a. Maria do Socorro Evangelista Garreto

Silva, Sergio Murilo Santos da.

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA UTILIZADA NA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO CENTRO DE CIÊNCIAS DE
SÃO BERNARDO / Sergio Murilo Santos da Silva. - 2025.
68 p.

Orientador(a): Maria do Socorro Evangelista Garreto.
Curso de Ciências Naturais - Química, Universidade
Federal do Maranhão, Centro de Ciências de São Bernardo,
2025.

1. Análise de Água. 2. Potabilidade. 3. Gestão
Hídrica. I. Garreto, Maria do Socorro Evangelista. II.
Título.

SERGIO MURILO SANTOS DA SILVA

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA UTILIZADA NA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO – CENTRO DE CIÊNCIAS DE SÃO
BERNARDO**

Monografia apresentada como Trabalho de Conclusão de Curso à banca examinadora do Curso de Licenciatura em Ciências Naturais/Química, da Universidade Federal Do Maranhão como requisito final para a obtenção do grau de Licenciando em Ciências Naturais com habilitação em Química.

Aprovado em: 21/07/2025

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a. Maria do Socorro Evangelista Garreto (orientadora)
Universidade Federal do Maranhão – CCNQ CCSB

Prof. Dr. Josberg Silva Rodrigues
Universidade Federal do Maranhão – CCNQ CCSB

Prof.^a Dr.^a. Louise Lee da Silva Magalhães
Universidade Federal do Maranhão – CCNQ CCSB

AGRADECIMENTOS

A conclusão deste trabalho representa a materialização de um percurso repleto de desafios, aprendizados e superações. Nesse sentido, é com gratidão que registro meus sinceros agradecimentos a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização desta etapa tão significativa da minha vida acadêmica.

Agradeço primeiramente a Deus, pela vida, pela força e pela sabedoria concedidas ao longo da minha trajetória universitária. Sem sua presença constante, não teria sido possível chegar até aqui.

À Universidade Federal do Maranhão, em especial ao curso de Licenciatura em Ciências Naturais com Habilitação em Química, agradeço pela formação sólida e pelo espaço de aprendizado e crescimento que me foram proporcionados.

À minha orientadora, Professora Doutora Maria do Socorro Evangelista Garreto, expresso minha mais profunda gratidão pela orientação competente, pela paciência, pela disponibilidade e pelo comprometimento com minha formação acadêmica e com o desenvolvimento deste trabalho.

À minha família, pelo amor incondicional, apoio constante e incentivo nos momentos mais difíceis. À minha namorada, pela parceria, compreensão e presença essencial durante toda a jornada. Aos amigos e amigas, que estiveram presentes com palavras de encorajamento, companheirismo e escuta, deixo também meu muito obrigado.

Estendo ainda meus agradecimentos a todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização deste trabalho e para a construção da minha trajetória acadêmica.

A todos, minha sincera gratidão.

RESUMO

A contaminação da água pode ocorrer por diversas fontes, como resíduos industriais, esgoto, lixo e até mesmo a própria infraestrutura de distribuição que pode liberar partículas ou substâncias contaminantes. A água poluída em universidades pode comprometer a qualidade de experimentos, análises e principalmente a saúde humana, pois a água contaminada pode causar doenças em estudantes e funcionários que entram em contato com ela, seja por consumo direto ou indireto. Desse modo, no ambiente universitário, o monitoramento da qualidade da água utilizada é essencial para garantir a segurança da comunidade e o bom funcionamento das atividades acadêmicas. No Centro de Ciências de São Bernardo, duas fontes hídricas são utilizadas: uma para consumo humano e outra para atividades operacionais, como limpeza, manutenção, irrigação das plantas e etc. Diante disso, este trabalho tem como objetivo principal caracterizar a água utilizada nas dependências do campus em termos dos parâmetros físico-químicos como pH, condutividade elétrica, temperatura, dureza total, teor de cálcio, magnésio e cloretos. Para tanto, coletaram-se amostras de água em diferentes pontos do campus, seguida de análises laboratoriais baseadas em procedimentos padronizados para avaliação da qualidade da água. Os dados obtidos foram comparados com os padrões estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021, que define os critérios de potabilidade da água para consumo humano. Os resultados preliminares indicam que, em sua maioria, os parâmetros analisados encontram-se dentro dos limites recomendados. As amostras da água disponível nos bebedouros apresentam boa potabilidade e adequação ao consumo diário da comunidade acadêmica. Entretanto, as amostras da água destinada para uso geral apresentaram pH mais ácido, temperaturas elevadas e alta concentração de cloretos, o que pode comprometer a qualidade da água e causar danos nas tubulações e equipamentos de laboratório. Ratifica-se a importância do monitoramento contínuo da qualidade da água no campus a partir da análise físico-química, bem como da análise microbiológica, que é essencial para garantir a segurança da comunidade acadêmica e a eficiência das atividades institucionais, além de contribuir para uma gestão hídrica sustentável e preventiva.

Palavras-chave: análise de água, potabilidade, gestão hídrica.

ABSTRACT

Water contamination can occur from various sources, such as industrial waste, sewage, garbage, and even the distribution infrastructure itself, which can release particles or contaminating substances. Polluted water in universities can compromise the quality of experiments, analyses, and especially human health, as contaminated water can cause illnesses in students and staff who come into contact with it, either through direct or indirect consumption. Therefore, in the university environment, monitoring the quality of the water used is essential to ensure the safety of the community and the proper functioning of academic activities. At the Center for Sciences in São Bernardo, two water sources are used: one for human consumption and another for operational activities such as cleaning, maintenance, plant irrigation, etc. In this context, the main objective of this study is to characterize the water used on campus facilities in terms of physicochemical parameters, such as pH, electrical conductivity, temperature, total hardness, calcium content, magnesium, and chlorides. For this purpose, water samples were collected at different points on campus, followed by laboratory analyses based on standardized procedures for assessing water quality. The data obtained were compared with the standards established by Ordinance GM/MS No. 888/2021, which defines the potability criteria for water intended for human consumption. Preliminary results indicate that, for the most part, the analyzed parameters are within the recommended limits. The water samples from drinking fountains show good potability and are suitable for the daily consumption of the academic community. However, the water samples intended for general use showed a more acidic pH, elevated temperatures, and a high concentration of chlorides, which can compromise water quality and cause damage to pipelines and laboratory equipment. This reinforces the importance of continuous monitoring of water quality on campus through physicochemical analysis, as well as microbiological analysis, which is essential to ensure the safety of the academic community and the efficiency of institutional activities, in addition to contributing to sustainable and preventive water management.

Keywords: Water analysis, Potability, Water management

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Localização da UFMA indicado pelo alfinete na cidade de São Bernardo – MA.....	p. 13
Figura 02 – Localização do município de São Bernardo – MA, BR.....	p. 14
Tabela 01 – padrões de dureza total da água.....	p. 18
Imagem 01 – pHmetro digital Alfakit AT-315.....	p. 26
Imagem 02 – Condutivímetro PHTEK Cd-203.....	p. 26
Equação 01 – Cálculo da média dos volumes de EDTA consumidos nas titulações.....	p. 27
Imagem 03 – Início da titulação de dureza total.....	p. 28
Imagem 04 – Ponto final da titulação de dureza total.....	p. 28
Equação 02 – Cálculo da determinação de Dureza total.....	p. 28
Imagem 05 – Início da titulação do teor de cálcio.....	p. 29
Imagem 06 – Ponto final da titulação do teor de cálcio.....	p. 29
Equação 03 – Cálculo de determinação de teor de Cálcio (Ca^{2+})	p. 29
Equação 04 – Cálculo de determinação de teor de Magnésio (Mg^{2+})	p. 29
Imagem 07 – Início da titulação do teor de cloretos.....	p. 30
Imagem 08 – Durante a titulação do teor de cloretos.....	p. 30
Imagem 09 – ponto final da titulação de teor de cloretos.....	p. 30
Equação 05 – Cálculo do teor de cloretos.....	p. 30
Imagem 10 – Bebedouro do prédio central.....	p. 31
Imagem 11 – Bebedouro do prédio de música.....	p. 32
Imagem 12 – Torneira no laboratório de biologia.....	p. 33
Imagem 13 – Torneira no laboratório de Química.....	p. 33
Imagem 14 – Torneira no laboratório de física.....	p. 34
Imagem 15 – Torneira na copa do prédio central.....	p. 35
Imagem 16 – Torneira na copa do prédio de música.....	p. 35
Imagem 17 – Torneira na copa do restaurante universitário.....	p. 36
Tabela 02 – Pontos de coleta, finalidade e fornecimento.....	p. 37
Gráfico 01 – Temperaturas nos pontos de coletas.....	p. 38
Gráfico 02 – pH nos pontos de coletas.....	p. 39
Gráfico 03 – Condutividade Elétrica nos pontos de coletas.....	p. 42
Gráfico 04 – Dureza Total nos pontos de coletas.....	p. 44
Gráfico 05 – Teor de cálcio nos pontos de coletas.....	p. 46

Gráfico 06 – Teor de magnésio nos pontos de coletas.....	p. 47
Gráfico 07 – teor de cloretos nos pontos de coletas.....	p. 49
Tabela 03 – Temperaturas aferidas in loco.....	Anexo A, p. 59
Tabela 04 – valores de pH aferidos in loco.....	Anexo B, p. 60
Tabela 05 – Valores de condutividade elétrica.....	Anexo C, p. 61
Tabela 06 – valores de dureza total.....	Anexo D, p. 62
Tabela 07 – Teor de cálcio (Ca^{2+})	Anexo E, p. 63
Tabela 08 – Teor de Magnésio (Mg^{2+})	Anexo F, p. 64
Tabela 09 – Valores de Cloretos (Cl^-).....	Anexo G, p. 65
Tabela 10 – Volumes consumido nas titulações em dezembro de 2024.....	Anexo H, p.66
Tabela 11 – Volumes consumido nas titulações em fevereiro de 2025.....	Anexo H, p. 66
Tabela 12 – Volumes consumido nas titulações em dezembro de 2024.....	Anexo I, p. 67
Tabela 13 – Volumes consumido nas titulações em fevereiro de 2025.....	Anexo I, p 67
Tabela 14 – Volumes consumido nas titulações em dezembro de 2024.....	Anexo J, p. 68
Tabela 15 – Volumes consumido nas titulações em fevereiro de 2025.....	Anexo J, p. 68

Sumário

1 INTRODUÇÃO	11
2 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	13
2.1 Local De Pesquisa	13
2.2 Qualidade da Água: Aspectos Fundamentais e Importância	14
2.3 Parâmetros físico-químico.....	15
2.4 Normas e Legislação: Padrões de Qualidade Segundo Órgãos Reguladores	19
2.5 Método de Coleta de Amostras.....	23
3 METODOLOGIA.....	25
3.1 Atualização bibliográfica.....	25
3.2 Coleta de Amostras e Medições <i>in Loco</i>	25
3.3 Análises em Laboratório.....	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
4.1 Caracterização dos Pontos de coletas	31
4.2 Análise dos Parâmetros Físico-Químicos da Água.....	37
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	51
6 REFERÊNCIAS.....	53
ANEXOS	58

1 INTRODUÇÃO

A poluição e contaminação da água em ambientes universitários é uma problemática séria, com impactos ambientais e de saúde significativos. A má gestão de resíduos, o uso inadequado de produtos químicos e a falta de saneamento básico são causas importantes de problemas ambientais e de saúde. As consequências incluem a contaminação de fontes de água, proliferação de doenças e danos à biodiversidade. A água poluída em universidades e laboratórios pode comprometer a qualidade de experimentos, análises e até mesmo a saúde humana, além de causar problemas ambientais.

Segundo o Vergo Ambiental (2025), sem um monitoramento eficiente, riscos como poluição por metais pesados, produtos químicos e microrganismos patogênicos podem passar despercebidos colocando em risco a saúde pública e o meio ambiente. No contexto da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), a importância de monitorar a qualidade da água é muito relevante, pois a fonte principal de abastecimento é subterrânea e a má qualidade da água pode comprometer não apenas a infraestrutura e os equipamentos da instituição, mas afetar diretamente as atividades acadêmicas, administrativas e de pesquisa. A falta de tratamento adequado da água utilizada em laboratórios e universidades pode levar a resultados inconsistentes em análises, afetando a confiabilidade dos dados científicos e o desenvolvimento de pesquisas. Além disso, a água contaminada pode causar doenças seja por consumo direto, como das águas dos bebedouros, ou indireto, como através de alimentos preparados com água contaminada.

Conforme destaca Pimenta (2009, p. 395), a qualidade da água é afetada por fatores físicos, químicos e biológicos, que impactam sua potabilidade e adequação para diferentes usos, como abastecimento público, agricultura e indústria, além da preservação dos ecossistemas. A dispersão de substâncias na água ocorre através da dissolução de minerais, do escoamento superficial, da infiltração no solo e da precipitação atmosférica, que podem carregar elementos dissolvidos das rochas e do ar para os corpos hídricos. Sobre essa perspectiva, substâncias como cálcio, magnésio, ferro, sulfato e cloreto podem se espalhar amplamente nos ambientes aquáticos, influenciando a composição da água e, consequentemente, sua adequação para diferentes usos.

Para mitigar esses problemas, é crucial monitorar e gerenciar de forma eficaz os recursos hídricos. Nesse contexto, a análise de parâmetros físico-químicos como pH, condutividade, dureza total, cálcio, magnésio, e cloreto é essencial para avaliar a adequação da água para diferentes usos.

Portanto, a escolha deste tema justifica-se pela necessidade de garantir a qualidade da água utilizada no Centro de Ciências de São Bernardo - UFMA. Neste campus, são utilizadas duas fontes hídricas com finalidades distintas: uma destinada ao consumo humano e outra para atividades que não envolvem ingestão, como limpeza, manutenção e etc. Esse cenário requer um monitoramento contínuo, uma vez que o uso inadequado ou a contaminação da água podem comprometer tanto a saúde da comunidade acadêmica quanto a eficiência das atividades institucionais.

Diante desse cenário, este trabalho tem como objetivo principal de caracterizar a água utilizada nas dependências da Universidade Federal do Maranhão - Centro de Ciências de São Bernardo como própria ou imprópria para os diferentes usos a que se destina, em termos dos parâmetros físico-químicos. E, como objetivos específicos, determinar os parâmetros físico-químicos da água, como pH, condutividade elétrica, temperatura, dureza total, teor de cálcio, magnésio e cloretos; identificar as principais fontes de abastecimento de água utilizadas no Campus São Bernardo; comparar os resultados obtidos com os padrões de qualidade estabelecidos pela legislação vigente (Portaria GM/MS nº 888/2021); avaliar os riscos à saúde associados ao consumo da água no campus, com base nos resultados obtidos nas análises laboratoriais; contribuir com dados e informações para a gestão ambiental e sanitária da universidade, subsidiando futuras políticas institucionais voltadas à segurança hídrica. A relevância deste estudo reside em oferecer subsídios para a gestão hídrica institucional, promovendo práticas que assegurem a segurança e a eficiência no uso dos recursos hídricos.

2 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

2.1 Local De Pesquisa

De acordo com o portal da UFMA (Universidade Federal do Maranhão) a instituição é uma das principais instituições de ensino superior do Nordeste brasileiro, com uma ampla rede de campi distribuídos por diversas cidades do estado.

A UFMA em São Bernardo teve suas atividades iniciadas em 2010, O campus está localizado próximo à zona urbana de São Bernardo, atendendo não apenas a população local, mas também estudantes de cidades vizinhas como Magalhães de Almeida, Araisos, Santa Quitéria do Maranhão e etc.

Figura 01: Localização da UFMA indicado pelo alfinete na cidade de São Bernardo – MA



Fonte: Google Maps 2024

Segundo dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas) São Bernardo do Maranhão é um município histórico localizado no extremo norte do estado, a aproximadamente 370 km de São Luís.

De acordo com análise feita pelo IBGE em 2024, São Bernardo (MA) conta com uma população de 27.887 habitantes, ocupando a 57ª posição entre os municípios mais populosos do estado do Maranhão. Seu território abrange uma área de 1.005,824 km², de acordo com o ultimo senso feito em 2022 o que coloca o município na posição 99 entre os 217 municípios maranhenses em termos de extensão territorial, além de ser um ponto estratégico para a expansão educacional proporcionada pela presença do campus da UFMA.

Figura 02: Localização do município de são Bernardo – MA, BR.



Fonte: Wikipédia 2024

2.2 Qualidade da Água: Aspectos Fundamentais e Importância

A qualidade da água refere-se à sua capacidade de atender aos requisitos necessários para determinado uso, seja para consumo humano, agrícola, industrial, recreativo e etc.

A água é o líquido mais abundante do planeta e é essencial para a sobrevivência das plantas, animais e microrganismos. É insubstituível para essa função, servindo como meio de transporte para substâncias vitais aos organismos e como ambiente para os habitantes de oceanos e lagos. (Parron, 2011, P.11-12)

Apesar da água ser o líquido necessário para toda a humanidade sua disponibilidade e sua qualidade têm se tornado um desafio crescente. A contaminação por esgoto doméstico, resíduos industriais, agrotóxicos e metais pesados compromete a potabilidade e os usos múltiplos desse recurso, colocando em risco tanto a saúde humana quanto a biodiversidade. A qualidade da água, portanto, não diz respeito apenas à sua aparência ou à ausência de odor, mas envolve uma análise de parâmetros como pH, turbidez, presença de *Escherichia Coli*, concentração de metais, entre outros. Esses dados orientam ações de controle e prevenção da poluição hídrica, assegurando que a água continue a cumprir seu papel vital no planeta.

Para avaliar a qualidade da água, são utilizados diversos parâmetros físicos, químicos e biológicos que fornecem informações sobre sua composição e possíveis contaminações

Distintos elementos podem alterar o grau de pureza da água que está contida nos corpos de água. Ambos, quando retratados simplificadamente em termos das suas características físicas, químicas, e biológicas podem ser traduzidas na forma de parâmetros de qualidade da água de acordo com suas utilizações. (Almeida, 2020, P.03)

Para caracterizar a qualidade da água, como dito, são utilizados alguns parâmetros, representando suas características físicas, químicas e biológicas. Esses parâmetros funcionam como indicadores de qualidade, permitindo assim avaliar se a água está adequada para um uso específico, como abastecimento público, irrigação, recreação ou suporte à vida aquática.

Sendo assim, quando os valores desses indicadores ultrapassam os limites máximos permitidos por normas técnicas — como a Portaria GM/MS nº 888/2021 do Ministério da Saúde, no caso da água potável — essas substâncias ou propriedades passam a ser consideradas impurezas, podendo representar riscos à saúde humana e ao meio ambiente. Nesse contexto, a legislação brasileira estabelece normas para garantir que a água disponibilizada à população esteja em conformidade com padrões de potabilidade.

A principal norma atualmente em vigor é a Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, do Ministério da Saúde, que define os procedimentos e os padrões de qualidade da água para consumo humano.

De acordo com a Portaria GM/MS Nº 888, DE 4 DE MAIO DE 2021 (*): “Art. 3º Toda água destinada ao consumo humano, distribuída coletivamente por meio de sistema, solução alternativa coletiva de abastecimento de água ou carro-pipa, deve ser objeto de controle e vigilância da qualidade da água.”

A qualidade da água é fundamental para a saúde pública e para o funcionamento de diversas atividades humanas. A água de boa qualidade deve estar livre de contaminantes físicos, químicos e biológicos. Esses indicadores de análise de água permitem identificar possíveis contaminações, avaliar a adequação da água para o consumo humano ou outros usos e assegurar sua conformidade com as normas estabelecidas por órgãos reguladores.

2.3 Parâmetros físico-químico

Segundo Freitas et al. (2002), para que a água de abastecimento seja considerada potável, é necessário que atenda aos padrões de potabilidade, os quais estabelecem limites aceitáveis para diversos elementos presentes na água. Esses limites são definidos por meio de decretos, regulamentos ou especificações técnicas, com o objetivo de garantir a segurança e a saúde da população.

Os parâmetros físico-químicos são características mensuráveis que permitem avaliar a composição e as propriedades de uma substância, auxiliando no controle de qualidade e na identificação de possíveis alterações ou contaminações. Eles são amplamente utilizados em diversas áreas, garantindo a segurança e a adequação para diferentes usos.

i. Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH é uma medida que expressa a acidez ou alcalinidade de uma solução aquosa, sendo determinado pela concentração de íons hidrogênio (H^+) presentes no meio.

O termo pH (potencial hidrogeniônico) refere-se a uma grandeza que varia de 0 a 14 e indica a intensidade da acidez ($pH < 7,0$), neutralidade ($pH = 7,0$) ou alcalinidade ($pH > 7,0$) de uma solução aquosa. Essa medida é fundamental na caracterização da água, pois influencia diretamente sua interação com o meio ambiente e seu uso em diferentes atividades. O pH é uma das ferramentas mais importantes e amplamente utilizadas nas análises de qualidade da água (Parron, 2011, p. 14).

A maioria dos organismos aquáticos é sensível a variações no pH. A água muito ácida ou muito alcalina pode acabar causando desequilíbrios fisiológicos, redução da taxa de reprodução e até a morte de peixes e outros seres vivos.

De acordo com Freitas et al. (2002), o pH é um parâmetro físico-químico muito importante quando se trata de avaliar a qualidade da água de abastecimentos, pois além de indicar a acidez ou alcalinidade da água, isso reflete também a eficiência do tratamento aplicado. O pH influencia diretamente diversas reações químicas que ocorrem durante o processo de purificação e no próprio sistema de distribuição. Os valores inadequados de pH não apenas prejudicam a qualidade da água consumida, mas também podem causar corrosão nas tubulações e equipamentos, comprometendo assim a integridade do sistema hidráulico e podendo levar à liberação de metais tóxicos, como chumbo e cobre. Assim, o monitoramento desse parâmetro é fundamental para garantir tanto a potabilidade da água quanto a segurança da infraestrutura de abastecimento.

A escala de pH varia de 0 a 14, sendo que valores abaixo de 7 indicam caráter ácido, enquanto valores acima de 7 refletem um meio alcalino. A medição do pH pode ser realizada por meio de métodos colorimétricos, como o uso de indicadores químicos e fitas de pH, ou por meio de aparelhos eletrônicos, como o pHmetro. O pHmetro é um instrumento mais preciso, que utiliza um eletrodo sensível à atividade dos íons H^+ para fornecer uma leitura digital do pH da solução. Como dito, alterações significativas nesse parâmetro podem impactar a solubilidade de nutrientes e metais, afetando a vida aquática e a potabilidade da água. Assim, sua análise regular permite identificar possíveis contaminações e garantir a conformidade com padrões de qualidade estabelecidos para diferentes usos.

ii. Temperatura

A temperatura é um dos parâmetros físico-químicos fundamentais para a caracterização

da qualidade da água, influenciando diretamente processos químicos, biológicos e físicos nos ecossistemas aquáticos. Segundo Parron, Muniz e Pereira (2011), a variação térmica pode afetar a solubilidade de gases, como o oxigênio dissolvido, e a velocidade das reações químicas, além de influenciar o metabolismo de organismos aquáticos. A medição da temperatura da água é realizada por meio de termômetros digitais ou analógicos, além de sensores acoplados a equipamentos multiparâmetros, sendo expressa em graus Celsius (C°). Esse controle é essencial, pois temperaturas elevadas podem acelerar processos de eutrofização e diminuir a disponibilidade de oxigênio, comprometendo a vida aquática. Já temperaturas muito baixas podem reduzir a atividade metabólica dos organismos.

O monitoramento da temperatura é crucial para diversas aplicações, como o controle de efluentes industriais, a preservação de habitats aquáticos e a avaliação da influência de atividades humanas sobre corpos d'água. A manutenção desse parâmetro dentro de limites adequados é essencial para garantir o equilíbrio dos ecossistemas e a qualidade da água para diferentes usos.

iii. Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica é um parâmetro que mede a capacidade de uma solução aquosa de conduzir corrente elétrica, sendo influenciada pela presença e concentração de íons dissolvidos. Segundo Parron, Muniz e Pereira (2011), esse parâmetro é amplamente utilizado na avaliação da qualidade da água, pois reflete a quantidade de sais minerais dissolvidos, como cloretos, sulfatos, bicarbonatos e outros compostos iônicos.

Um parâmetro que pode ser utilizado como referência para conhecimento mesmo que superficial da qualidade dos corpos hídricos, é a condutividade elétrica (CE). A condutividade elétrica da água representa um parâmetro físico utilizado para obtenção das características de determinado meio líquido, em termos de águas subterrâneas, trata-se de um processo relativamente fácil e rápido para se caracterizar o meio. (Vasconcelos, 2019, P.02)

A unidade de medida da condutividade elétrica é o Siemens por metro (S/m), sendo mais comum sua expressão em microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$) para águas naturais e tratadas. Valores elevados indicam alta concentração de sais, o que pode comprometer a potabilidade da água e afetar ecossistemas aquáticos. Já valores muito baixos podem sugerir baixa disponibilidade de nutrientes essenciais para organismos aquáticos. A medição da condutividade elétrica é essencial em estudos ambientais, no monitoramento de corpos hídricos e no controle de processos industriais que envolvem o uso da água.

Por ser de fácil e rápida medição, especialmente em águas subterrâneas, a condutividade

elétrica torna-se uma análise eficiente para identificar alterações na composição da água, podendo indicar, por exemplo, processos de contaminação por esgoto, fertilizantes ou outros poluentes. Assim, a CE é um indicador importante para o monitoramento ambiental e a gestão da qualidade da água, servindo como base para investigações como por exemplo quando se observam desvios significativos dos padrões esperados.

iv. Dureza Total:

A dureza total da água é um parâmetro que representa a concentração de sais de metais alcalino-terrosos, principalmente cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}), dissolvidos na água. Segundo Parron, Muniz e Pereira (2011), a dureza é um fator relevante na qualidade da água, pois interfere em processos industriais, na potabilidade e na formação de incrustações em tubulações e equipamentos. A dureza pode ser classificada como temporária, quando é removida por aquecimento, ou permanente, quando é causada por sais que não se decompõem com o calor. A classificação da água em relação à sua dureza é um parâmetro fundamental na avaliação de sua qualidade, principalmente para usos laboratoriais, industriais e domésticos.

Segundo Nolasco (2020, p. 55), a determinação da dureza total envolve, predominantemente, a quantificação dos íons cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}), principais responsáveis pela dureza da água e é realizada por titulação complexométrica com EDTA ou por espectrofotometria. Normalmente, essa dureza é expressa em partes por milhão (ppm) ou miligramas por litro (mg/L) de carbonato de cálcio (CaCO_3). Essas duas unidades são equivalentes, ou seja, 1 ppm corresponde a 1 mg/L, facilitando a interpretação e a padronização dos resultados analíticos. Na tabela 01 os valores padrões de dureza estão apresentados.

Tabela 01: Padrões de dureza total da água.

Dureza	Concentração De CaCO_3 (mg/L)
Mole ou Branda	<50
Moderada	Entre 50 e 150
Dura	Entre 150 e 300
Muito dura	>300

Fonte: Nolasco, 2020

v. Cálcio

O cálcio (Ca^{2+}) é um dos principais íons responsáveis pela dureza da água, sendo

essencial para diversos processos biológicos e químicos. Segundo Parron, Muniz e Pereira (2011), sua presença na água resulta principalmente da dissolução de minerais como calcita, dolomita e gipsita. O cálcio é fundamental para a estrutura óssea de organismos vivos e participa da regulação da alcalinidade da água. Sua concentração é determinada por técnicas como titulação complexométrica e espectrofotometria de absorção atômica, sendo expressa em mg/L. Altas concentrações podem contribuir para a formação de incrustações em sistemas de abastecimento, enquanto baixas concentrações podem afetar organismos que necessitam desse elemento.

vi. Magnésio

O magnésio (Mg^{2+}) é um elemento essencial na composição da água, contribuindo para sua dureza total. Conforme Parron, Muniz e Pereira (2011), ele é encontrado naturalmente em rochas e solos e sua presença na água ocorre pela dissolução desses minerais. O magnésio é fundamental para processos metabólicos de organismos aquáticos, incluindo a fotossíntese, pois faz parte da clorofila. Sua determinação é realizada por titulação com EDTA ou espectrofotometria, sendo expressa em mg/L. Concentrações elevadas podem afetar o sabor da água e favorecer reações químicas indesejáveis em sistemas industriais e domésticos.

vii. Cloretos

Os cloretos (Cl^-) são íons amplamente distribuídos na água, provenientes da dissolução de sais como o cloreto de sódio ($NaCl$). Segundo Parron, Muniz e Pereira (2011), a presença de cloretos pode indicar contaminação por esgotos domésticos, resíduos industriais ou intrusão de água salgada em aquíferos. Sua medição é realizada por titulação com nitrato de prata ou por métodos eletroquímicos, sendo expressa em mg/L. Embora não sejam tóxicos em baixas concentrações, valores elevados podem alterar o sabor da água, corroer tubulações metálicas e impactar a vida aquática.

A determinação da concentração de cloretos é um parâmetro importante na avaliação da qualidade da água, porque permite que se obtenha informações sobre o grau de mineralização ou possíveis indícios de poluição. Concentrações elevadas de cloretos podem indicar a presença de esgotos domésticos, resíduos industriais ou ainda a contribuição do próprio solo, pela dissolução do sal-gema, substância que é utilizada na produção de fertilizantes.

2.4 Normas e Legislação: Padrões de Qualidade Segundo Órgãos Reguladores

Os padrões de qualidade da água são estabelecidos por órgãos reguladores para proteger

a saúde pública e o meio ambiente.

Quando utilizamos o termo "qualidade de água", é necessário compreender que esse termo não se refere, necessariamente, a um estado de pureza, mas simplesmente às características químicas, físicas e biológicas, e que, conforme essas características, são estipuladas diferentes finalidades para a água. (Merten, 2002, P.34)

Marques et al. (2007) e Moreira et al. (2015) ressaltam que, nos últimos anos, tem crescido de forma significativa a preocupação não somente com a qualidade mais também com disponibilidade da água para o consumo humano. Esse aumento de preocupação está ligado principalmente ao avanço acelerado da industrialização, à expansão populacional e ao incremento da produtividade agrícola, fatores esses que segundo eles têm provocado impacto nos sistemas hídricos, tanto em sua quantidade quanto em sua qualidade.

“A água sendo um solvente universal é insubstituível para muitas tarefas do dia a dia, no entanto, ainda assim, pode apresentar muitos riscos à saúde humana, quando não recebe tratamento químico adequado.” (De Lima, 2017, p.30)

Quando se trata da análise da água temos alguns limites máximos permitidos para parâmetros como pH, condutividade elétrica, dureza total, cloretos entre outros. Esses limites são baseados em estudos que analisam os impactos desses parâmetros na saúde humana e na qualidade da água destinada ao consumo.

No Brasil, a Portaria GM/MS nº 888/2021 do Ministério da Saúde define os limites máximos permitidos para parâmetros como pH, condutividade elétrica, dureza total, íons Cálcio, Magnésio, Cloretos entre outros parâmetros. Esses limites são baseados em estudos que analisam os impactos desses parâmetros na saúde humana e na potabilidade da água. A qualidade da água é regulada por normas legais que definem os parâmetros e limites aceitáveis de diversos componentes na água, de acordo com seu uso.

A Resolução CONAMA nº 357/2005 é outra referência importante, classificando os corpos d'água e definindo padrões para o lançamento de efluentes.

Os órgãos ambientais, em conjunto com os órgãos gestores dos recursos hídricos e da saúde, deverão promover a implementação de Áreas de Restrição e Controle do Uso da Água Subterrânea em caráter excepcional e temporário, quando, em função da condição da qualidade e quantidade da água subterrânea, houver a necessidade de restringir o uso ou a captação da água para proteção dos aquíferos, da saúde humana e dos ecossistemas (CONAMA, 2008).

Já em nível internacional, a Organização Mundial da Saúde (OMS) estabelece diretrizes que orientam políticas públicas e a gestão da água, considerando aspectos sanitários e ambientais. sendo assim, essas regulamentações são essenciais para garantir que a água disponibilizada para consumo ou uso industrial atenda aos requisitos mínimos de segurança e

funcionalidade, reduzindo os riscos associados à poluição.

Os parâmetros físico-químicos que normalmente são avaliados quando se trata de água para o consumo são: pH, turbidez, condutividade elétrica, cor aparente, temperatura, dureza total, além da presença de íons como cálcio, magnésio, cloretos, nitratos, sulfatos, sódio, potássio e metais como ferro, manganês, chumbo e cobre.

Esses parâmetros servem para avaliar se a água atende aos padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação, conforme estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 e complementado pela Resolução CONAMA nº 396/2008.

Os órgãos ambientais, em conjunto com os órgãos gestores dos recursos hídricos e da saúde, deverão promover a implementação de Áreas de Restrição e Controle do Uso da Água Subterrânea em caráter excepcional e temporário, quando, em função da condição da qualidade e quantidade da água subterrânea, houver a necessidade de restringir o uso ou a captação da água para proteção dos aquíferos, da saúde humana e dos ecossistemas (CONAMA, 2008)

A Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, publicada em 7 de maio de 2021, dispõe sobre o controle e a vigilância da qualidade da água para consumo humano. O artigo 29 estabelece que sistemas e soluções alternativas coletivas de abastecimento de água que utilizem mananciais superficiais devem realizar monitoramento mensal da presença de *Escherichia coli* nos pontos de captação de água.

O artigo 32 determina a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre, 2 mg/L de cloro residual combinado ou 0,2 mg/L de dióxido de cloro em toda a extensão do sistema de distribuição e também nos pontos de consumo, aspecto que não era especificado na Portaria de Consolidação nº 5. Já o artigo 34 trata da aplicação de compostos isocianuratos clorados, estabelecendo diretrizes para os teores de cloro residual livre.

Além disso, a nova norma de parâmetros também determina parâmetros específicos de tempo de contato e concentração de desinfetantes, conforme a temperatura e o pH do manancial utilizado.

Essas alterações visam garantir uma melhor qualidade da água ofertada à população, maior segurança sanitária e atualização dos métodos de controle conforme os avanços científicos e tecnológicos na área. Temos dois tipos de água que são utilizados: água subterrânea e água potável para consumo. Segundo (Hager, 2008), "foi somente a partir das discussões sobre o Projeto Aquífero Guarani, em 1999, que de fato tivemos a percepção da necessidade de normatizações orientativas gerais, de abrangência nacional, para as questões das águas subterrâneas." Esse movimento incentivou o desenvolvimento de políticas públicas e instrumentos até então legais voltados à gestão sustentável desses recursos, especialmente

frente à sua crescente exploração para abastecimento humano, agrícola e industrial.

A água subterrânea é aquela que fica armazenada no subsolo, nos lençóis freáticos e em camadas chamadas aquíferos. Ela vem da infiltração da água da chuva que penetra no solo e se acumula nessas formações geológicas. Ela pode ser captada por poços artesianos ou semi-artesianos. Essa é uma importante fonte de abastecimento, especialmente em áreas onde a água superficial é escassa. Geralmente tem boa qualidade, mas pode precisar de tratamento, dependendo da região e da profundidade.

Hirata (2003), aborda que a água subterrânea geralmente possui excelentes qualidades químicas e físicas, o que a torna adequada para o consumo humano, muitas vezes até sem a necessidade de tratamento prévio. Isso se dá porque, ao infiltrar-se no solo e nas rochas, a água passa por processos naturais de filtração que acaba eliminando muitas impurezas e microrganismos presentes na superfície.

No entanto, essa qualidade natural pode ser comprometida por processos de contaminação. A contaminação se dá quando há a introdução de substâncias ou organismos que alteram a composição da água, colocando em risco a saúde das populações que dela dependem. Entre as principais fontes de contaminação estão os despejos industriais e domésticos, o uso inadequado de fertilizantes e agrotóxicos na agricultura, vazamentos em tanques de combustíveis, além de sistemas de saneamento precários.

A contaminação das águas subterrâneas é especialmente preocupante porque, uma vez poluída, a recuperação dessas reservas é difícil, demorada e muitas vezes inviável economicamente. Entre os principais marcos legais referente a águas subterrâneas, destaca-se a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA). Essa lei chegou estabelecer os instrumentos necessários para a proteção ambiental, incluindo o uso racional dos recursos hídricos, entre eles os aquíferos subterrâneos.

Com o avanço das discussões ambientais, especialmente após o Projeto Aquífero Guarani, foi necessário direcionar normas específicas para esse tipo de recurso. Assim, foi criada a Resolução CONAMA nº 396, de 2008, que aborda principalmente sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas, estabelecendo parâmetros para seu uso, controle de qualidade e proteção contra a contaminação.

Antes dela, em 2005, também foi aprovada a Resolução CONAMA nº 357, que era voltada para os corpos de água superficiais. Essa resolução então definiu classes de uso para rios, lagos e represas, além de condições e padrões de lançamento de efluentes. No entanto, ela revogou a antiga Resolução nº 20/86, o que gerou uma certa lacuna legal no controle da

infiltração de efluentes no solo, fator diretamente ligado à contaminação das águas subterrâneas.

Ademais temos uma Legislação relacionada a qualidade da água para consumo humano. A Portaria GM/MS nº 888/2021: Define limites máximos permitidos para diversos contaminantes físicos, químicos e microbiológicos na água destinada ao consumo humano. Ela Estabelece as responsabilidades dos prestadores de serviços de abastecimento de água quanto ao monitoramento regular da qualidade da água fornecida. E ainda determina as atribuições das autoridades de saúde pública na fiscalização e na garantia da conformidade com os padrões estabelecidos. Além disso, o Ministério da Saúde disponibiliza um guia para implementação da norma de qualidade da água para consumo humano, que oferece orientações práticas para a aplicação efetiva das diretrizes estabelecidas. Essa legislação visa assegurar que a água fornecida à população seja segura e adequada para o consumo, protegendo a saúde pública e promovendo o bem-estar da sociedade.

2.5 Método de Coleta de Amostras

A amostra é um subconjunto ou porção de uma população que é selecionado para ser analisado ou estudado.

Uma amostra é uma parcela da população utilizada para posterior análise de dados. Em vez de utilizar toda a população, que resulta em maior custo, tempo e por vezes ser inviável, o processo de amostragem utiliza uma pequena porção representativa da população. (Guimarães, 2008, p.18)

O objetivo de uma amostra é representar as características da população como um todo, permitindo que se façam inferências e generalizações sobre a população a partir dos resultados obtidos com a amostra. Segundo Bolfarine (2005) O propósito da amostra é fornecer informações que permitam descrever os parâmetros do universo da maneira mais adequada possível. Sendo assim, uma boa amostra possibilita a generalização de seus resultados dentro de limites aceitáveis de dúvida. A amostra é usada quando é impraticável ou impossível estudar toda a população, nesse caso uma amostra de indivíduos ou elementos é selecionada para representar a totalidade da população de interesse.

É importante que a amostra seja representativa da população, ou seja, que tenha características semelhantes às da população em termos de variáveis relevantes, para que os resultados sejam válidos e precisos. A forma como a amostra é escolhida (método de amostragem) pode influenciar a qualidade e a precisão dos resultados.

A coleta de amostras de água é um processo fundamental para a análise da qualidade da água, desempenhando um papel crucial na avaliação das condições de corpos d'água naturais,

sistemas de abastecimento, estações de tratamento e ambientes industriais. O principal objetivo dessa coleta é obter amostras representativas que permitam a análise precisa de parâmetros físico-químicos e microbiológicos.

Segundo (Parron 2011, p. 33) quando se trata da coleta de água essa é uma das etapas mais importantes. A confiabilidade dos resultados obtidos depende diretamente da correta execução dessa etapa, pois qualquer erro pode comprometer toda a análise. A precisão dos resultados laboratoriais depende diretamente da escolha do método de coleta, do equipamento utilizado e da preservação adequada das amostras.

Para isso, deve haver um planejamento da coleta, uma etapa essencial para garantir que as amostras representem de forma fiel o corpo d'água em questão. Este planejamento envolve a definição do local de coleta, o número de amostras a serem coletadas e sua distribuição, a escolha do tipo de amostra, e a determinação dos parâmetros que serão analisados, levando em consideração os objetivos específicos do estudo. É importante também que os equipamentos utilizados, como frascos estéreis e dispositivos de coleta adequados, sejam escolhidos com cuidado para preservar a integridade da amostra.

Durante a coleta, é fundamental seguir boas práticas para evitar a contaminação das amostras. Isso inclui o uso de frascos limpos e estéreis e a utilização de técnicas adequadas para preservar as características originais da água. Segundo Parron (2011)

Quanto menor o tempo entre a coleta e a análise, menor o risco de alterações em alguns parâmetros, como temperatura, pH, condutividade, teor de sólidos dissolvidos (TDS) e oxigênio dissolvido (OD), cujas características não são mantidas com a simples preservação. Por isso, devem ser medidos no local da coleta utilizando medidores portáteis."
(Parron, 2011, p. 40)

Ademais, na coleta é ideal utilizar frascos previamente higienizados. Os frascos devem ser identificados com etiquetas e sempre deve se anotar as informações como data, hora, local, tipo de amostra da coleta.

Após a coleta, a preservação das amostras é essencial, sendo necessário armazená-las em condições ideais, como refrigeração, para retardar processos biológicos ou químicos que possam alterar os resultados.

O transporte rápido das amostras para o laboratório também é crucial para garantir que suas propriedades não sejam modificadas. A documentação precisa de todos os dados relativos à coleta, como local, hora e condições ambientais, também é imprescindível para assegurar a rastreabilidade dos resultados.

A amostra coletada deve ser representativa, sem contaminações externas, e mantida sob

as condições ideais durante todo o processo de coleta, transporte e análise.

Em suma, a coleta de amostras de água é uma etapa essencial e delicada, cuja precisão e cuidado são fundamentais para garantir que os resultados obtidos reflitam fielmente a qualidade da água e possibilitem uma avaliação confiável. O planejamento adequado, o uso de técnicas e equipamentos apropriados, a preservação das amostras e a documentação rigorosa são pontos importantes para o sucesso de qualquer estudo relacionado à qualidade da água.

3 METODOLOGIA

3.1 Atualização bibliográfica

Foi realizada uma atualização bibliográfica com foco em obras relevantes sobre o tema. A busca foi realizada em bases como Scielo, Google Acadêmico e Periódicos CAPES que permitiu aprofundar o tema, identificar lacunas e garantir o embasamento teórico da pesquisa.

3.2 Coleta de Amostras e Medições *in Loco*

A coleta de amostras de água no campus da Universidade Federal do Maranhão, em São Bernardo - MA, foi realizada com o objetivo de coletar amostras representativas da água utilizada na instituição para as diversas finalidades. Foi coletado um volume de 2 litros de água para cada amostra envolvendo dois tipos de água: uma destinada ao consumo humano e outra utilizada para serviços que não envolvem ingestão direta, como atividades laboratoriais, limpeza, irrigação no campus e etc. As coletas foram realizadas em dois períodos, um no mês de dezembro de 2024 e outro no mês de fevereiro de 2025 em nove pontos estratégicos, incluindo bebedouros, torneiras de laboratórios, torneiras de copas e restaurante universitário.

Para garantir a confiabilidade dos resultados, as coletas seguiram métodos apropriados baseado no *Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (2023)* organizado por Renan Lourenço de O. Silva ... [et al.]. – 2. Ed.

Foram utilizados recipientes esterilizados para evitar contaminações e a coleta foi feita diretamente nos pontos selecionados, descartando-se o primeiro fluxo de água para assegurar uma amostra representativa.

Durante o processo de coleta, foram medidos em campo três parâmetros físico-químicos fundamentais para a análise inicial da qualidade da água:

pH e Temperatura:

Os parâmetros pH e Temperatura foram medidos por meio de um pHmetro digital portátil da marca Alfakit modelo AT-315.

Imagem 01: pHmetro digital Alfakit AT-315



Fonte: Autoria própria

Condutividade elétrica:

Para a condutividade elétrica, utilizou-se um condutivímetro digital da marca PHTEK modelo Cd-203.

Imagem 02: Condutivímetro PHTEK Cd-203.



Fonte: Autoria própria

Após as medições *in loco*, as amostras coletadas foram imediatamente encaminhadas ao laboratório de Química do Centro de Ciências de São Bernardo para análises detalhadas dos demais parâmetros.

3.3 Análises em Laboratório

Os demais parâmetros físico-químicos foram analisados no laboratório de química da própria universidade e foram baseados no *Manual Prático de Análise de Água da Fundação Nacional de Saúde* (FUNASA). Para cada amostra foram realizadas análises em triplicata de cada parâmetro determinado e calculada a média dos seus volumes de titulante consumido como mostra a equação 01.

Equação 01: Cálculo da média dos volumes de EDTA consumidos nas titulações

$$\text{Média} = \frac{V1 + V2 + V3}{n}$$

Onde:

V1 = Volume na 1ª titulação

V2 = Volume na 2ª titulação

V3 = Volume na 3ª titulação

n = Número de titulações realizadas

Dureza Total

A dureza total foi determinada por meio do método de titulação complexométrica com EDTA (ácido etilenodiaminotetracético), utilizado para quantificar os íons cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) presentes na amostra.

Para cada análise, foram utilizados 50 ml da amostra de água, aos quais se adicionaram 5 mL de solução tampão de pH 10 que garantem as condições ideais para a reação de complexação e o indicador Negro de Eriocromo T. A titulação foi realizada com solução de EDTA 0,01 M, sendo o ponto final identificado pela mudança de coloração de vermelho vinho para azul, indicando a completa complexação dos íons metálicos respectivamente mostrada pela imagem 03 e 04.

Imagem 03: Início da titulação

Imagem 04: Ponto final da titulação



Fonte: Autoria própria, 2025.



Fonte: Autoria própria, 2025.

O procedimento foi repetido em triplicata, garantindo maior confiabilidade aos resultados. Os volumes de EDTA consumidos foram registrados e, com base na média dos três valores obtidos, foi calculada a dureza total em mg/L de CaCO_3 .

Equação 02: Cálculo da determinação de Dureza total

$$\text{Dureza Total em mg/LCaCO}_3 = \frac{V_{\text{EDTA}} \times N_{\text{EDTA}} \times 100,0869 \times 1000}{V_{\text{Amostra}}}$$

Onde:

V_{EDTA} = Volume de EDTA consumido

N_{EDTA} = Normalidade do EDTA

V_{Amostra} = Volume da amostra

Teor de Cálcio (Ca^{2+})

A concentração de íons cálcio (Ca^{2+}) na amostra de água foi determinada por meio da Titulação complexométrica utilizando o EDTA (ácido etilenodiaminotetraacético) como titulante. Para cada análise, foi utilizado 50 mL da amostra de água, aos quais foram adicionados 2 mL de uma solução de Hidróxido de Sódio (NaOH) de concentração 0,1M, garantindo as condições ideais para a reação de complexação do cálcio, além de uma pequena quantidade de murexida, indicador específico para Ca^{2+} . A titulação foi realizada com uma solução padrão de EDTA 0,01 M, e o ponto final foi identificado pela mudança de cor da solução de laranja para vermelho, indicando a completa complexação dos íons cálcio como mostra a imagem 05 e 06.

Imagem 05: Início da titulação

Imagem 06: Ponto final da titulação



Fonte: Autoria própria, 2025.



Fonte: Autoria própria, 2025.

O procedimento foi repetido em triplicata, os volumes de EDTA consumidos foram registrados e, com base na média dos três valores obtidos, foi calculada a concentração de íons cálcio na amostra em mg/L conforme a equação 03.

Equação 03: Cálculo de determinação de teor de Cálcio (Ca^{2+})

$$[\text{Ca}^{2+}]\text{mg/L} = \frac{V_{\text{EDTA}} \times N_{\text{EDTA}} \times 40,078 \times 1000}{V_{\text{Amostra}}}$$

Teor de Magnésio (Mg^{2+})

A concentração de íons magnésio (Mg^{2+}) foi determinada indiretamente a partir da dureza total e do teor de cálcio presente na amostra de água. A dureza total é composta pelos íons cálcio e magnésio, e, para a determinação de magnésio, subtrai-se a contribuição do cálcio à dureza total. A partir dos valores obtidos para a dureza total (em mg/L de CaCO_3) e para o teor de cálcio (em mg/L de Ca^{2+}), o teor de magnésio foi calculado utilizando a equação 04:

Equação 04: Cálculo de determinação de teor de Magnésio (Mg^{2+})

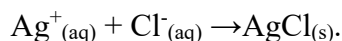
$$[\text{Mg}^{2+}]\text{mg/L} = \text{Dureza Total em mg/LCaCO}_3 - [\text{Ca}^{2+}]\text{mg/L}$$

Teor de Cloreto (Cl^-)

A concentração de cloretos (Cl^-) foi determinada por titulometria de precipitação utilizando a solução padrão de nitrato de prata (AgNO_3) e cromato de potássio (K_2CrO_4) como indicador. Inicialmente, foi pipetado um volume de 50 mL da amostra, para um Erlenmeyer. Em seguida, adicionou-se cerca de 1 mL da solução de cromato de potássio (K_2CrO_4) 5%, o que

conferiu à solução uma coloração amarelada. A bureta foi então preenchida com a solução padrão de nitrato de prata (AgNO_3), com concentração 0,01 mol/L. Com a amostra sob agitação constante, a solução de AgNO_3 foi adicionada lentamente à amostra, gota a gota, até que a reação fosse completa.

Durante a titulação, o AgNO_3 reage com os íons cloreto da amostra, formando um precipitado branco de cloreto de prata (AgCl), de acordo com a seguinte reação:



Quando todos os íons cloreto foram complexados, o excesso de íons Ag^+ reage com o cromato de potássio, formando um precipitado avermelhado de cromato de prata (Ag_2CrO_4), conforme a reação:

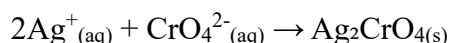


Imagem 07: Início da titulação



Fonte: Autoria própria, 2025.

Imagem 08: Durante a titulação



Fonte: Autoria própria, 2025.

Imagem 09: ponto final da titulação



Fonte: Autoria própria, 2025.

O ponto final foi alcançado quando a coloração avermelhada persistiu por pelo menos 30 segundos. A titulação foi interrompida nesse momento, e o volume de nitrato de prata (AgNO_3) utilizado foi registrado. Em seguida, o teor de Cloreto foi calculado utilizando a equação 05.

Equação 05: Cálculo do teor de cloretos

$$[\text{Cl}^-]\text{mg/L} = \frac{V_{\text{EDTA}} \times N_{\text{EDTA}} \times 35,454 \times 1000}{V_{\text{Amostra}}}$$

Onde:

V_{EDTA} = Volume de EDTA consumido

N_{EDTA} = Normalidade do EDTA

V_{Amostra} = Volume da amostra

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Caracterização dos Pontos de coletas

Os pontos de coleta de água, localizados na Universidade Federal do Maranhão, Campus São Bernardo - MA, foram estrategicamente selecionados para abranger áreas representativas e de relevância para a análise da qualidade da água. A escolha desses pontos considerou a diversidade de usos e a distribuição geográfica no campus, permitindo uma avaliação precisa das condições hídricas em diferentes setores da instituição, sendo eles:

Bebedouro do Prédio Central (P1)

O bebedouro localizado no prédio central da Universidade (Imagem 10), identificado como ponto 1 (P1), é uma estrutura pública disponível para uso dos alunos, professores e funcionários da universidade, oferecendo água potável para atender à demanda constante de quem frequenta o local. O bebedouro está posicionado em um corredor de acesso frequente, o que o torna de fácil acesso para as pessoas que transitam entre as salas de aula, laboratórios e demais setores administrativos.

O abastecimento de água deste bebedouro é realizado por um fornecedor externo, que entrega regularmente galões de água potável para garantir a qualidade e segurança do consumo. Esse sistema de abastecimento é uma alternativa adotada para suprir a demanda e assegurar que a água disponível atenda aos padrões de potabilidade.

Imagem 10: Bebedouro do prédio central



Fonte: Autoria própria

Bebedouro do Prédio de Música (P2)

O bebedouro localizado no prédio de Música da Universidade, identificado como ponto 2 (P2) (Imagem 11), é utilizado principalmente por alunos e professores do curso de Música,

bem como por outros usuários que transitam no prédio. Posicionado em um espaço de fácil acesso dentro do prédio, o bebedouro atende à demanda por água potável de forma prática e acessível. Assim como no prédio central, o abastecimento de água deste bebedouro é realizado por um fornecedor externo, que entrega galões de água potável regularmente. Essa solução visa garantir a qualidade da água fornecida e atender às necessidades dos usuários de maneira segura e confiável.

Imagem 11: Bebedouro do prédio de música



Fonte: Autoria própria

Bebedouro do Restaurante Universitário (P3)

O bebedouro localizado no Restaurante Universitário da Universidade, identificado como ponto 3 (P3), é um recurso essencial para estudantes, professores e funcionários que frequentam o local diariamente. Posicionado em uma área de grande circulação, próximo ao refeitório, ele facilita o acesso à água potável para aqueles que utilizam o espaço para suas refeições.

O abastecimento do bebedouro é realizado por meio da reposição regular de galões de água potável fornecidos por uma empresa contratada, garantindo que a qualidade da água esteja dentro dos padrões adequados para o consumo. Essa medida visa assegurar a segurança hídrica e atender à demanda constante dos usuários do restaurante.

Torneira no Laboratório de Biologia (P4)

O laboratório de biologia, identificado como ponto 4 (P4) (Imagem 12), está localizado no prédio central da universidade e é utilizado para atividades práticas e experimentais, sendo a água disponível no local empregada exclusivamente para funções gerais, como limpeza de equipamentos e manutenção das condições do ambiente. Ressalta-se que essa água não é destinada ao consumo humano, sendo utilizada apenas para finalidades não potáveis.

O abastecimento dessa água é realizado por meio do poço semiartesiano da universidade, que fornece água para diversas finalidades, como irrigação, limpeza e uso em atividades laboratoriais que não exigem água potável. Esse sistema de abastecimento garante o fornecimento contínuo para atender às demandas específicas do campus.

Imagem 12: Torneira no laboratório de biologia



Fonte: Autoria própria

Torneira no Laboratório de Química (P5)

O laboratório de Química, identificado como ponto 5 (P5) (Imagem 13), está situado no prédio central da universidade e é utilizado para aulas práticas e experimentais, proporcionando um ambiente adequado para a realização de testes e reações químicas. A água disponível no local é empregada para diversas funções, como limpeza de vidrarias, resfriamento de equipamentos e preparação de soluções que não exigem água de alta pureza.

O abastecimento é feito pelo poço semiartesiano da universidade, que distribui água para diferentes setores do campus, incluindo áreas de irrigação, limpeza e uso em laboratórios. No entanto, essa água não é destinada ao consumo humano, sendo utilizada exclusivamente para finalidades técnicas e operacionais, garantindo o funcionamento contínuo das atividades laboratoriais.

Imagem 13: Torneira no laboratório de Química



Fonte: Autoria própria

Torneira no Laboratório de Física (P6)

O laboratório de Física, identificado como ponto 6 (P6) (Imagem 14), está localizado no prédio central da universidade e é utilizado para a realização de experimentos e demonstrações práticas em diversas áreas da disciplina. A água disponível no local é empregada principalmente em atividades que envolvem resfriamento de equipamentos, limpeza de materiais e manutenção do ambiente.

O abastecimento é realizado por meio do poço semiartesiano da universidade, que fornece água para diferentes setores do campus, como irrigação, limpeza e uso em laboratórios. No entanto, essa água não é destinada ao consumo humano, sendo utilizada exclusivamente para finalidades operacionais, assegurando o suporte necessário às atividades experimentais desenvolvidas no laboratório.

Imagem 14: Torneira no laboratório de física



Fonte: Autoria própria

Copa do Prédio Central (P7)

A copa do prédio central da universidade, identificado como ponto 7 (P7) (Imagem 15), é um espaço destinado ao apoio das atividades acadêmicas e administrativas, sendo utilizada por estudantes, professores e funcionários para refeições e pequenos intervalos. A água disponível no local é utilizada para a higienização de utensílios e outras necessidades diárias.

O abastecimento é realizado pelo poço semiartesiano da universidade, que distribui água para diversos setores do campus. No entanto, apesar de seu uso na copa, essa água não é utilizada para a ingestão direta, sendo indicada apenas para finalidades como limpeza, higienização e apoio às atividades do ambiente.

Imagem 15: Torneira na copa do prédio central



Fonte: Autoria própria

Copa do Prédio de Música (P8)

A copa do prédio de Música, identificado como ponto 8 (P8) (Imagem 16), é um espaço de apoio utilizado por alunos, professores e funcionários para refeições rápidas e momentos de descanso durante as atividades acadêmicas. A água disponível no local é utilizada para a higienização de utensílios e outras necessidades cotidianas. O abastecimento é realizado pelo poço semiartesiano da universidade, que fornece água para diferentes setores do campus. No entanto, essa água não é utilizada para consumo direto, sendo destinada apenas para fins operacionais e de apoio dentro do ambiente da copa.

Imagem 16: Torneira na copa do prédio de música



Fonte: Autoria própria

Copa do Restaurante Universitário (P9)

O Restaurante Universitário, identificado como ponto 9 (P9) (Imagem 17), é responsável por fornecer refeições diárias para estudantes, professores e funcionários, desempenhando um papel essencial na alimentação da comunidade acadêmica. A água utilizada no local é empregada em diversas etapas do processo, incluindo a higienização de alimentos, utensílios e equipamentos, além da preparação das refeições. O abastecimento ocorre por meio do poço semiartesiano da universidade, que fornece água para diversos setores do campus.

Imagem 17: Torneira na copa do restaurante universitário



Fonte: Autoria própria

O estudo dos pontos de coleta de água revelou uma diversidade significativa nos usos e nos sistemas de abastecimento adotados em diferentes setores da instituição. Observou-se que os bebedouros localizados nos prédios Central, de Música e no Restaurante Universitário são abastecidos por galões de água potável fornecidos por empresas externas. Esse modelo de fornecimento visa garantir a qualidade da água para consumo humano, principalmente em locais de alta circulação de pessoas, como corredores e áreas de alimentação.

Por outro lado, os laboratórios (Biologia, Química e Física) e as copas (dos prédios Central, de Música e do RU) utilizam água proveniente do poço semiartesiano da universidade. Essa água, embora essencial para o funcionamento cotidiano dessas áreas, é destinada exclusivamente a fins operacionais, como limpeza, manutenção de equipamentos e apoio às atividades acadêmicas, não sendo indicada para o consumo humano.

A distinção clara entre os tipos de abastecimento e suas finalidades evidencia uma preocupação institucional com a segurança hídrica e a adequação do uso da água conforme sua origem. A estratégia adotada demonstra uma gestão consciente dos recursos hídricos disponíveis, priorizando o consumo de água potável em locais de necessidade direta e reservando a água do poço para usos técnicos e de apoio.

Esses resultados apontam para a importância de manter a vigilância constante sobre a qualidade da água fornecida por ambos os sistemas, garantindo que os padrões de potabilidade sejam respeitados nos pontos de consumo humano e que a água destinada a fins operacionais não comprometa a integridade das atividades desenvolvidas nos ambientes acadêmicos e administrativos. A tabela 02 apresenta o local dos pontos de coleta de água, distinguindo a finalidade e a origem do fornecimento.

Tabela 02: Pontos de coleta, finalidade e fornecimento.

Ponto	Local de coleta	Finalidade da água	Fornecimento da água
P1	Bebedouro do Prédio Central	Consumo humano	Fornecedor externo
P2	Bebedouro do Prédio de Musica	Consumo humano	Fornecedor externo
P3	Bebedouro do Restaurante Universitário	Consumo humano	Fornecedor externo
P4	Laboratório de Biologia	Uso operacional	Poço semiartesiano da universidade
P5	Laboratório de Química	Uso operacional	Poço semiartesiano da universidade
P6	Laboratório de Física	Uso operacional	Poço semiartesiano da universidade
P7	Copa do Prédio Central	Uso operacional	Poço semiartesiano da universidade
P8	Copa do Prédio de Musica	Uso operacional	Poço semiartesiano da universidade
P9	Copa do Restaurante Universitário	Uso operacional	Poço semiartesiano da universidade

Fonte: Autoria própria, 2025.

4.2 Análise dos Parâmetros Físico-Químicos da Água

Temperatura

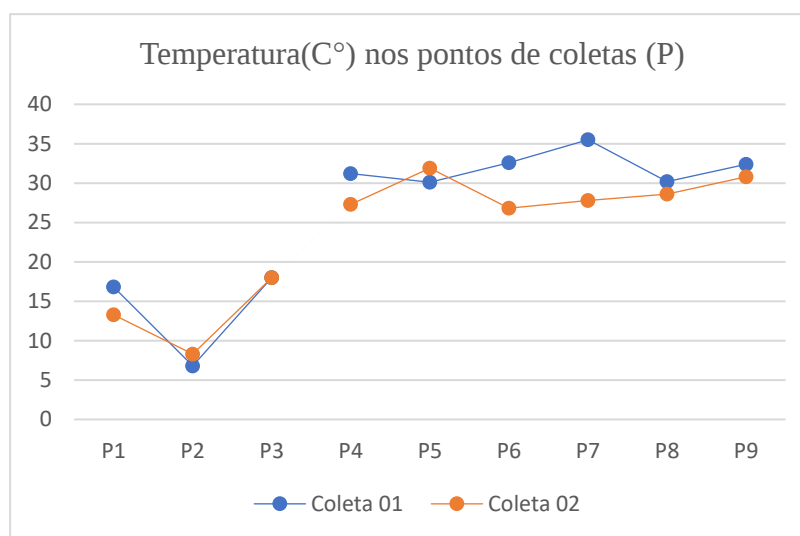
A temperatura é um parâmetro físico fundamental na avaliação da qualidade da água, pois afeta propriedades como densidade, viscosidade e solubilidade de gases e sais, além de influenciar processos químicos e biológicos. Persebon (2005) aborda que a temperatura é uma

característica organoléptica muito importante da qualidade da água, se destaca em dois pontos principais: seu aspecto biológico e sensorial. Segundo o autor, a temperatura afeta diretamente a sensibilidade dos organismos aquáticos e influencia se a água é considerada atraente ou não para consumo tanto humano quanto animal.

Quando a alteração na temperatura de um corpo d'água é suficientemente intensa para modificar sua qualidade, ela se caracteriza-se como poluição térmica, que por sua vez pode provocar desequilíbrios ecológicos, como a redução na solubilidade de oxigênio e a mortalidade de espécies sensíveis.

Sendo assim, alterações térmicas podem interferir na estabilidade da água e na sua adequação para diferentes usos. Assim, a variação térmica é um fator determinante para o comportamento da água em diferentes ambientes e aplicações. O gráfico 01 apresenta os valores de temperatura da água nos pontos de coleta.

Gráfico 01: Temperaturas nos pontos de coletas



Fonte: Autoria própria, 2025.

A partir do gráfico 01, observa-se que nos pontos destinados ao consumo humano (P1, P2 e P3), as temperaturas registradas foram mais baixas e estáveis, com variações entre 6,8°C e 18°C (conforme tabela 03 do anexo A), devido à ação do sistema de refrigeração dos bebedouros. Esses valores sugerem boa conservação da água, o que é desejável para manter sua potabilidade e reduzir riscos de contaminação biológica.

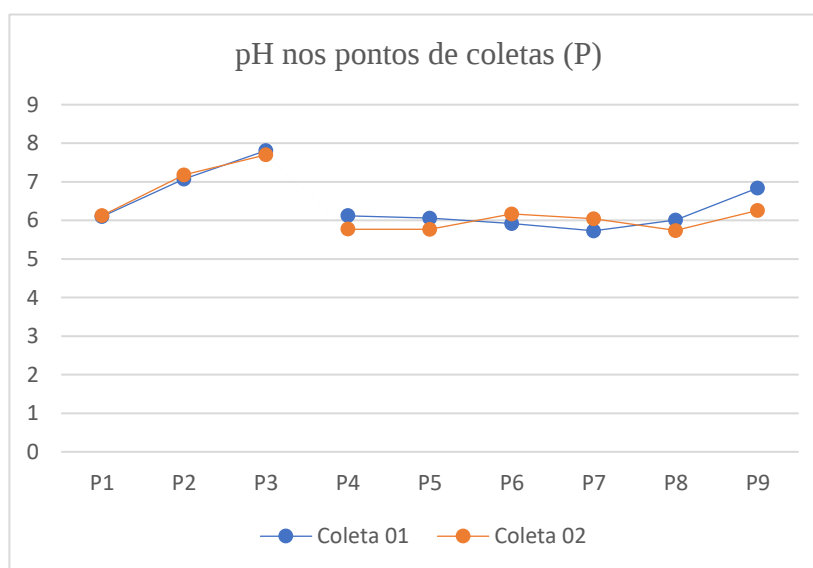
Já nos pontos P4 a P9, que correspondem à água corrente proveniente da tubulação do poço da universidade, observou-se temperaturas mais elevadas, variando de 27,3°C a 35,5°C (conforme tabela 03 do anexo A). Isso pode estar relacionado à exposição dos trechos da

tubulação ao calor externo ou à profundidade e características térmicas da água do poço. Apesar de não serem utilizados para consumo humano, essas temperaturas mais altas podem influenciar na eficiência de usos como limpeza e irrigação, além de favorecer a multiplicação de microrganismos. Segundo Mendonça et al. (2017), a elevação da temperatura da água pode favorecer tanto o crescimento de microrganismos quanto a formação de biofilmes, além de contribuir para a evaporação do cloro residual, o que compromete a qualidade microbiológica da água caso a água permaneça estagnada em trechos da rede.

Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH é um indicador essencial para determinar o grau de acidez ou alcalinidade da água, influenciando diretamente seu uso para consumo humano e outras finalidades cotidianas. Gertel e colaboradores, (2003) aborda que alterações repentinas nos níveis de pH podem acabar provocando o desaparecimento de espécies aquáticas mais sensíveis a esse tipo de variação. Sendo assim quando os valores de pH se encontram fora das faixas recomendadas (de 6,0 a 9,5 segundo a Portaria GM/MS nº 888/2021), há possibilidade de alteração no sabor da água e aumento da corrosividade no sistema de distribuição. Além disso, o pH ácido favorecem a solubilização de metais como ferro, cobre, chumbo, zinco e cádmio, o que acaba dificultando os processos de descontaminação das águas. Já em condições alcalina tende a reduzir a solubilidade desses metais, pois muitos formam hidróxidos insolúveis (como $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Zn}(\text{OH})_2$), precipitando-se e saindo da fase aquosa. A seguir, apresenta-se o gráfico 02, com os valores de pH nos pontos de coleta.

Gráfico 02: pH nos pontos de coletas



Fonte: Autoria própria, 2025.

Observa-se no gráfico 02, que nos pontos de coleta destinados ao consumo humano (P1, P2 e P3), os resultados foram, de modo geral, estão dentro dos valores da legislação. Conforme tabela 04 do anexo B, o ponto P1 apresentou pH de 6,10 na primeira coleta e 6,13 na segunda, valores levemente ácidos, porém ainda dentro do limite inferior recomendado pela Portaria GM/MS nº 888/2021, que estabelece uma faixa ideal entre 6,0 e 9,5. O ponto P2 registrou valores de 7,07 e 7,18, indicando pH neutro a levemente alcalino, o que é considerado ideal para o consumo. Já o ponto P3 apresentou os valores mais elevados entre os três, com pH de 7,81 e 7,7, mantendo-se dentro da faixa permitida e sugerindo a presença de sais minerais que conferem leve alcalinidade à água.

Em relação aos pontos destinados a usos que não envolvem consumo humano (P4 a P9), observou-se maior variabilidade nos valores de pH, com destaque para resultados mais ácidos em alguns locais. Na primeira coleta, os pontos P4 (6,12), P5 (6,06), P6 (5,92), P7 (5,73) e P8 (6,01) apresentaram valores próximos ou ligeiramente abaixo do limite mínimo recomendado para águas potáveis, sendo que P6 e P7 ficaram abaixo de 6,0. Na segunda coleta, a acidez foi ainda mais acentuada em alguns desses pontos: P4 e P5 registraram pH de 5,77, P7 de 6,04 e P8 de 5,74. O ponto P6, por outro lado, apresentou um aumento, passando de 5,92 para 6,17, retornando à faixa aceitável. Já o ponto P9 variou de 6,84 para 6,26, mantendo-se dentro da normalidade.

Essas oscilações, especialmente nos pontos P4 a P8, podem estar relacionadas à maior exposição desses locais a fatores ambientais, como a decomposição de matéria orgânica, presença de solos ácidos ou escoamento superficial com substâncias contaminantes, pois, de acordo com Agrizzi, (2012) e Lima (2011), essas oscilações nos valores de pH podem estar relacionadas à decomposição da matéria orgânica e à atividade respiratória de microrganismos, processos que promovem a liberação e dissolução de dióxido de carbono (CO_2) na água. Esse fenômeno pode ocorrer na água de poço, principalmente quando há infiltração de matéria orgânica ou atividade microbiana no aquífero. Então, possivelmente durante esses processos, há liberação de dióxido de carbono (CO_2), que, quando dissolver na água, forma ácido carbônico (H_2CO_3). Esse ácido se dissocia parcialmente, liberando íons hidrogênio (H^+) e, consequentemente, reduzindo o pH da água, tornando-a mais ácida. Esse fenômeno é comum em ambientes com alta carga de matéria orgânica, como áreas alagadas, solos agrícolas irrigados ou corpos d'água eutrofizados. No caso da universidade, não foram observados fatores como alteração significativa das características do solo ou escoamento com substâncias

contaminantes, apenas a decomposição de matéria orgânica, como folhas e galhos de árvores. Porém, nas áreas próximas a universidade, há presença de lixo, animais mortos e uma propriedade que trabalha com recicláveis, onde podem existir resíduos químicos em embalagens recicláveis, pó e fuligem de metais. Esses materiais podem ser levados pela chuva, contaminando o solo e os veios que abastecem os poços da região, incluindo o da universidade. Na instituição, o sistema hidráulico é abastecido pela caixa d'água, que recebe água de um poço semiartesiano e é possível que haja influência de contaminantes ou matéria orgânica nas proximidades do poço ou no próprio sistema de distribuição. Como não são utilizados para o consumo humano, os impactos diretos sobre a saúde são menores; no entanto, valores baixos de pH podem afetar a qualidade da água para fins recreativos, irrigação ou uso industrial, além de causar corrosividade em estruturas metálicas e sistemas hidráulicos.

Por fim, é importante destacar que os pontos de abastecimento humano (P1 a P3) apresentaram valores adequados e estáveis de pH, indicando condições seguras para o consumo. Já os pontos destinados as atividades gerais na instituição, apesar de não envolver ingestão direta, exigem maior atenção, principalmente aqueles com valores abaixo de 6,0, que podem comprometer a qualidade da água e demandar medidas corretivas ou monitoramento contínuo.

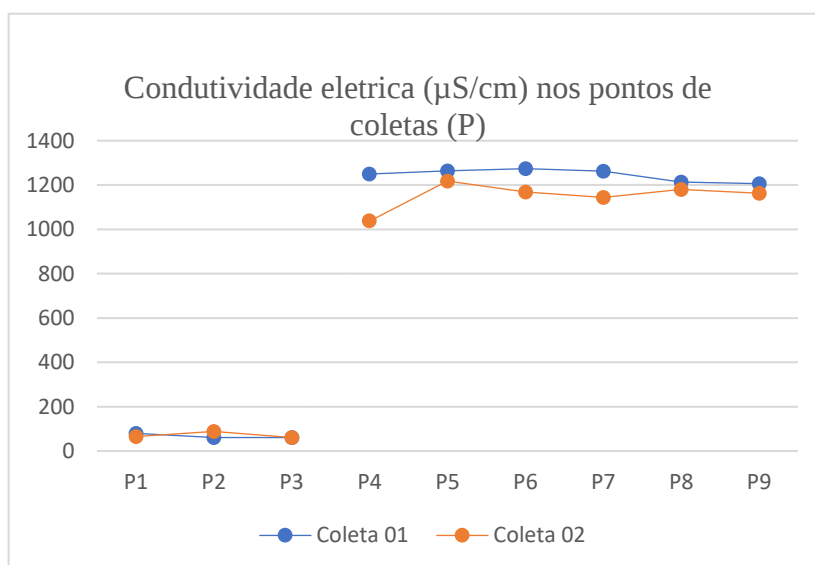
O baixo pH da água, aumenta a corrosão dos equipamentos metálicos Segundo Ferraz (2007), o baixo pH da água intensifica a corrosão dos equipamentos metálicos, tornando-os mais suscetíveis ao desgaste por processos eletroquímicos. Isso pode ser a causa dos constantes problemas nos equipamentos e instrumentos de pesquisa da universidade, já que a água ácida desgasta as estruturas.

Condutividade Elétrica (CE)

A condutividade elétrica é um parâmetro que indica a capacidade da água de conduzir corrente elétrica, a partir da presença de íons dissolvidos, como sais minerais, cloretos, nitratos, sulfatos e outros. Segundo Brito (2013), a medição da condutividade pode auxiliar na identificação de possíveis impactos ambientais tanto na bacia de drenagem como nas diversas fontes poluidoras. De acordo com a Funasa (2014), quanto maior a concentração de íons, maior será a condutividade. A portaria GM/MS nº888/2021 do ministério da saúde, não estabelece um valor máximo permitido para a condutividade elétrica. Porém, este parâmetro é essencial na avaliação da qualidade da água, pois pode indicar contaminação por substâncias dissolvidas ou salinização, especialmente em regiões mais quentes, como é o caso da região em que se localiza o centro de ciências de São Bernardo. O gráfico 03 apresenta os valores obtidos de

condutividade elétrica nos pontos de coleta.

Gráfico 03: Condutividade Elétrica nos pontos de coletas



Fonte: Autoria própria, 2025.

A partir do gráfico 03, observa-se uma clara distinção entre os pontos destinados ao consumo humano (P1, P2 e P3) e os demais (P4 a P9), que são utilizados para outros fins. Nos pontos de abastecimento humano, os valores de condutividade foram significativamente baixos, indicando baixa concentração de sais dissolvidos, condição ideal para consumo. Conforme tabela 05 do anexo C, o ponto P1 apresentou 80 µS/cm na primeira coleta e 66 µS/cm na segunda, valores considerados normais e seguros para consumo. O ponto P2 apresentou variação de 61 para 89 µS/cm, e o ponto P3 manteve-se estável em 61 µS/cm nas duas coletas. Esses resultados sugerem uma água com baixa mineralização, adequada para ingestão e com pouca interferência de fontes externas de contaminação (BERTOLO; HIRATA; FERNANDES, 2007).

Por outro lado, os pontos P4 a P9, voltados para usos que não envolvem consumo humano, apresentaram condutividades muito superiores, ultrapassando 1000 µS/cm em todas as medições. Os maiores valores foram registrados no ponto P6, com 1274 µS/cm na primeira coleta e 1169 µS/cm na segunda, seguido pelos pontos P5, P7 e P8, que também apresentaram valores elevados.

Esses dados indicam uma alta presença de íons dissolvidos, o que pode ser resultado da influência de atividades humanas, como lançamento de resíduos ou escoamento de fertilizantes, ou ainda de características naturais do solo e da água subterrânea da região. Montenegro et al. (2001) constataram que a condutividade elétrica é fortemente influenciada pelas características

pedológicas do solo, sendo que a maior concentração iônica coincide com áreas de textura mais fina, o que reduz a lixiviação e a consequente remoção de sais.

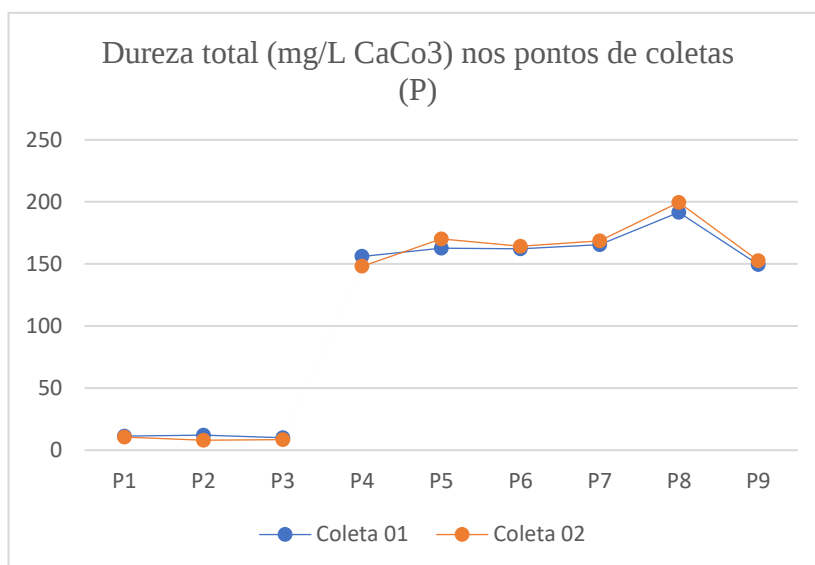
Apesar de não serem destinados ao consumo humano, valores tão altos de condutividade podem interferir em outros usos da água, como irrigação, usos industriais ou mesmo recreativos, podendo afetar a saúde de plantas, equipamentos e até da fauna aquática. No caso da universidade, a amostra da água analisada faz parte de uma infraestrutura hídrica que também é utilizada para a irrigação das plantas e jardins, o que pode estar afetando as plantas. A redução dos valores observada entre a primeira e a segunda coleta na maioria dos pontos pode estar relacionada a fatores sazonais, como o aumento do volume de chuvas no início do ano, que dilui os sais dissolvidos e reduz temporariamente a condutividade.

Em síntese, os dados de condutividade elétrica indicam que a água utilizada para consumo humano apresenta boa qualidade quanto à concentração de sais e ausência de contaminação por íons dissolvidos, enquanto os demais pontos requerem atenção, especialmente se houver intenção de expandir seus usos no futuro. A persistência de valores elevados nos pontos P4 a P9 justifica a continuidade do monitoramento e, se necessário, a investigação das fontes de sais dissolvidos nesses locais.

Dureza Total

A dureza total da água se refere à concentração de sais minerais dissolvidos, principalmente os sais de cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}), que estão presentes na água. Esses íons são responsáveis pela característica de “dureza” da água, que pode influenciar diversos aspectos, como o sabor, a qualidade para consumo, e o desempenho em processos industriais e domésticos, especialmente na formação de depósitos calcários em tubulações e equipamentos. De acordo com Sousa (2023), a dureza da água pode ser classificada com base na concentração de carbonato de cálcio (CaCO_3). Quando os valores são inferiores a 50 mg/L, a água é considerada mole ou branda. Entre 50 e 150 mg/L, classifica-se como de dureza moderada. Valores que variam de 150 a 300 mg/L indicam uma água dura, enquanto concentrações superiores a 300 mg/L caracterizam a água como muito dura. O gráfico 04 apresenta os valores de dureza total nos pontos de coleta.

Gráfico 04: Dureza Total nos pontos de coletas



Fonte: Autoria própria, 2025.

A dureza total da água refere-se à concentração combinada dos íons de cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}), expressa geralmente em miligramas por litro (mg/L) de carbonato de cálcio (CaCO_3). Esse parâmetro é importante para avaliar a qualidade da água, pois afeta tanto o uso doméstico quanto industrial, influenciando na formação de incrustações, eficiência de sabões e detergentes, além do sabor da água. Conforme a Funasa (2014), elevados níveis de dureza na água acaba dificultando a formação de espuma, o que por sua vez aumenta o consumo de sabões e xampus. Além disso, a presença em excesso de sais de cálcio e magnésio acaba favorecendo o acúmulo de incrustações em sistemas de tubulação de água causando entupimentos, redução do fluxo de água e aumento na necessidade de manutenção. Isso reforça a importância de monitorar continuamente a dureza da água e adotar medidas preventivas para garantir o bom funcionamento da infraestrutura hidráulica do campus.

De acordo com a Portaria GM/MS nº 888/2021, o limite máximo permitido para a dureza total em água destinada ao consumo humano é de 300 mg/L. Valores acima desse limite podem causar efeitos desagradáveis, como gosto residual e problemas em tubulações e equipamentos.

A partir da análise do gráfico 04 juntamente com a tabela 06 do anexo D, nos pontos destinados ao consumo humano (P1, P2 e P3), os valores de dureza total foram baixos, variando entre 8,01 mg/L e 12,01 mg/L nas coletas realizadas, caracterizando a água como mole. Estes valores estão muito abaixo do limite máximo permitido, indicando uma água adequada para o

consumo, sem risco de causar incrustações ou alterar significativamente o sabor.

Nos pontos de coleta destinados a usos operacional (P4 a P9), os valores de dureza total foram significativamente maiores, variando de 148,13 mg/L a 199,58 mg/L entre as duas coletas, classificando a água como moderadamente dura, porém ainda dentro do limite legal. Esses valores mais elevados refletem a maior concentração de íons cálcio e magnésio nesses locais, o que pode causar incrustações e exigir cuidados especiais para usos industriais ou laboratoriais.

A constância dos valores entre as duas coletas indica estabilidade da qualidade da água nesses locais, provavelmente influenciada por características geológicas da região, sem indícios claros de contaminação pontual. Em resumo, a água dos pontos para consumo humano apresenta dureza total adequada, garantindo segurança e conforto ao usuário. Já as águas dos pontos não potáveis apresentam dureza mais elevada, o que pode restringir ou demandar tratamentos específicos para determinados usos, mas permanecem dentro dos limites legais estabelecidos pela portaria vigente.

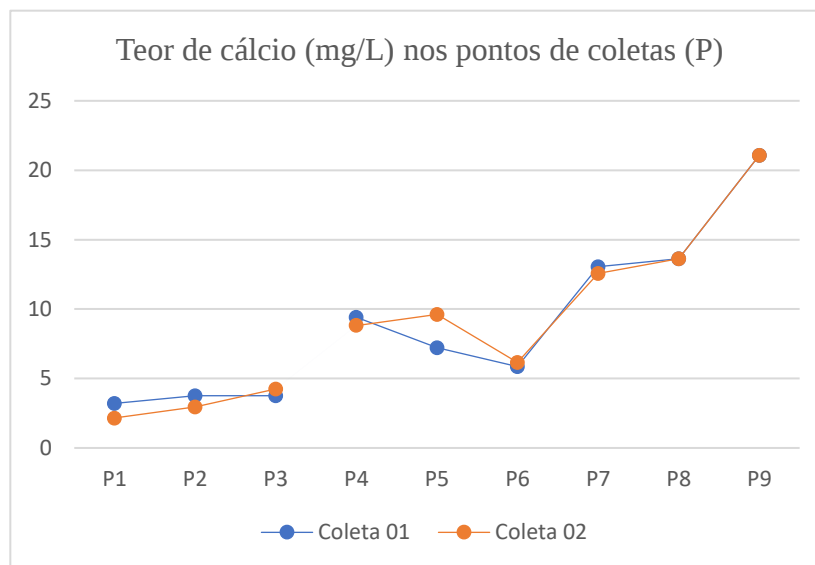
Teor de Cálcio (Ca^{2+})

O cálcio também é um dos principais constituintes naturais encontrados na água, geralmente ele vem da dissolução de minerais como calcita, dolomita e gesso. A presença de cálcio, junto ao magnésio, contribui para a dureza da água. O excesso de cálcio na água pode acabar gerando problemas operacionais e estéticos, como o sabor desagradável e o acúmulo de resíduos em utensílios. De Sousa (2023) disserta que:

“A determinação quantitativa da dureza, cálcio e magnésio na água é um campo crítico da análise química, desempenhando um papel central na garantia e controle de qualidade da água em inúmeras aplicações vitais, que vão desde o abastecimento de água potável até a preservação de sistemas industriais e ambientais.” (De Sousa, 2023, P.01)

A dureza da água atribuída ao cálcio tem implicações essenciais em diversas áreas. Em sistemas domésticos e industriais, por exemplo, com altos níveis de cálcio podem causar a formação de incrustações em tubulações, caldeiras e equipamentos, reduzindo sua eficiência e vida útil. “Os minerais, em particular o cálcio e o magnésio, são componentes naturais da água que, quando presentes em concentrações significativas, podem afetar negativamente a sua usabilidade em várias aplicações.” (Sousa, 2023, P.02) Por essas razões, a determinação e o controle dos níveis de cálcio e magnésio são fundamentais para garantir que a água atenda aos padrões de qualidade exigidos para cada finalidade. O gráfico 05 apresenta o teor de cálcio nos pontos de coleta.

Gráfico 05: Teor de cálcio nos pontos de coletas



Fonte: Autoria própria, 2025.

No contexto da potabilidade, a Portaria GM/MS nº 888/2021 do Ministério da Saúde — que estabelece os padrões de qualidade da água para consumo humano no Brasil — não fixa um limite máximo específico para o cálcio isoladamente, mas considera a concentração total de sais (sólidos dissolvidos totais) e parâmetros indicadores, como a dureza, como critérios relevantes.

A partir do gráfico 05, na análise dos pontos destinados ao consumo humano (P1, P2 e P3), os teores de cálcio encontrados estiveram em níveis baixos. Conforme tabela 07 do anexo E, o ponto P1 apresentou 3,21 mg/L na primeira coleta e 2,16 mg/L na segunda; o ponto P2 variou de 3,77 para 2,96 mg/L; e o ponto P3, de 3,77 para 4,25 mg/L. Dessa forma, os resultados indicam que a água consumida nos pontos analisados está dentro dos padrões aceitáveis de qualidade, sem oferecer riscos à saúde e sem provocar efeitos técnicos adversos nas instalações hidráulicas.

De maneira oposta, nos pontos destinados a outros usos (P4 a P9), os teores de cálcio foram mais elevados. O ponto P4 apresentou valores de 9,4 e 8,82 mg/L, enquanto o ponto P5 variou de 7,21 para 9,62 mg/L. O ponto P6 aumentou de 5,85 para 6,17 mg/L, enquanto os pontos P7 e P8 mantiveram valores mais elevados, respectivamente 13,06 para 12,58 mg/L e 13,63 mg/L nas duas coletas. O destaque fica para o ponto P9, que apresentou o maior teor de cálcio: 21,08 mg/L em ambas as amostragens. Embora esses valores ainda estejam abaixo de níveis considerados críticos para saúde humana, eles apontam para a necessidade de atenção

quanto ao uso dessa água em processos industriais ou agrícolas, pois podem favorecer a formação de depósitos minerais e reduzir a eficiência de equipamentos.

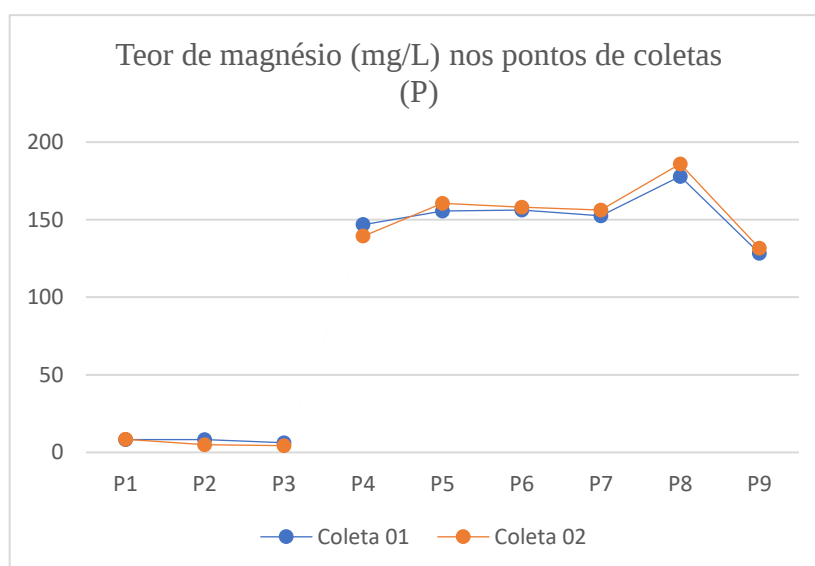
A estabilidade observada nos pontos P8 e P9 sugere uma origem constante e possivelmente geológica do teor elevado de cálcio, enquanto as variações nos demais pontos podem estar ligadas à sazonalidade, precipitação pluviométrica e interação com o ambiente superficial e subterrâneo.

Em suma, os resultados apontam que a água dos pontos destinados ao consumo humano apresenta baixa concentração de cálcio, estando em conformidade com a legislação brasileira. Já os pontos de uso institucional apresentaram valores mais elevados, mas ainda dentro de uma faixa considerada segura, embora exijam atenção técnica caso se pense em sua utilização em contextos que demandem maior controle da dureza da água. Recomenda-se o monitoramento contínuo e a análise conjunta com outros parâmetros para uma avaliação mais completa da qualidade da água.

Teor de Magnésio (Mg^{2+})

O magnésio (Mg^{2+}) é um íon comumente encontrado em águas naturais, sendo um dos principais responsáveis, ao lado do cálcio, pela dureza da água. Sua presença provém da dissolução de minerais em solos e rochas, especialmente em regiões com formação geológica rica em minerais magnésicos. O gráfico 06 apresenta o teor de magnésio nos pontos de coleta.

Gráfico 06: Teor de magnésio nos pontos de coletas



Fonte: Autoria própria, 2025.

Embora o magnésio seja um nutriente essencial ao organismo humano, concentrações elevadas podem conferir sabor amargo à água e favorecer a formação de incrustações em sistemas hidráulicos e equipamentos.

A Portaria GM/MS nº 888/2021, que regulamenta os padrões de potabilidade da água no Brasil, não estabelece um limite máximo específico para o teor de magnésio isoladamente, mas reconhece sua importância indireta ao tratar da dureza total e das características organolépticas da água.

A partir do gráfico 06, observa-se que nos pontos de coleta destinados ao consumo humano (P1, P2 e P3), os teores de magnésio estiveram em níveis baixos e considerados seguros. Conforme tabela 08 do anexo F, o ponto P1 apresentou um leve aumento, de 8,2 mg/L para 8,45 mg/L entre as coletas. O ponto P2 registrou queda de 8,24 mg/L para 5,05 mg/L, e o ponto P3 também apresentou redução, de 6,24 mg/L para 4,36 mg/L. Esses valores são consistentes com águas de baixa dureza e boa qualidade para consumo humano, sem causar alterações perceptíveis de sabor ou apresentar riscos operacionais.

Por outro lado, os pontos de uso operacional (P4 a P9) apresentaram teores significativamente mais elevados de magnésio, com destaque para o ponto P8, que passou de 177,94 mg/L para 185,95 mg/L — os maiores valores registrados no estudo. Outros pontos também apresentaram concentrações elevadas, como P5 (de 155,54 mg/L para 160,53 mg/L), P6 (de 156,29 mg/L para 157,98 mg/L) e P7 (de 152,49 mg/L para 156,17 mg/L). O ponto P9, por sua vez, teve valores entre 128,45 mg/L e 131,66 mg/L.

Esses resultados caracterizam águas que podem ser inadequadas para determinados usos industriais, agrícolas ou em sistemas térmicos. Segundo Macêdo (2004), o alto teor de Magnésio favorece o acúmulo de resíduos minerais em tubulações, caldeiras e trocadores de calor. Além disso, sua alta concentração na água, pode levar à formação de incrustações em tubulações e equipamentos, causando assim grandes prejuízos operacionais e financeiros, especialmente em sistemas industriais e domésticos.

Embora o magnésio seja um mineral essencial ao metabolismo humano, como nos processos como a contração muscular, a transmissão nervosa e a síntese de proteínas, o excesso desse elemento é normalmente eliminado de forma eficiente pelos rins. Conquanto esses pontos não sejam utilizados para consumo humano, os elevados teores de magnésio observados reforçam a necessidade de acompanhamento periódico, principalmente se houver mudança na destinação dessas águas ou uso em atividades que exijam controle rigoroso da qualidade físico-química.

Em síntese, os pontos destinados ao consumo humano apresentaram valores compatíveis com padrões de boa qualidade da água, enquanto os pontos não potáveis revelaram altos teores de magnésio que exigem atenção quanto ao seu uso técnico. A continuidade do monitoramento e a avaliação conjunta com outros parâmetros, são fundamentais para o adequado gerenciamento dos recursos hídricos analisados.

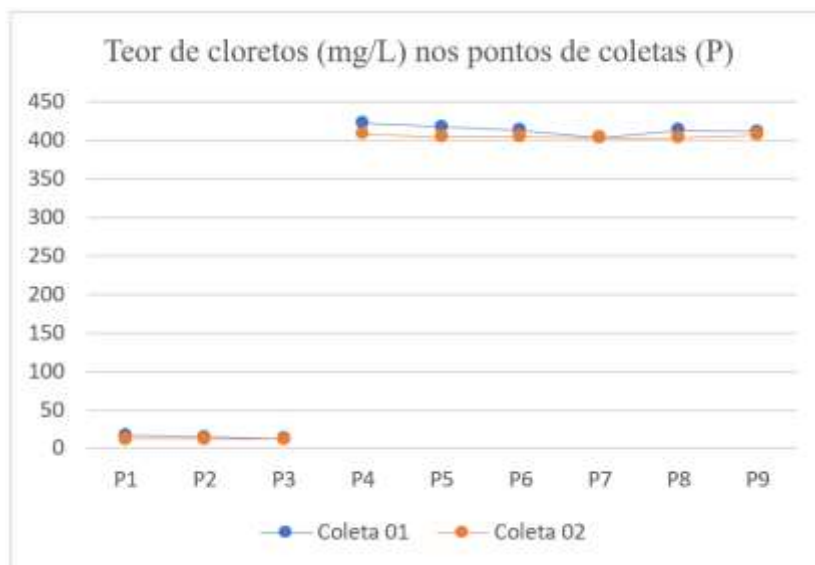
Cloretos (Cl⁻)

Os íons cloreto (Cl⁻) são comumente encontrados em águas naturais, sendo provenientes da dissolução de sais como o cloreto de sódio, além de atividades humanas, como o descarte de esgoto, resíduos industriais e uso de fertilizantes.

Embora o cloreto por si só não seja considerado tóxico em baixas concentrações, sua presença em níveis elevados pode conferir sabor salgado à água, corroer estruturas metálicas e indicar possível contaminação por fontes externas.

Segundo a Portaria GM/MS nº 888/2021, o valor máximo permitido de cloreto em água para consumo humano é de 250 mg/L, principalmente por questões relacionadas ao sabor e à corrosividade da água. Segundo Freitas (2001) o aumento no nível de cloretos pode afetar de forma negativa o crescimento das plantas, além de causar doenças na população quando presentes em concentrações superiores a 1000 mg/L. Acima desse limite, a água é considerada inadequada para o consumo humano. Abaixo o gráfico 07 apresenta o teor de cloretos nos pontos de coleta.

Gráfico 07: teor de cloretos nos pontos de coletas



Fonte: Autoria própria, 2025.

A partir do gráfico 07, juntamente com a tabela 09 do anexo G verifica-se que nos pontos destinados ao consumo humano (P1, P2 e P3), os valores de cloreto se mantiveram bem abaixo do limite legal, variando entre 17,02 mg/L e 11,84 mg/L nas duas coletas.

Houve uma leve redução nos valores entre a primeira e a segunda coleta. É possível que a água dos galões fornecidos, pertençam a lotes distintos, o que pode refletir variações nos teores de cloreto, ainda que dentro dos parâmetros de potabilidade. Outro aspecto a ser considerado é o tempo de armazenamento e uso dos galões, uma vez que longos períodos de estocagem, ou diferenças nas condições de conservação (como temperatura e exposição à luz), podem impactar minimamente as características físico-químicas da água. Esses dados indicam que a água nesses pontos apresenta boa qualidade com relação à presença de cloretos, sem riscos à saúde ou alteração de sabor.

Em contrapartida nos pontos P4 a P9, destinados a usos não relacionados ao consumo humano, os valores de cloreto foram significativamente elevados, com todos os registros acima do limite de 250 mg/L estabelecido pela legislação para água potável. As concentrações variaram de 402,25 mg/L a 422,81 mg/L na primeira coleta, e de 402,96 mg/L a 407,5 mg/L na segunda. Embora esses pontos não sejam destinados ao consumo humano, os altos teores de cloreto podem comprometer seu uso em determinados processos industriais, agrícolas ou laboratoriais, devido ao risco de corrosão de equipamentos e alteração das propriedades físico-químicas da água. Esse resultado justifica os problemas e mal funcionamento dos equipamentos de laboratório.

A persistência de valores elevados de cloreto nas duas coletas sugere que há uma fonte constante de salinização ou acúmulo natural nas áreas desses pontos de coleta, o que requer atenção, sobretudo se houver mudança na destinação da água ou em caso de escassez hídrica, quando fontes alternativas possam ser consideradas para consumo. Também é importante considerar o impacto ambiental do descarte dessas águas em corpos receptores.

Deste modo, os dados demonstram que a água dos pontos destinados ao consumo humano apresenta níveis adequados de cloreto, dentro dos padrões de potabilidade, enquanto os demais pontos exibem concentrações elevadas, incompatíveis com o consumo e com potencial risco técnico em usos específicos. Esse panorama reforça a importância do monitoramento contínuo e da avaliação integrada de múltiplos parâmetros, para assegurar a qualidade da água conforme sua destinação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação da qualidade da água na Universidade Federal do Maranhão evidencia uma gestão hídrica bem estruturada, que contempla a distinção clara entre os recursos destinados ao consumo humano e aqueles para usos das demais atividades institucionais. A água potável, fornecida por empresas externas e monitorada nos pontos P1, P2 e P3, apresenta parâmetros físico-químicos dentro dos limites estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021 do Ministério da Saúde, garantindo segurança sanitária, boa potabilidade e adequação ao consumo diário da comunidade acadêmica.

Os resultados demonstram que parâmetros como temperatura, pH, condutividade elétrica, dureza total, cálcio, magnésio e cloretos permanecem em níveis compatíveis com a potabilidade segundo a referida portaria, refletindo uma qualidade satisfatória e estabilidade ao longo das coletas. Essa condição favorável destaca a eficácia das práticas institucionais essenciais para a saúde pública e o funcionamento adequado das atividades universitárias.

Por outro lado, os pontos de coleta P4 a P9, associados a usos das demais atividades no campus e provenientes do poço semiartesiano local, apresentam características físico-químicas distintas, com teores elevados de condutividade, dureza, magnésio e cloretos, além de oscilações no pH, indicando maior mineralização e possível influência de fatores ambientais e geológicos, bem como potenciais fontes antrópicas de contaminação. Esses níveis, embora não destinados ao consumo humano, ultrapassam alguns dos parâmetros recomendados pela portaria, podendo comprometer usos alternativos como aplicações industriais, laboratoriais e agrícolas, além de representar riscos para a infraestrutura hidráulica. Isso reforça a necessidade de um monitoramento contínuo e da adoção de estratégias técnicas para mitigar efeitos adversos.

A constância e o perfil desses parâmetros ao longo das duas coletas indicam um cenário relativamente estável, mas que requer atenção permanente, sobretudo em períodos de escassez hídrica ou alteração na destinação da água, quando fontes alternativas possam ser consideradas. Além disso, é fundamental que a gestão institucional mantenha um plano integrado de manutenção e controle da qualidade da água, com foco na proteção dos recursos, prevenção de danos à infraestrutura e garantia da sustentabilidade ambiental.

Por fim, o estudo ressalta a importância do monitoramento sistemático e da análise integrada de múltiplos parâmetros físico-químicos para assegurar que cada ponto de abastecimento atenda às exigências específicas de uso e respeite os limites regulamentares vigentes. Dessa forma, a Universidade Federal do Maranhão – Campus São Bernardo

demonstra um compromisso efetivo com a qualidade e a segurança hídrica, promovendo condições adequadas para a saúde da comunidade acadêmica e o desenvolvimento sustentável das suas atividades.

6 REFERÊNCIAS

AGRIZZI, D. V. Índice de qualidade da água de nascentes no assentamento Paraíso Alegre, ES. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2012.

BARRETO, P. R.; GARCIA, C. A. B. Caracterização da qualidade da água do açude Buri – Frei Paulo/SE. *Scientia Plena*, v. 6, n. 9, p. 1-21, 2010. Disponível em: <https://scientiaplena.org.br>. Acesso em: 15 abr. 2025.

BERTOLO, Reginaldo Antonio e HIRATA, Ricardo e FERNANDES, Amélia João. Hidrogeoquímica das águas minerais envasadas no Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 37, n. 3, p. 515-529, 2007Tradução. Disponível em: <https://doi.org/10.25249/0375-7536.2007373515529>. Acesso em: 28 jun. 2025.

BRASIL. Manual de saneamento. 3. ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. *Diário Oficial da União*, Brasília, 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. *Diário Oficial da União: seção 1*, Brasília, DF, ed. 85, p. 94-95, 7 maio 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/GM/MS, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. *Diário Oficial da União: seção 1*, Brasília, DF, n. 83, p. 88, 5 maio 2021.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, n. 66, Seção 1, p. 64-68, 7 abr. 2008. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/conama>. Acesso em: 15 abr. 2025.

Brasil, v. 6, n. 2, p. 029–041, 2017. DOI: 10.59360/ouricuri.vol6.i2.a3170. Disponível em:

<https://www.revistas.uneb.br/index.php/ouricuri/article/view/3170>. Acesso em: 14 abr. 2025.

BRITO, Edilene; BRITO, Núbia. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO PARAGUAI NAS PROXIMIDADES DA CIDADE LADÁRIO-MS. Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia, v. 10, n. 1, 2013.

BOLFARINE, Heleno; DE OLIVEIRA BUSSAB, Wilton. Elementos de amostragem. Editora Blucher, 2005.

Coceto.de. *Amostra – o que é, conceito e definição*. 25 nov. 2011. Atualizado em 11 ago. 2019. Disponível em: <https://conceito.de/amostra>. Acesso em: 15 jan. 2025.

DE LIMA, S. C. A.; BATISTA SANTOS, C. A. Educação e saúde pública: determinação de cloro e Escherichia coli na água utilizada para consumo no IFPE, Campus Afogados da Ingazeira. *Revista Ouricuri*.

DE SOUSA COUTINHO, J. V.; DE CERQUEIRA LOUZADA, N. D.; SANTOS, T. S.; SILVA, K. G.; DE ITAPEMIRIM, C.; DIAS, G. I. P. Quantificação de dureza total e dos íons cálcio e magnésio em amostras de água oriundas do sistema de distribuição.

DESHMUKH, S. P. et al. Silver nanoparticles as an effective disinfectant: a review. *Materials Science and Engineering: C*, [S.l.], v. 97, p. 954-965, abr. 2019. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.msec.2018.12.102>. Acesso em: 15 abr. 2025.

FERRAZ, R. C. Avaliação de sistema alternativo de proteção contra a corrosão em circuito de água de refrigeração. Dissertação de Mestrado. COPPE/UFRJ. Engenharia Metalúrgica e de Materiais, 2007.

FRAZÃO, Paulo; PERES, Marco A.; CURY, Jaime A. Qualidade da água para consumo humano e concentração de fluoreto. *Revista de saúde pública*, v. 45, p. 964-973, 2011.

Freitas, V. P., Brígido, B. M., Badolato, M. I. C., & Alaburda, J. (2002). Padrão físico-químico da água de abastecimento público da região de Campinas. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, 61(1), 51-8.

FREITAS, S. S. Eutrofização no Reservatório Marcela em Itabaiana –SE, e suas implicações ambientais. Universidade Federal de Sergipe, 2001, 50p. Monografia –Especialização em Gestão de Recursos Hídricos e Meio Ambiente.

FUNASA. Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETAS. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2014.

GARCIA, Gabrielly Cristiny Silva et al. MÉTODOS CONVENCIONAIS DE TRATAMENTO DE ÁGUA: EFICIÊNCIA, IMPACTO AMBIENTAL E PERSPECTIVAS. 2024.

GERTEL, P.; TAUKE-TORNISIELO, S.M.; MALAGUTTI, E.N. Qualidade das águas dos córregos São Joaquim e ribeirão Claro, bacia do rio Corumbataí-SP, Brasil. *Holos Environment*, v.3, n.2, p.103-119, 2003.

GUIMARÃES, Paulo Ricardo Bittencourt. Métodos quantitativos estatísticos. Curitiba: Iesde Brasil SA, v. 1, p. 252, 2008. HIRATA, R. Recursos hídricos. In: Decifrando a terra. Wilson Teixeira et al. (org.) Reimpressão, São Paulo: Oficinas de textos, 2003.

Hager, Francis Priscilla Vargas, and Marcelo Lopes D'almeida. "Legislação aplicada às águas subterrâneas." *Águas Subterrâneas* (2008).

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). São Bernardo - MA: Panorama. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/sao-bernardo/pesquisa/10102/122229>. Acesso em: 15 abr. 2025.

LAKE, I. R. et al. Effect of water hardness on cardiovascular mortality: an ecological time series approach. *Journal of Public Health*, v. 32, n. 4, p. 479–487, 22 dez. 2009.

LIBÂNIO M. Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água: 3 ed. São Paulo: Átomo, 2010.

LIMA, F. K. C.. Agricultura urbana e recursos hídricos: um estudo na microbacia do rio Tambay/Bayeux-PB. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2011.

Lenz, Andressa Gabriele, et al. "Avaliação de parâmetros físico-químicos da qualidade da água do Rio Fiúza em Panambi, RS." *Revista Foco* 17.4 (2024): e4633-e4633.

MARQUES, M. N., et al. Avaliação do impacto da agricultura em áreas de proteção ambiental, pertencentes à bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape, São Paulo. *Quim. Nova*, v. 30, n. 5,

p.1171-1178, 2007.

MERTEN, Gustavo H.; MINELLA, Jean P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. *Agroecologia e desenvolvimento rural sustentável*, v. 3, n. 4, p. 33-38, 2002

Mendonça, M. H. M., Roseno, S. A. M., Cachoeira, T. R. L., Silva, Á. F. S., Jácome, P. R. L. D. A., & Jácome, A. T. (2017). Análise bacteriológica da água de consumo comercializada por caminhões-pipa. *Revista Ambiente & Água*, 12(3), 468-475.

MOREIRA, D. A., et al. Qualidade das águas de minas no perímetro urbano do município de Ubá-MG. *Multi-Science Journal*, 2015.

Montenegro, S. M G. L.; Montenegro, A. A. A.; Ribeiro, M. R.; Corrêa, M. M.; Almeida, T. A.; Maia, F. M V. L. Análise da variabilidade espacial da salinidade em área irrigada e do nível d'água em aluvião sob uso agrícola na região semiárida do nordeste brasileiro. In: *Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, 14, 2001, Aracaju. Anais... Aracaju: ABRH, 2001.

Nolasco, G. M., Gama, E. M., Reis, B. M., Reis, A. C. P., Gomes, F. J. S., & Matos, R. P. (2020). Análise da alcalinidade, cloretos, dureza, temperatura e condutividade em amostras de água do município de Almenara/MG. *Recital-Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG*, 2(2), 52-64.

Parron, L. M., Muniz, H. D. F., & Pereira, C. M. (2011). Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água.

Palhares, Julio Cesar P. "Qualidade da água na produção animal." (2014).

PERCEBON, C. M.; BITTENCOURT, A. V. L; ROSA FILHO, E. F. Diagnóstico da temperatura das águas dos principais rios de Blumenau, SC. *Boletim Paranaense de Geociências*, n. 56, p. 7-19, 2005

PIMENTA, Sandro Moraes; PEÑA, Alfredo Palau; GOMES, Patrícia Silva. Aplicação de métodos físicos, químicos e biológicos na avaliação da qualidade das águas em áreas de aproveitamento hidroelétrico da bacia do rio São Tomás, município de Rio Verde-Goiás. *Sociedade & Natureza*, v. 21, p. 393-412, 2009.

SOUSA, B. R. B. Avaliação físico-química da água mineral comercializada em chafarizes no

munícipio de Catolé do Rocha – Paraíba. Monografia (Bacharelado em Ciências e Tecnologias) – Universidade Federal Rural do Semi-árido, Carnaúba, 2023.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO. Histórico – Campus São Bernardo. Disponível em: <https://portalpadrao.ufma.br/saobernardo/campus/historico>. Acesso em: 15 abr. 2025.

Vasconcelos, Mickaelon Belchior, Claudio Cesar de Aguiar CAJAZEIRAS, and Rafael Rolim de SOUSA. "Aplicação da condutividade elétrica da água nos estudos hidrogeológicos da região Nordeste do Brasil." (2019).

VERGO AMBIENTAL. *Monitoramento da qualidade da água: importância, parâmetros, aplicações e desafios*. Consultoria Ambiental · Engenharia Ambiental. Disponível em: <https://vergoambiental.com/monitoramento-da-qualidade-da-agua>. Acesso em: 15 abr. 2025.

ANEXOS

Anexo A: Tabela 03 - Temperaturas aferidas *in loco*.

Pontos de coleta	Coleta 01 12/24	Coleta 02 02/25
P1	16.8°C	13.3°C
P2	6.8°C	8.3°C
P3	18°C	18°C
P4	31.2°C	27.3°C
P5	30.1°C	31.9°C
P6	32.6°C	26.8°C
P7	35.5°C	27.8°C
P8	30.2°C	28.6°C
P9	32.4°C	30.8°C

Fonte: Autoria própria, 2025.

Anexo B: Tabela 04 - valores de pH aferidos *in loco*.

Pontos de coleta	Coleta 01 12/24	Coleta 02 02/25
P1	6.10	6.13
P2	7.07	7.18
P3	7.81	7.7
P4	6.12	5.77
P5	6.06	5.77
P6	5.92	6.17
P7	5.73	6.04
P8	6.01	5.74
P9	6.84	6.26

Fonte: Autoria própria, 2025.

Anexo C: Tabela 05 - Valores de condutividade elétrica.

Pontos de coleta	Unidade	Coleta 01 12/24	Coleta 02 02/25
P1	μS/cm	080	066
P2	μS/cm	061	089
P3	μS/cm	061	061
P4	μS/cm	1249	1038
P5	μS/cm	1264	1218
P6	μS/cm	1274	1169
P7	μS/cm	1262	1144
P8	μS/cm	1214	1181
P9	μS/cm	1207	1163

Fonte: Autoria própria, 2025.

Anexo D: Tabela 06 - valores de dureza total.

Pontos de coleta	Unidade	Coleta 01 12/24	Coleta 02 02/25
P1	mg/L de CaCO ₃	11,41	10,61
P2	mg/L de CaCO ₃	12,01	8,01
P3	mg/L de CaCO ₃	10,01	8,61
P4	mg/L de CaCO ₃	156,14	148,13
P5	mg/L de CaCO ₃	162,75	170,15
P6	mg/L de CaCO ₃	162,14	164,15
P7	mg/L de CaCO ₃	165,55	168,75
P8	mg/L de CaCO ₃	191,57	199,58
P9	mg/L de CaCO ₃	149,53	152,74

Fonte: Autoria própria, 2025.

Anexo E: Tabela 07 - Teor de cálcio (Ca²⁺)

Pontos de coleta	Unidade	Coleta 01 12/24	Coleta 02 02/25
P1	mg/L	3,21	2,16
P2	mg/L	3,77	2,96
P3	mg/L	3,77	4,25
P4	mg/L	9,4	8,82
P5	mg/L	7,21	9,62
P6	mg/L	5,85	6,17
P7	mg/L	13,06	12,58
P8	mg/L	13,63	13,63
P9	mg/L	21,08	21,08

Fonte: Autoria própria, 2025.

Anexo F: Tabela 08 - Teor de Magnésio (Mg^{2+})

Pontos de coleta	Unidade	Coleta 01 12/24	Coleta 02 02/25
P1	mg/L	8,2	8,45
P2	mg/L	8,24	5,05
P3	mg/L	6,24	4,36
P4	mg/L	146,74	139,31
P5	mg/L	155,54	160,53
P6	mg/L	156,29	157,98
P7	mg/L	152,49	156,17
P8	mg/L	177,94	185,95
P9	mg/L	128,45	131,66

Fonte: Autoria própria, 2025.

Anexo G: Tabela 09 - Valores de Cloretos (Cl⁻)

Pontos de coleta	Unidade	Coleta 01 12/24	Coleta 02 02/25
P1	mg/L	17,02	11,84
P2	mg/L	14,18	11,84
P3	mg/L	12,27	11,84
P4	mg/L	422,81	407,5
P5	mg/L	416,93	403,95
P6	mg/L	413,17	403,67
P7	mg/L	402,25	402,96
P8	mg/L	413,17	403,24
P9	mg/L	411,25	406,79

Fonte: Autoria própria, 2025.

Anexo H: Volumes de titulante (EDTA) consumido nas titulações para análise de dureza total.

Tabela 10 - Volumes consumido nas titulações em dezembro de 2024.

Pontos de coleta	TITULAÇÃO 1 (ml)	TITULAÇÃO 2 (ml)	TITULAÇÃO 3 (ml)	MÉDIA DAS TITULAÇÕES (ml)
P1	0,5	0,7	0,5	0,57
P2	0,4	0,6	0,8	0,6
P3	0,5	0,6	0,4	0,5
P4	8,2	7,9	7,3	7,8
P5	7,5	8,4	8,5	8,13
P6	8	8,2	8,1	8,1
P7	8,1	8,8	7,9	8,27
P8	11	9,5	8,2	9,57
P9	7,5	8,3	6,6	7,47

Fonte: Autoria própria, 2025.

Tabela 11 - Volumes consumido nas titulações em fevereiro de 2025.

Pontos de coleta	TITULAÇÃO 1 (ml)	TITULAÇÃO 2 (ml)	TITULAÇÃO 3 (ml)	MÉDIA DAS TITULAÇÕES (ml)
P1	0,8	0,4	0,4	0,53
P2	0,4	0,4	0,4	0,4
P3	0,5	0,4	0,4	0,43
P4	8,3	6,7	7,2	7,4
P5	7,9	8,9	8,7	8,5
P6	8,3	9	7,3	8,2
P7	8,1	8,4	8,8	8,43
P8	12	9,8	8,1	9,97
P9	7,7	6,5	8,7	7,63

Fonte: Autoria própria, 2025.

Anexo I: Volumes de titulante (EDTA) consumido nas titulações para análise do teor de cálcio (Ca^{2+}).

Tabela 12 - Volumes consumido nas titulações em dezembro de 2024.

Pontos de coleta	TITULAÇÃO 1 (ml)	TITULAÇÃO 2 (ml)	TITULAÇÃO 3 (ml)	MÉDIA DAS TITULAÇÕES (ml)
P1	0,6	0,5	0,1	0,4
P2	0,7	0,5	0,2	0,47
P3	0,7	0,4	0,3	0,47
P4	1,1	1,2	1,2	1,17
P5	0,5	0,7	1,5	0,9
P6	0,7	0,6	0,9	0,73
P7	1,5	1,8	1,6	1,63
P8	1,7	1,9	1,5	1,7
P9	2,3	2,9	2,7	2,63

Fonte: Autoria própria, 2025.

Tabela 13 - Volumes consumido nas titulações em fevereiro de 2025.

Ponto de coleta	TITULAÇÃO 1 (ml)	TITULAÇÃO 2 (ml)	TITULAÇÃO 3 (ml)	MÉDIA DAS TITULAÇÕES (ml)
P1	0,3	0,1	0,4	0,27
P2	0,6	0,3	0,2	0,37
P3	0,6	0,5	0,5	0,53
P4	1	1,2	1,1	1,1
P5	0,8	0,8	2	1,2
P6	0,8	0,4	1,1	0,77
P7	0,7	2,8	1,2	1,57
P8	2	1,3	1,8	1,7
P9	2,5	2,6	2,8	2,63

Fonte: Autoria própria, 2025.

Anexo J: Volumes de titulante (AgNO₃) consumido nas titulações para análise do teor de cloretos (Cl⁻).

Tabela 14 - Volumes consumido nas titulações em dezembro de 2024.

Ponto de coleta	TITULAÇÃO 1 (ml)	TITULAÇÃO 2 (ml)	TITULAÇÃO 3 (ml)	MÉDIA DAS TITULAÇÕES (ml)
P1	2,7	2,3	2,2	2,4
P2	2	2	2	2
P3	1,7	1,8	1,7	1,73
P4	61	58,8	59,1	59,63
P5	58,7	58,9	58,8	58,8
P6	58,5	58,7	57,6	58,27
P7	56,9	58,3	55	56,73
P8	58,6	57,9	58,3	58,27
P9	58,2	58	57,8	58

Fonte: Autoria própria, 2025.

Tabela 15 - Volumes consumido nas titulações em fevereiro de 2025.

Ponto de coleta	TITULAÇÃO 1 (ml)	TITULAÇÃO 2 (ml)	TITULAÇÃO 3 (ml)	MÉDIA DAS TITULAÇÕES (ml)
P1	2	1,5	1,5	1,67
P2	1,8	1,6	1,6	1,67
P3	1,7	1,8	1,5	1,67
P4	58	57,4	57	57,47
P5	57,3	56,7	56,9	56,97
P6	56,9	56,9	57	56,93
P7	56,6	56,8	57,1	56,83
P8	57,2	56,7	56,7	56,87
P9	57,6	57,1	57,4	57,37

Fonte: Autoria própria, 2025.