



INSTITUTO FEDERAL DA PARAÍBA – CAMPUS SOUSA
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO SUPERIOR
CURSO SUPERIOR DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

ELISANGELA MEDEIRO DE OLIVEIRA

ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA EM ESCOLAS PÚBLICAS DO
MUNICÍPIO DE SOUSA - PB

SOUSA – PB

2023

ELISANGELA MEDEIRO DE OLIVEIRA

**ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA EM ESCOLAS PÚBLICAS DO
MUNICÍPIO DE SOUSA - PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Licenciatura em Química do Instituto Federal da Paraíba, Campus Sousa, como requisito a obtenção do título de Licenciatura em Química.

Orientador: MsC Pedro Nogueira da
Silva Neto

Coorientadora: MsC Polyana de Brito Januário

SOUSA – PB

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte

Milena Beatriz Lira Dias da Silva – Bibliotecária CRB 15/964

O48a Oliveira, Elisangela Medeiro de.

Análise físico-química da água em escolas públicas do município de Sousa - PB / Elisangela Medeiro de Oliveira, 2023.

47 p. : il.

Orientador: Prof. Me. Pedro Nogueira da Silva Neto.
TCC (Licenciatura em Química) - IFPB, 2023.

1. Água potável. 2. Monitoramento de qualidade da água.
3. escassez hídrica. I. Silva Neto, Pedro Nogueira da. II. Título.

IFPB Sousa / BS

CDU 54:37



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
COORDENAÇÃO DO CURSO SUPERIOR DE LICENCIATURA EM QUÍMICA-
CAMPUS SOUSA



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA EM ESCOLAS PÚBLICAS DO MUNICÍPIO DE SOUSA-
PB

Autor(a): ELISANGELA MEDEIRO DE OLIVEIRA.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Campus Sousa, como parte das exigências para a obtenção do título de Licenciado(a) em Química.

Aprovado pela Comissão Examinadora em: 28/03/2023

Me. Pedro Nogueira da Silva

Neto IFPB – Campus

Monteiro Professor(a) Orientador(a)

Ma. Poliana de Brito Januário IF

PB – Campus

Sousa Professora orientadora

Samuel Guedes Bitu

Me. Samuel Guedes

BituIFPB – Campus

SousaExaminador 1

André Luiz da Silva

Me. André Luiz da

SilvaIFPB – Campus

Santa RitaExaminador2

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que sempre me protegeu e guiou os meus caminhos durante toda minha vida com bençãos divinas e sempre esteve comigo nessa jornada acadêmica me dando forças e saúde para enfrentar todas as dificuldades vividas neste período de tempo.

Aos meus pais, Edimar e Adriana, pelo apoio incondicional e pela confiança demonstrada ao longo de minha formação pessoal e profissional e aos meus irmãos Edna e Anderson, pelo apoio e carinho e por comemorar comigo o sucesso que há muito tempo almejo.

Aos meus amigos e colegas de turma, por esses anos de parceria e amizade, em especial a Aline que esteve comigo ao longo destes anos e o José que sempre me incentivou para que esse trabalho fosse concluído e me auxiliou nas coletas realizadas.

Ao meu orientador Prof.Ms. Pedro Nogueira da Silva Neto e co-orientadora Profa. Ms. Polyana de Brito Januário, pelo incentivo, paciência e todo suporte necessário para a realização deste trabalho.

Ao meu namorado João Rafael, pelo amor, carinho e compreensão dos momentos em que estive ausente pela realização deste trabalho.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a conclusão deste trabalho.

“Aquilo que o homem ignora, não existe para ele. Por isso o universo de cada um se resume ao tamanho do seu saber”.

Albert Einstein

RESUMO

A água, um recurso natural indispensável para a vida na terra, mundialmente finita e extremamente preocupante, devido a problemática vivenciada durante todo o século, em relação a escassez de água potável. A região Nordeste do Brasil enfrenta frequentemente crises hídricas provocadas pela escassez das chuvas, situação que gera dificuldades sociais para as pessoas que habitam a região, pois desta forma a quantidade/qualidade da água tem sido comprometida. O presente trabalho teve como objetivo analisar a qualidade de água consumida por escolas públicas municipais da cidade de Sousa - PB, através de análises físico-químicas. Foram realizadas as seguintes análises: Cor aparente; Turbidez; pH; Alcalinidade Total; Dureza total; Gás carbônico livre; Cloretos; Condutividade. As orientações para as coletas e as análises foram realizadas conforme o Manual Prático de Análise de Água da Fundação Nacional de Saúde (Funasa). As orientações para as coletas e as análises foram realizadas conforme o Manual Prático de Análise de Água da Fundação Nacional de Saúde (Funasa). Com base nos resultados obtidos, de acordo com a Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, os parâmetros da análise físico-química atenderam ao padrão de potabilidade.

Palavras-Chaves: Monitoramento da Qualidade de Água, parâmetros físico-químicos, Escassez de água potável.

ABSTRACT

Water, an indispensable natural resource for life on earth, globally finite and extremely worrying, due to the problems experienced throughout the century, in relation to the scarcity of drinking water. The Northeast region of Brazil often faces water crises caused by the scarcity of rainfall, a situation that generates social difficulties for the people who inhabit the region, because in this way the quantity/quality of water has been compromised. The present work aimed to analyze the quality of water consumed by municipal public schools in the city of Sousa - PB, through physicochemical analyses. The following analyses were performed: Apparent color; Turbidity; ph; Total Alkalinity; Total hardness; Free carbon dioxide; Chlorides; Conductivity. The guidelines for the collections and analyses were carried out according to the Practical Manual of Water Analysis of the National Health Foundation (Funasa). Based on the results obtained, according to Ordinance GM/MS No. 888, of May 4, 2021, the parameters of the physicochemical analysis met the standard of potability.

Keywords: Monitoring of water quality, physical-chemical parameters. Scarcity of drinking water.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Abastecimento de água diário pela rede geral.....	15
Figura 2 - Volume Do Açude São Gonçalo Dos Últimos 10 Anos.....	16
Figura 3 - Mapa municipal Sousa/PB.....	26
Figura 4 - Sangradouro açude São Gonçalo/Sousa-PB.....	27
Figura 5 - Sistema de abastecimento d'água integrado da cidade de Sousa/PB.....	28
Figura 6 - Distribuição das escolas no município.....	28
Figura 7 - Amostras etiquetadas e acondicionadas.....	29
Figura 8 - Materiais, vidrarias e equipamentos.	30

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Pontos amostrados e seus respectivos endereços	27
Tabela 2 - Parâmetros analisados.	31
Tabela 3 – Resultados.....	33

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
AESA	Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado
CAGEPA	Companhia de Água e Esgotos da Paraíba
DAESA	Departamento de Água, Esgoto e Saneamento Ambiental de Sousa
PET	Politereftalato de Etileno
FUNASA	Fundação nacional de saúde
VMP	Valor máximo permitido
uT	Unidade de Turbidez
uH	Unidade de Hazen
NTU	Unidade nefelométrica

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	Qualidade de Água Para Abastecimento.....	12
1.2	Padrões de Potabilidade.....	16
1.2.1	Organolética.....	16
1.2.2	Física.....	16
1.2.3	Química.....	16
1.2.4	Biológica.....	16
1.3	Monitoramento da Qualidade de Água.....	16
1.4	Indicadores Sentinelas.....	16
1.4.1	Turbidez.....	17
1.4.2	Cloro.....	18
1.4.3	potencial Hidrogeniônico.....	18
1.4.4	Alcalinidade.....	19
1.4.5	Dureza Total.....	20
1.4.6	Condutividade.....	21
1.4.7	Cor.....	21
1.4.8	Cloreto.....	22
1.4.9	Gás carbônico livre.....	23
2	OBJETIVOS.....	24
2.1	Objetivo Geral.....	24
2.2	Objetivos Específicos.....	24
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	25
3.1	Área de Estudo.....	25
3.2	Sistema de abastecimento de água do município de Sousa-PB.....	25

3.3 Pontos amostrados	26
3.4 Metodologia de Coleta.....	29
3.5 Procedimentos Laboratoriais	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1 potencial Hidrogeniônico.....	33
4.2 Cor	35
4.3 Turbidez	36
4.4 Condutividade.....	37
4.5 Dureza Total	38
4.6 Alcalinidade	39
4.7 Gás carbônico livre	40
4.8 Cloreto.....	41
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
REFERÊNCIAS	44

1 INTRODUÇÃO

A escassez de infraestrutura é uma realidade existente quando se refere à educação pública, por meio disto, a qualidade de água das escolas públicas conseqüentemente não seria diferente.

Segundo Maia (2017), a água é uma matéria que se destaca por sua preciosidade, pois sem a mesma é impossível existir os demais direitos concedidos, visto que a água é o elemento natural essencial para o ser humano e todos os seres vivos. Assim como é um elemento mundialmente finito, e isto é preocupante, pois, além disso, grande parte da água presente no planeta não é potável.

Gloria *et al* (2017) explica que o termo “qualidade de água” não se refere somente a pureza da mesma, mas também às características físicas, químicas e biológicas, e através dessas características que se propõe a destinação da água. A qualidade da água é avaliada de acordo com substâncias presentes, para isso denomina-se os parâmetros de qualidade da água.

De acordo com Ríos *et al.* (2017), água potável definida como adequada para o consumo humano e para todo uso doméstico habitual, incluindo higiene pessoal, é livre de microrganismos causantes de enfermidades.

O presente trabalho busca realizar análises físico-químicas da qualidade de águas nas escolas públicas do município de Sousa – PB, pretendendo conhecer mais sobre as características de tais águas oferecidas a comunidade escolar da região citada, visto que essas águas são fornecidas principalmente para a uma população vulnerável: as crianças.

Conforme Gomes *et al.* (2018, p.89), nem sempre se encontra água com a qualidade desejada para ser distribuída às comunidades; isso pode trazer uma série de riscos associados à presença de espécies químicas e microrganismos potencialmente patogênicos.

1.1 QUALIDADE DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO

Apesar de toda a quantidade de água disponível no nosso planeta, sua maior totalidade é salgada e a água potável existente não está disponível para todos. Assim como afirma Ribeiro *et al* (2019), para suprir às necessidades básicas da população, a água deve ser acessível e atender a parâmetros de qualidade. Grande parte da água doce do planeta

está congelada, outra parte está no interior da Terra e uma parcela pequena ocorre em rios e corpos de água sendo a de maior uso, porém a mais susceptível à contaminação.

Maia (2017), afirma que a água potável limpa, segura e adequada é vital para a sobrevivência de todos os organismos vivos e para o funcionamento dos ecossistemas, comunidades e economias. Entretanto, a qualidade da água em todo o mundo encontra-se cada vez mais ameaçada à medida que as populações humanas crescem, atividades agrícolas e industriais se expandem e as mudanças climáticas ameaçam alterar o ciclo hidrológico global.

Lamentavelmente, a falta de saneamento básico ainda é um fenômeno recorrente nos dias de hoje. De acordo com Siqueira (2018, p. 12) todo e qualquer ser vivo necessita de água para sua sobrevivência, deste modo, a água trata-se de um elemento químico indispensável, presente em oceanos, mares, rios e etc. Porém, mesmo que abundante, a sua distribuição no planeta ocorre de forma desigual, acarretando danos sociais. Olivo e Ishiki (2015) defendem que a falsa ideia que a água é um recurso infinito refere-se a uma questão cultural da sociedade. Dessa forma, o ato do desperdício de tal em domicílios, indústrias e na agricultura fazem parte de uma ação inconsciente, em que a água potável é usada para fins não viáveis.

No Brasil, a distribuição de água ocorre de forma totalmente desproporcional, pois nas regiões em que se concentram uma maior população habitacional como a região Nordeste é exatamente onde encontra-se menor quantidade de recursos hídricos. Dessa forma, Dutra (2014) afirma que a problemática relacionada à disponibilidade de água com qualidade aparece como um dos grandes desafios da atualidade, tendo em vista o desperdício e os processos de degradação dos mananciais. No semiárido nordestino, somam-se a isso a baixa pluviosidade e a irregular distribuição das chuvas. Tudo isso contribui para que o semiárido do Nordeste se torne uma região muito mais susceptível ao problema da escassez.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no ano de 2018 o Nordeste disponha da menor taxa de disponibilidade de água no dia a dia das residências (69,1%). Na figura 1 pode ser observado os seguintes dados.

Figura 1: Abastecimento de água diário pela rede geral.



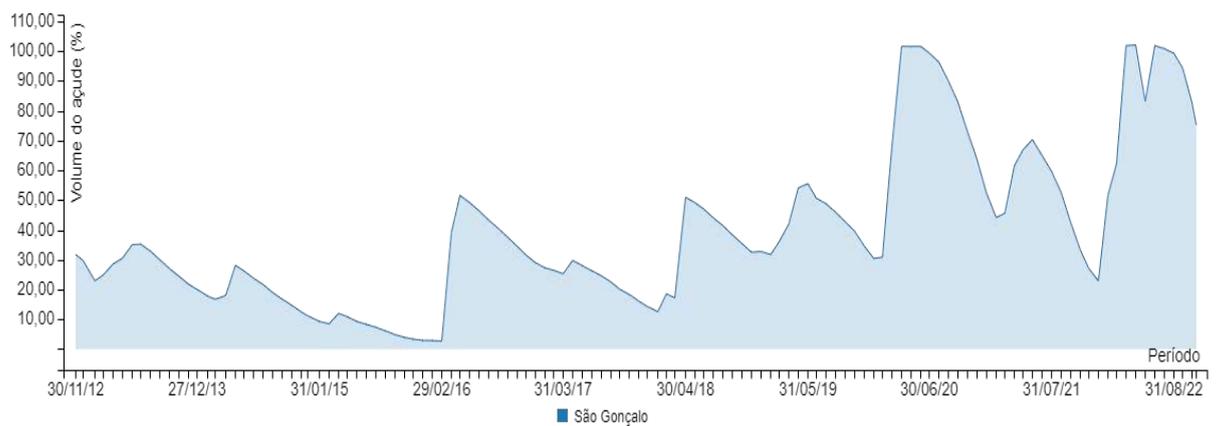
Fonte: IBGE, 2018

A Paraíba encontra-se na região Nordeste, cujo o clima predominante é o semiárido, que por sua vez caracteriza-se por apresentar chuvas escassas e mal distribuídas com longos períodos de estiagem e altas temperaturas. Assim, de acordo com Gomes *et al.* (2018, p.90), no sertão da Paraíba, o período de chuvas compreende os meses de janeiro a junho, enquanto os meses de julho a dezembro são marcados pela escassez de chuvas.

O município de Sousa-PB fica localizado no sertão do estado, e o principal responsável pelo abastecimento da cidade e de maior parte da região é o açude de São Gonçalo, com capacidade para 44.600.000 metros cúbicos. O volume atual do reservatório segundo a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado (AESAs) em julho de 2022 é de 41.597.445 metros cúbicos, 102,50 %.

Nos últimos 10 anos, o açude passou por instabilidades, houve um período em que o mesmo decorreu por problemas de estiagem sendo necessário o racionamento de água na cidade de Sousa. Em agosto de 2015, o açude apresentava apenas 6,14% da sua capacidade, chegando a 2,73% em fevereiro de 2016, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2: Volume do Açude São Gonçalo nos últimos 10 anos



Fonte: AESA,2022

De acordo com Almeida *et al* (2015), adversidades relacionadas a estiagem ocasiona problemas referentes à qualidade de água, uma vez que, com a redução dos níveis dos açudes, por meio da evapotranspiração, do uso irregular, da falta de estrutura e do desperdício, causam a alteração das características físico-químicas da água.

Almeida *et al* (2015), afirma também que proteger os recursos hídricos existentes é certificar além da sustentabilidade a qualidade de vida dos cidadãos. Visto que o dinheiro gasto com a saúde, devido a doenças de veiculação hídrica, poderia ser utilizado para investir em melhores condições sanitárias nas cidades.

Silva (2020), ressalta que há necessidade de reavaliar políticas públicas de promoção à saúde exercidas em toda comunidade, incluindo o âmbito escolar, procurando promover sua saúde integralmente. Atuando em promoção, prevenção e educação em saúde.

Água não tratada é um caminho propício para diversas doenças, considerando principalmente que a falta de potabilidade da água pode não ser perceptível e, conseqüentemente, ocasionar uma série de doenças transmitidas por uma água aparentemente segura.

Silva *et al* (2018, p.02) afirma que doenças de origem hídrica são resultados da ingestão direta e indireta da água contaminada, como consequência da precariedade de saneamento básico e /ou higiene, o que afeta principalmente crianças, idosos e indivíduos imunossuprimidos.

Segundo Silva (2020), os esgotos e excrementos humanos são causas importantes dessa deterioração da qualidade da água em países em desenvolvimento. Tais efluentes contêm misturas tóxicas, como pesticidas, metais pesados, produtos industriais e uma

variedade de outras substâncias. Dessa forma, esses lançamentos de forma irregular podem acarretar consequências graves.

1.2. PADRÕES DE POTABILIDADE

De acordo com Brasil (2004), a água própria para o consumo, ou água potável, deve obedecer a certos requisitos de ordem:

- 1.2.1 Organoléptica: não possui odor e sabor objetáveis;
- 1.2.2 Física: ser de aspecto agradável; não ter cor e turbidez acima do padrão de potabilidade;
- 1.2.3 Química: não conter substâncias nocivas ou tóxicas acima dos limites estabelecidos no padrão de potabilidade;
- 1.2.4 Biológica: não conter microrganismos patogênicos.

1.3. MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUA

Segundo a Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (BRASIL, 2016), o plano de amostragem deve conter: identificação de quais parâmetros são analisados, pontos de coleta, número de amostras e frequência de monitoramento, e quando necessário, um plano específico de monitoramento conforme características locais.

1.4. INDICADORES SENTINELAS

Segundo Clementino (2014), um indicador é constituído por fatores que, exposto a análises, informam acerca de um determinado fenômeno ou evento. Nesse caso, o próprio indicador torna-se um tipo de informação. Uma das características que colaboram para a utilização dos indicadores é a sua capacidade de síntese, sendo possível simplificar informações relevantes, tornando-as acessíveis.

Conforme Januário (2013), os indicadores são capazes de descrever a qualidade da água, analisando suas características físicas, químicas e biológicas. Esses indicadores são selecionados de acordo com as características do sistema de distribuição de água, de forma que sejam eficazes para indicar o risco à saúde da população.

De acordo com Pereira (2016 p.24), a palavra sentinela remete a vigia ou aquele que serve para vigiar e guardar. O termo sentinela é utilizado em analogia às chamadas fontes sentinelas e aos Sistemas de Vigilância Sentinela muito usados na área da epidemiologia. Os indicadores sentinelas de qualidade de água tem a mesma função, se caracterizam por

alertarem alguma não-conformidade em relação a qualidade da água, subsidiando assim alguns rastreamentos para alertar sobre os riscos ligados ao fornecimento de água para o consumo humano.

Segundo Araújo (2013), a expressão sentinela é aplicada por similaridade as fontes sentinelas e aos sistemas de vigilâncias sentinelas empregues no estudo das propagações de doenças, indicadores sentinelas de qualidade de água são parâmetros de análise laboratorial fácil e rápida para identificação da potabilidade da água, como turbidez, pH e cloro.

Januário (2013) afirma também que o cloro residual livre e a turbidez assumem o papel de indicadores sentinelas podendo indicar precocemente alterações que levam à degradação da qualidade microbiológica, representando perigo à saúde e à segurança da população.

1.4.1 Turbidez

De acordo com Clementino (2014), a turbidez da água é resultado da presença de partículas de origem orgânica ou inorgânica, impossibilitando a transparência da água. Segundo Silva e Oliveira (2001), turbidez é uma propriedade óptica responsável pela dispersão e absorção da luz, ao invés de sua transmissão em linha reta através da água.

Brasil (2013), afirma que a turbidez da água é devido à presença de materiais sólidos em suspensão, que reduzem a sua transparência, podendo ser provocada também pela presença de algas, plâncton, matéria orgânica e muitas outras substâncias como o zinco, ferro, manganês e areia, resultantes do processo natural de erosão ou de despejos domésticos e industriais.

Segundo Januário (2013), a turbidez é um dos principais indicadores de qualidade de afluentes e efluentes de quase todas as estações de tratamento de água sendo de determinação rápida e simples. Além disso, é um indicador capaz de descrever a qualidade da água e indicar os efeitos que essa qualidade exerce sobre as operações unitárias de tratamento. De acordo com Silva e Oliveira (2001), o parâmetro turbidez tem grande importância quando relacionado a processos dependentes da penetração de luz, mas sua relevância é maior em relação ao âmbito do abastecimento de água por razões específicas como estéticas, de filtração e desinfecção.

Segundo Brasil (2013), a turbidez tem sua importância no processo de tratamento da água. Água com turbidez elevada, e dependendo de sua natureza, formam flocos pesados que decantam mais rapidamente do que água com baixa turbidez. Também tem suas

desvantagens como no caso da desinfecção que pode ser dificultada pela proteção que pode proporcionar aos microrganismos no contato direto com os desinfetantes. É um indicador sanitário e padrão organoléptico da água de consumo.

Henning *et al* (2014), afirma que Turbidez é o estado em que a água se encontra, causado pela presença de partículas em suspensão, ou seja, sólidos suspensos, finamente divididos ou em estado coloidal, e de organismos microscópicos.

A Portaria GM/MS N°888, 2021 determina que para a turbidez, o valor máximo permitido (VMP) é 5,0 uT, como padrão organoleptico de potabilidade.

1.4.2 Cloro

De acordo com Silva e Oliveira (2001), a desinfecção com cloro (cloração) é uma das principais operações unitárias no tratamento de águas particularmente na área potável. O cloro adicionado à água limpa forma ácido hipocloroso o qual coexiste com os íons de hipoclorito e hidrogênio.

Segundo Brasil (2013), o cloro é um produto químico utilizado na desinfecção da água. Sua medida é importante e serve para controlar a dosagem que está sendo aplicada e também para acompanhar sua evolução durante o tratamento.

Silva e Oliveira (2001), define que as concentrações relativas de ácido hipocloroso e hipoclorito dependem do pH, temperatura e a soma entre si, sendo o cloro residual livre (CRL), o mais importante para padrão de potabilidade. E cloro residual combinado (CRC), resultado da reação de ácido hipocloroso com nitrogênio amoniacal, com poder desinfetante reduzido se comparado ao cloro livre, mas sua formação e posterior oxidação é responsável por significativa demanda de cloro.

Brasil (2021), determina a obrigatoriedade de se manter, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre ou 2 mg/L de cloro residual combinado em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede) e nos pontos de consumo. Também recomenda que o teor máximo de cloro residual livre em qualquer ponto do sistema de abastecimento sejade 2 mg/L. Os principais produtos utilizados são: hipoclorito de cálcio, cal clorada, hipoclorito de sódio e cloro gasoso.

1.4.3 pH

Conforme Silva e Oliveira (2001), pH é um termo que expressa a intensidade da condição ácida e básica de um determinado meio. É definido como o cologaritmo decimal da concentração efetiva ou atividade dos íons hidrogênio.

O termo pH representa a concentração de íons hidrogênio em uma solução, sendo esse fator de excepcional importância, principalmente nos processos de tratamento visto que ele é necessário para melhorar o processo de coagulação, floculação e o controle da desinfecção. O valor do pH varia de 0 a 14. Apresentando valores abaixo de 7, a água é considerada ácida e acima de 7, alcalina. Água com pH 7 é neutra (Brasil, 2013).

De acordo com Silva e Oliveira (2001), do ponto de vista analítico, o pH é um parâmetro bastante importante na determinação de várias espécies químicas de relevância tanto nas análises de águas potáveis, quanto na análise de águas residuárias.

Segundo Silva e Oliveira (2001), o pH demonstra a intensidade da condição ácida ou básica, de um determinado meio, definido como atividade dos íons hidrogênio.

A Portaria GM/MS N°888, 2021 recomenda que o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,0 no sistema de distribuição.

1.4.4 Alcalinidade

Silva e Oliveira (2001), afirma que a alcalinidade de uma água é a capacidade de neutralização de ácidos e corresponde a soma de todas as bases tituláveis. É a medida de uma propriedade da água relacionada a capacidade de tamponação, podendo somente ser interpretada em função de substâncias específicas.

A alcalinidade das águas não representa risco potencial à saúde pública, não se constituindo em um padrão de potabilidade, ficando este efeito limitado pelo valor do pH (BRASIL, 2014).

Brasil (2013), a alcalinidade total de uma água é dada pela soma das diferentes formas de alcalinidade existentes, ou seja, é a concentração de hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos, expressa em termos de carbonato de cálcio. A alcalinidade mede a capacidade da água em neutralizar os ácidos.

Brasil (2014), a distribuição entre as três formas de alcalinidade na água (bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos) é função do seu pH: pH > 9,4 (hidróxidos e carbonatos); pH entre 8,3 e 9,4 (carbonatos e bicarbonatos); pH entre 4,4 e 8,3 (apenas bicarbonatos). Além disso, valores elevados de alcalinidade estão associados a processos

de decomposição da matéria orgânica e à alta taxa respiratória de micro-organismos, com liberação e dissolução do gás carbônico (CO_2) na água. De forma que, a maioria das águas naturais apresenta valores de alcalinidade na faixa de 30 a 500 mg/L de CaCO_3 .

De acordo com Silva e Oliveira (2001), a alcalinidade é importante no tratamento de águas naturais e residuárias. A alcalinidade que ultrapassa a concentração de metais alcalinos terrosos é importante porque define a possibilidade de uso de uma determinada água na irrigação.

Conforme Franco (2009), a alcalinidade total corresponde a concentração dos alcalinizantes presentes na água bruta expressa em termos de Carbonato de Cálcio. A titulação com ácido sulfúrico é o procedimento laboratorial para a determinação de alcalinidade. Nessa titulação o metilorange e a fenolftaleína são utilizados como indicadores, apresentando pontos de virada nos valores de pH 4,9 e 8,3 respectivamente.

1.4.5 Dureza total

Consoante a Silva e Oliveira (2001), dureza é um parâmetro específico da qualidade de água de abastecimento doméstico e industrial. Sendo que, do ponto de vista potável, quando apresentados valores muito altos, caracterizam-se como águas duras e muito duras.

De acordo com Cerqueira (2006), a dureza da água é caracterizada pela sua capacidade de neutralizar - precipitar sabões - sendo calculada a partir da soma das concentrações dos íons cálcio e magnésio na água, como equivalentes de carbonato de cálcio (CaCO_3), expressos em ppm ou em mg/litro.

A dureza total não possui significado em termos sanitários, e em função do seu valor a água pode ser classificada em: mole ou branda (< 50 mg/L de CaCO_3), dureza moderada (50 - 150 mg/L de CaCO_3), dura (150 - 300 mg/L de CaCO_3) e muito dura (> 300 mg/L de CaCO_3) (LIBÂNEO, 2016).

A dureza total é calculada como sendo a soma das concentrações de íons cálcio e magnésio na água, expressos como carbonato de cálcio (Brasil, 2013).

Conforme Silva e Oliveira (2001), águas duras são aquelas que necessitam de determinadas quantidades de sabão para produzir espuma, visto que, no passado, a dureza de uma água era tida como medida para a precipitação do sabão.

A Portaria GM/MS N°888, 2021 estabelece para dureza total o VMP de 300 mg/L como limites aceitáveis para consumo humano.

1.4.6 Condutividade

De acordo com Silva e Oliveira (2001), a condutividade (k) de uma amostra é medida através da sua capacidade de conduzir corrente elétrica, dependendo do tipo e quantidade de íons presente nela.

Segundo Fonseca (2019), a condutividade elétrica da água é dada pela capacidade da transmissão de corrente elétrica, através de substâncias existentes dissociadas em ânions e cátions, embora não exista um valor limiar para a condutividade elétrica.

Silva e Oliveira (2001), afirma também que há muita relevância na determinação de uma amostra líquida, a concentração total, a mobilidade, a valência das espécies e a temperatura da solução, pois comumente a condutividade é determinada a 25 °C, havendo a necessidade de as amostras serem acondicionadas a essa temperatura antes de serem efetuadas as determinações.

Brasil (2014), a condutividade elétrica da água deve ser expressa em unidades de resistência (mho ou S) por unidade de comprimento (geralmente cm ou m). Enquanto que as águas naturais apresentam teores de condutividade na faixa de 10 a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais os valores podem chegar a 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pois quanto maior a sua concentração iônica na solução, maior será a capacidade em conduzir corrente elétrica.

1.4.7 Cor

Brasil (2014), a cor da água é produzida pela reflexão da luz em partículas minúsculas de dimensões inferior a 1 μm – denominadas coloides – finamente dispersas, de origem orgânica (ácidos húmicos e fúlvicos) ou mineral (resíduos industriais, compostos de ferro e manganês). Corpos d'água de cores naturalmente escuras são encontrados em regiões ricas em vegetação, em decorrência da maior produção de ácidos húmicos.

Brasil (2013), declara que a cor da água é resultante da matéria orgânica tal como, substâncias húmicas, taninos e também por metais como ferro e manganês e resíduos industriais fortemente coloridos. Em sistemas públicos de abastecimento de água, a cor é esteticamente indesejável e sua medida é de grande importância, visto que os consumidores rejeitam água de cor aparente acentuada, ocasionando na possibilidade de procura por fontes inseguras. Cabe salientar que águas esteticamente aceitáveis, não necessariamente, encontram-se em conformidade com os demais parâmetros.

Segundo Franco (2009), por muito tempo o controle desse parâmetro era realizado com o objetivo de atender padrões estritamente estéticos. No entanto, pesquisas posteriores indicaram que a cor pode indicar a presença de compostos orgânicos. Na maioria das vezes, essa matéria orgânica é de origem vegetal, levando a formação de inúmeras substâncias.

A Portaria GM/MS N°888, 2021 estabelece para cor aparente o VMP de 15 (quinze) uH como padrão organoléptico para consumo humano.

1.4.8 Cloreto

O íon cloreto (Cl^-) é um dos principais íons orgânicos presentes nas águas em geral e principalmente nas águas residuárias. Na água potável, o gosto salgado produzido pela concentração de cloreto varia dependendo da composição química da água (Silva e Oliveira, 2001).

Segundo Brasil (2014), os cloretos, geralmente, provêm da dissolução de minerais ou da intrusão de águas do mar, e ainda podem advir dos esgotos domésticos ou industriais. Em altas concentrações, conferem sabor salgado à água ou propriedades laxativas.

Brasil (2013) assegura que cloretos estão presentes em águas brutas e tratadas e ainda que variam de pequenos traços até centenas de mg/L. Estão presentes na forma de cloretos de sódio, de cálcio e de magnésio. As águas com altas concentrações de cloreto podem ser restritas em razão do sabor e pelo efeito laxativo que podem provocar.

Segundo Silva e Oliveira (2001), a concentração de cloreto é maior em águas domésticas, do que em águas brutas, pois o cloreto de sódio (NaCl) está presente na dieta humana e passa constante no sistema digestivo. A água do mar possui concentração elevada de cloretos que está em torno de 26.000 mg/L.

A Portaria GM/MS N°888, 2021 estabelece o teor de 250 mg/L como o VMP para água potável. Os métodos convencionais de tratamento de água não removem cloretos. A sua remoção pode ser feita por dessalinização (osmose reversa) ou eletrodialise (troca iônica).

1.4.9 Gás carbônico livre

De acordo com Silva e Oliveira (2001), a acidez de uma determinada água é a medida da sua capacidade de reagir com uma base forte até ser atingido um pH determinado. Sendo a acidez uma propriedade agregada da água, ela só pode ser interpretada em termos de substâncias específicas, quando a composição química da amostra é conhecida. O gás carbônico livre existente em águas superficiais normalmente está em concentração menor do que 10 mg/L, enquanto que em águas subterrâneas pode existir em maior concentração (Brasil, 2013).

Segundo Silva e Oliveira (2001), em águas naturais, a acidez decorre principalmente do dióxido de carbono, que pode entrar na água por difusão da atmosfera ou ser resultante de processos biológicos de degradação de material orgânico.

O gás carbônico contido na água pode contribuir significativamente para a corrosão das estruturas metálicas e de materiais à base de cimento (tubos de fibro-cimento) de um sistema de abastecimento de água e por essa razão o seu teor deve ser conhecido e controlado (Brasil, 2013).

Silva e Oliveira (2001), afirma que acidez é devida a ácidos minerais fortes, ácidos fracos e a sais hidrolisáveis tais como os sulfatos de alumínio e de ferro. Embora não seja um parâmetro considerável do ponto de vista da saúde pública, a acidez é um fator muito importante no âmbito do controle de corrosão, especialmente de componentes metálicos, pois é a responsável pela agressividade da água.

2 OBJETIVOS

2.2 Objetivo Geral

Analisar a qualidade de água através de análises físico-químicas para fins potáveis em escolas municipais de Sousa - PB.

2.3 Objetivos Específicos

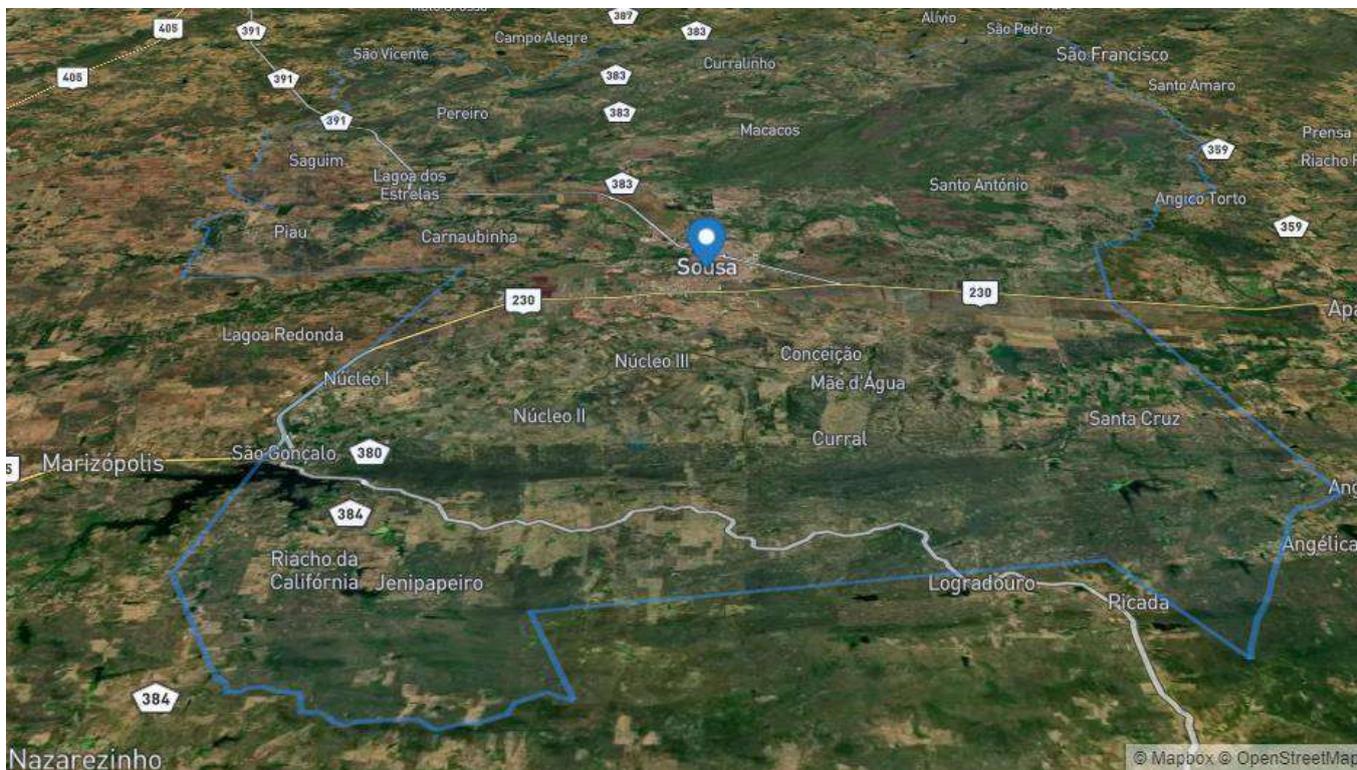
- Selecionar os pontos de coleta considerando os critérios observados na *Diretriz nacional do plano de amostragem da vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade para consumo humano*.
- Proceder análises laboratoriais para o monitoramento dos parâmetros físico-químicos;
- Avaliar os pontos críticos do sistema de abastecimento da cidade de Sousa-PB que refletem nos pontos selecionados;
- Comparar os resultados obtidos, com os resultados divulgados pela Cagepa para distribuição local.
- Discutir os resultados obtidos com o que recomenda a legislação pertinente para potabilidade.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1. Área de estudo

O trabalho foi desenvolvido na cidade de Sousa, no sertão da Paraíba, com uma área territorial de 728.492 km². Conforme dados do IBGE (2021), a população estimada era de 69.997 pessoas. Na Figura 3, podem ser observadas as áreas urbana e rural do município.

Figura 3: Mapa do município de Sousa-PB



Fonte: Adaptado de guiamapa.com, 2022

3.2. Sistema de abastecimento de água de Sousa

O seu principal manancial é o açude de São Gonçalo, com uma capacidade para armazenar mais de 44,6 milhões de metros cúbicos, sendo a água do manancial captada e tratada pela Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA) e distribuída pelo Departamento de Água, Esgoto e Saneamento ambiental (DAESA).

O referido açude, atingiu sua capacidade máxima em março de 2022. O seu sangradouro (Figura 4) contempla uma vista exuberante, sendo considerado um dos pontos turísticos da cidade.

Figura 4: Sangradouro açude São Gonçalo/Sousa-PB



Fonte: Autoria própria, 2022

3.3. Pontos amostrados

Os pontos de monitoração da rede de distribuição foram escolhidos seguindo as recomendações da Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância em Saúde Ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano (BRASIL, 2006) que recomenda locais estratégicos de população vulnerável como hospitais, creches e escolas.

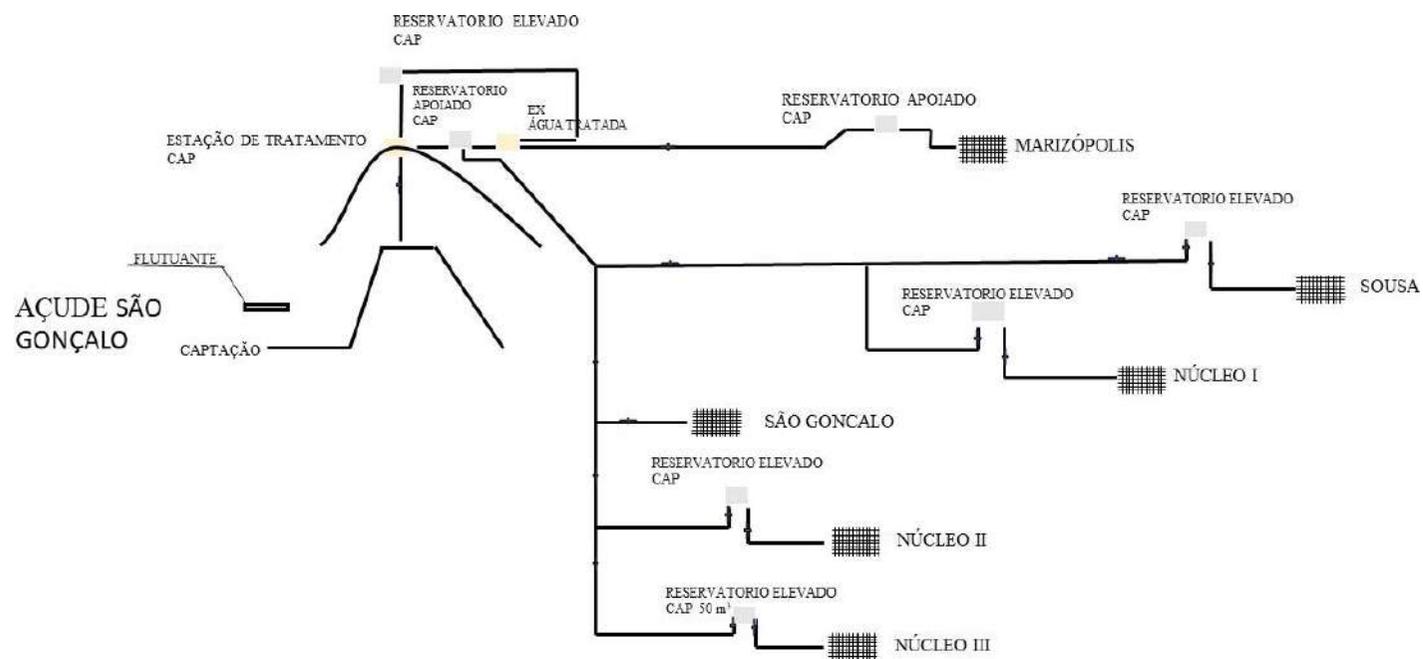
Além de áreas de intermitência de abastecimento, de grande circulação de pessoas, de baixa pressão e pontas de rede. Considerando tais critérios e o percurso da água no Sistema de abastecimento e distribuição da cidade (Figura 5), foram selecionadas quatro escolas públicas municipais que ofertam o ensino fundamental para a realização das análises laboratoriais, estando identificadas na Tabela 1 como pontos amostrados.

Tabela 1: Pontos amostrados e seus respectivos endereços

Pontos amostrados	Endereço
EMEF JOAO BATISTA DO NASCIMENTO	NUCLEO HABITACIONAL I, S/N SAO GONCALO. 58814-000 Sousa - PB.
EMEIF DO NUCLEO II	NUCLEO HABITACIONAL II, S/N 58814-500 Sousa - PB.
EEEFM FRANCISCO CICERO SOBRINHO	NUCLEO HABITACIONAL III, S/N. SAO GONCALO. 58814-600 Sousa - PB.
EMEF MARIA AURITA DA SILVA	RUA CONEGO JOSE VIANA, 35 ESTACAO. 58807-320 Sousa - PB.

Fonte: Aatoria própria, 2021.

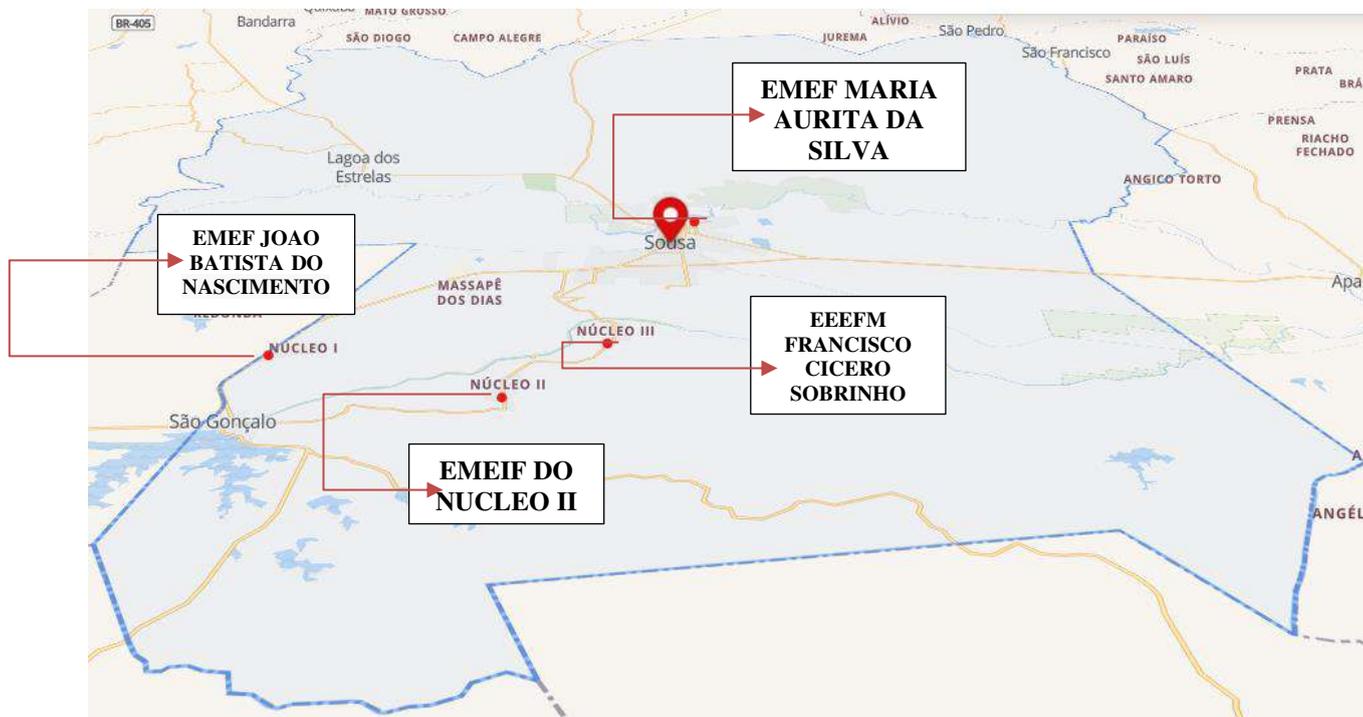
Figura 5: Sistema de abastecimento e distribuição de água integrado da cidade de Sousa/PB



Fonte: Adaptado de CAGEPA (2021)

A figura 6 a seguir mostra um mapa, com o objetivo de georreferenciar os locais que foram realizadas as coletas nas escolas municipais e para ter ideia espacial da distribuição das escolas no município em função da rede de distribuição de água pela CAGEPA.

Figura 6: Distribuição das escolas no município.



Fonte: Adaptado de guiamapa.com, 2023

3.4. Metodologia de Coleta

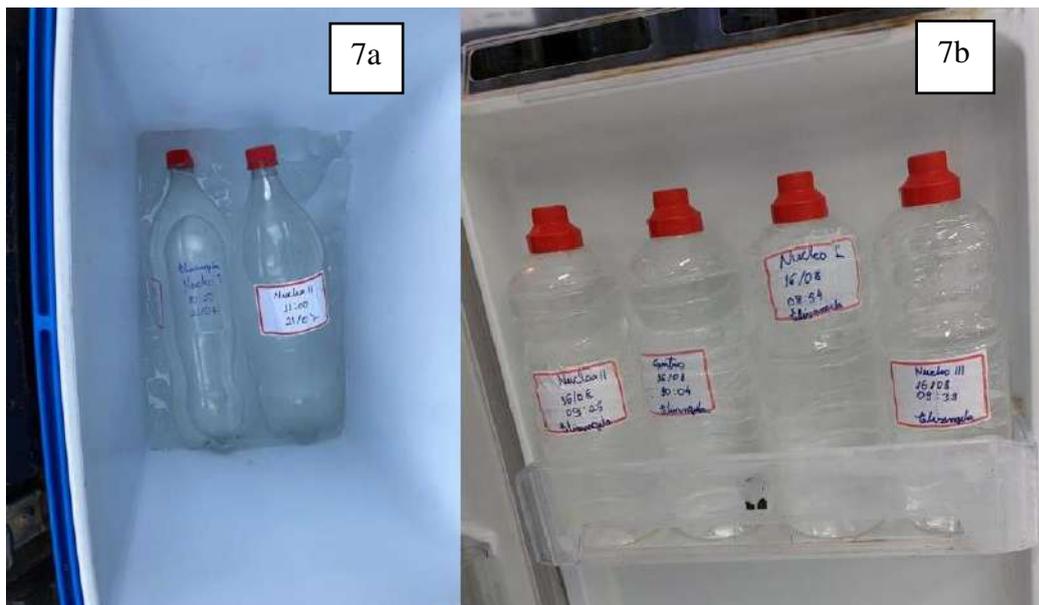
As coletas foram realizadas diretamente das torneiras dos bebedouros existentes nos pontos definidos e armazenadas em uma garrafa plástica de politereftalato de etileno (PET) de 2L previamente lavadas, visto que as análises realizadas eram físico-químicas: Cor aparente (uH); Turbidez (NTU); pH; Alcalinidade Total (mg/L de CaCO₃); Dureza total (mg/L); Gás carbônico livre (mg/L); Cloretos (mg/L); Condutividade (μS/cm).

De acordo com as orientações do Manual Prático de Análise de Água da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) sobre o preparo dos recipientes, coleta, acondicionamento e transporte de amostra para análise físico-química, a torneira deve ser aberta por 1 a 2 minutos para que a água parada nas tubulações escorra, higienizar álcool etílico 70% e algodão, rinsar a garrafa duas a três vezes com a amostra para então, realizar

a coleta, em seguida, as amostras devem ser transportadas em caixa térmica com gelo (BRASIL, 2006).

As figuras 6a e 6b ilustram como as amostras foram devidamente acondicionadas e etiquetadas com ponto de coleta, data e hora em que foram realizadas, visto que as análises de cloro e a turbidez precisam ser executadas com até 24 horas após a coleta.

Figuras 7a e 7b: Amostras etiquetadas e acondicionadas.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Nas Figuras 8a, 8b, 8c, 8d e 8e, pode-se observar alguns dos materiais, vidrarias e equipamentos que foram utilizados em laboratório para as realizações das determinadas titulações, assim como amostras já tituladas e identificadas o seu ponto de viragem, como o pHmetro de mesa, que foi utilizado na determinação do pH das amostras analisadas.

Figuras 8a, 8b, 8c, 8d e 8e: Materiais, vidrarias e equipamentos.



Fonte: Autoria própria, 2022.

3.5. Procedimentos laboratoriais

As amostras de água colhidas nas respectivas escola citadas anteriormente, foram efetuadas semanalmente, a primeira coleta foi realizada no dia 21/07/2022, a segunda coleta foi realizada no dia 02/08/2022 e a terceira no dia 16/08/2022. Após cada coleta era dado início as análises no laboratório do IFPB campus Sousa, considerando que, as amostras de todas as águas coletadas também foram enviadas ao IFPB campus João Pessoa, devidamente acondicionadas, visto que o laboratório do IFPB campus Sousa, não dispõe dos reagentes necessários para a realização dos parâmetros cor, turbidez, e condutividade.

As amostras foram analisadas em triplicata, seguindo recomendações do Manual Prático de Análise de Água da Funasa (BRASIL, 2006). A Tabela 2 expressa todos os parâmetros analisados na pesquisa e detalhes sobre a metodologia utilizada.

Tabela 2- Parâmetros analisados.

Parâmetros	Método	Equipamentos	Total de Amostras	Unidade de referência
Acidez Carbônica (Gás carbônico livre)	Titulométrico	Bureta e Erlenmeyer	03	mg/L
Alcalinidade Total	Titulométrico	Bureta e Erlenmeyer	03	mg/L de CaCO ₃
Condutividade	Colorimétrico	Condutivímetro Dellab 520	03	µS/cm
Dureza Total	Titulométrico	Bureta e Erlenmeyer	03	mg/L
Cloreto (Nitrato De Prata)	Titulométrico	Bureta e Erlenmeyer	03	mg/L
Cor	Colorimétrico	Colorímetro	03	uC ⁽¹⁾
Turbidez	Colorimétrico	Turbidímetro	03	NTU ⁽²⁾
pH	Potenciométrica	pHmetro de bancada Ion pHB 500	01	-----

Fonte: Autoria própria, 2022.

NOTAS: (1) Unidade cor; (2) Unidade Nefelométrica de Turbidez;

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A tabela 3 apresenta todos os resultados obtidos através das análises, a seguir pode-se ver esses valores expressos em gráficos.

Tabela 3- Resultados.

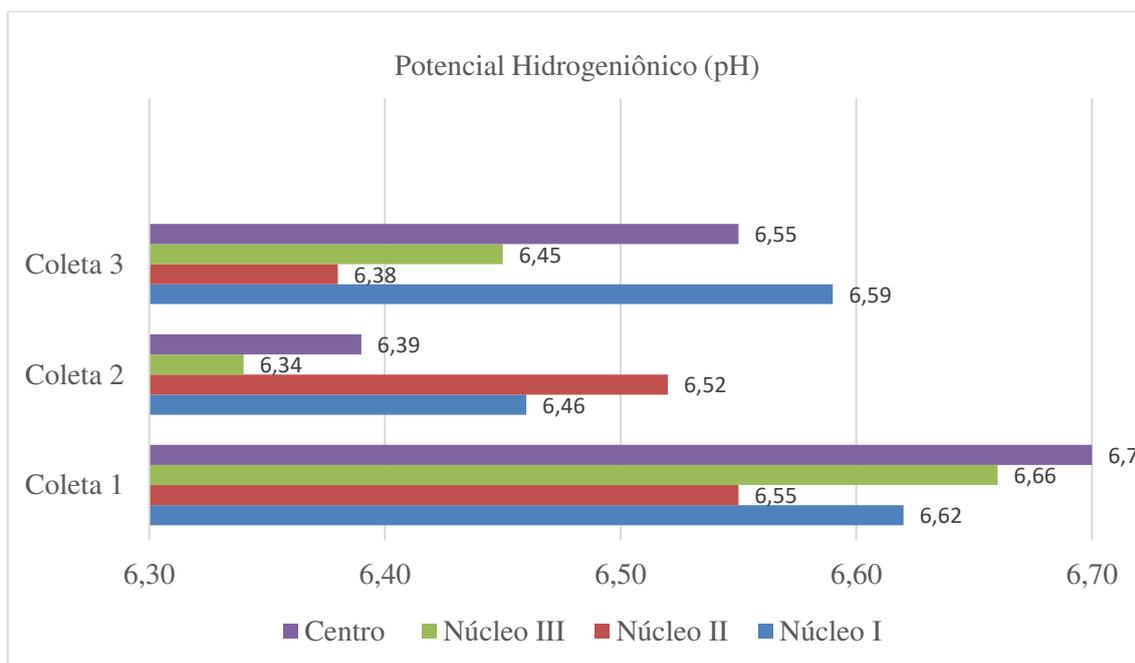
Parâmetros/Bairros:	Nucleo I	Nucleo II	Nucleo III	Centro
Acidez Carbônica (Gás carbônico livre)	Coleta 1= 64 Coleta 2 = 60 Coleta 3 = 70	Coleta 1= 96,6 Coleta 2 = 70 Coleta 3 = 63,2	Coleta 1= 96,6 Coleta 2 = 70 Coleta 3 = 63,2	Coleta 1= 96,6 Coleta 2 = 70 Coleta 3 = 63,2
Alcalinidade Total	Coleta 1= 64 Coleta 2 = 60 Coleta 3 = 70	Coleta 1= 96,6 Coleta 2 = 70 Coleta 3 = 63,2	Coleta 1= 56,6 Coleta 2 = 60 Coleta 3 = 58,6	Coleta 1= 60 Coleta 2 = 59,2 Coleta 3 = 69,2
Condutividade	Coleta 1= 0,595 Coleta 2 = 0,602 Coleta 3 = 1,139	Coleta 1= 0,597 Coleta 2 = 0,604 Coleta 3 = 1,139	Coleta 1= 0,603 Coleta 2 = 0,602 Coleta 3 = 1,139	Coleta 1= 0,602 Coleta 2 = 0,597 Coleta 3 = 1,141
Dureza Total	Coleta 1= 52,6 Coleta 2 = 36 Coleta 3 = 42,6	Coleta 1= 52 Coleta 2 = 38,6 Coleta 3 = 44,6	Coleta 1= 50 Coleta 2 = 48 Coleta 3 = 42,6	Coleta 1= 50 Coleta 2 = 42 Coleta 3 = 37,2
Cloreto (Nitrato De Prata)	Coleta 1= 31 Coleta 2 = 29,12 Coleta 3 = 30,8	Coleta 1= 71,4 Coleta 2 = 41,35 Coleta 3 = 34	Coleta 1= 31,8 Coleta 2 = 31,8 Coleta 3 = 33,9	Coleta 1= 37 Coleta 2 = 33,39 Coleta 3 = 33
Cor	Coleta 1= 12,5 Coleta 2 = 0 Coleta 3 = 1,29	Coleta 1= 6,02 Coleta 2 = 2,42 Coleta 3 = 0,21	Coleta 1= 3,55 Coleta 2 = 0 Coleta 3 = 0	Coleta 1= 0,31 Coleta 2 = 0 Coleta 3 = 0
Turbidez	Coleta 1= 0,31 Coleta 2 = 0,22 Coleta 3 = 0,31	Coleta 1= 0,48 Coleta 2 = 0,38 Coleta 3 = 0,26	Coleta 1= 0,35 Coleta 2 = 0,34 Coleta 3 = 0,21	Coleta 1= 0,39 Coleta 2 = 0,28 Coleta 3 = 0,65
pH	Coleta 1= 6,62 Coleta 2 = 6,46 Coleta 3 = 6,59	Coleta 1= 6,55 Coleta 2 = 6,52 Coleta 3 = 6,38	Coleta 1= 6,66 Coleta 2 = 6,34 Coleta 3 = 6,45	Coleta 1= 6,62 Coleta 2 = 6,46 Coleta 3 = 6,59

Fonte: Autoria própria, 2023.

4.1. Potencial Hidrogeniônico.

Com relação aos parâmetros analisados, na 1^o, 2^o e 3^o coleta, as amostras das 4 escolas referentes ao pH apresentaram valores entre 6,30 e 6,70. No Gráfico 1, é possível verificar o comportamento desse parâmetro em todos os pontos coletados.

Gráfico 1: Potencial Hidrogeniônico.



A Portaria GM/MS N°888/2021, recomenda que o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,0 no sistema de distribuição.

Nunes Neto et al (2017), em trabalho similar realizado em poços do município de São Luís de Maranhão, obteve como resultado para o tal parâmetro valores em média de 5,17 a 5,66, sendo assim os valores encontrados não estão dentro dos permitidos pela portaria, classificado como ácido.

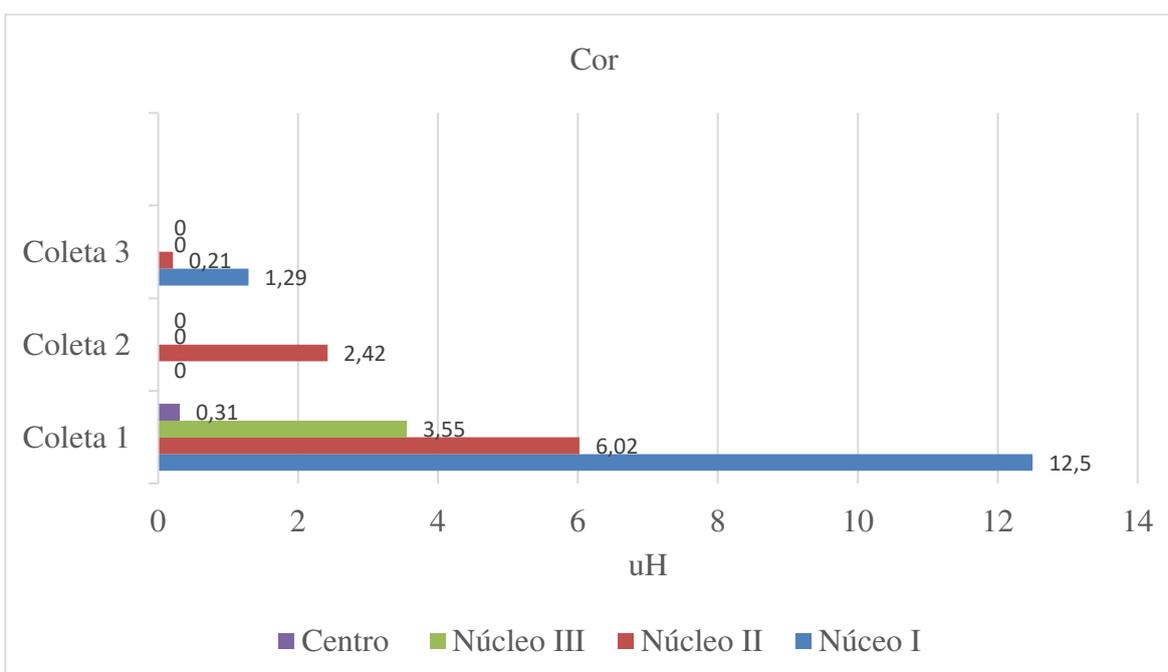
Gomes et al (2018), observa que o pH de amostras de água de poços no município de Sousa-PB analisadas estiveram entre 7,2 e 8,6, estando dentro da faixa estabelecida pelo padrão de potabilidade e sendo caracterizadas como levemente básicas.

Deste modo, pode-se dizer que as amostras das três coletas realizadas apresentaram valores dentro dos limites do padrão de potabilidade.

4.2. Cor

Conforme expresso no Gráfico 2, na coleta 1, 2 e 3 todas as 04 amostras referentes a Cor apresentaram valores de 0 a 12,5. Com valor significativo de 12,5 na primeira coleta realizada no núcleo 1, mas ainda assim dentro do padrão de potabilidade.

Gráfico 2: Cor.



Visto que a Portaria GM/MS n° 888 estabelece até 15 uH, as quatro amostras analisadas se mantiveram dentro do limite permitido. Diante disso, os resultados da análise desse parâmetro foram satisfatórios.

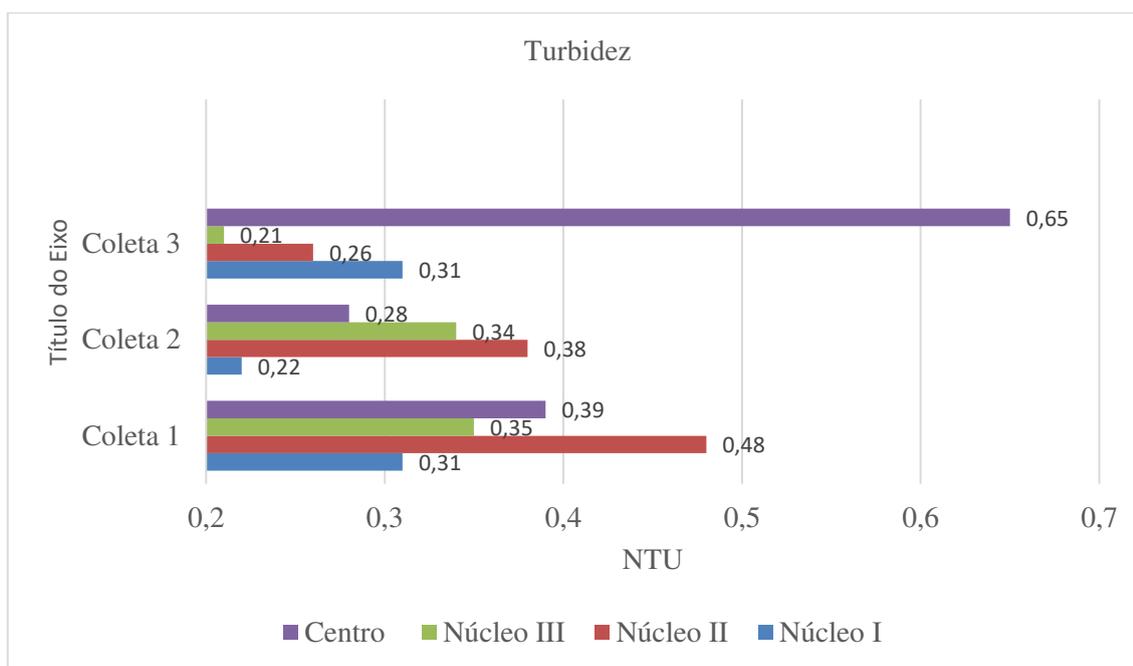
Nunes Neto et al (2017), em trabalho similar realizado em poços do município de São Luís de Maranhão, obteve como uma variação média dos valores encontrados para o determinado parâmetro de 2,40 a 5,83 uH, confirmando que o parâmetro está dentro da portaria.

Confirmando assim que os valores referentes a todas as análises feitas em relação ao parâmetro cor estão dentro do padrão de potabilidade.

4.3. Turbidez

Com relação aos parâmetros analisados, na coleta 1, 2 e 3 todas as 04 amostras referentes a Turbidez apresentaram resultados entre 0,2 e 0,7, conforme demonstrado no Gráfico 3.

Gráfico 3: Turbidez.



Se comparado aos valores obtidos por Pereira (2016), em trabalho semelhante realizado em águas superficiais e subterrâneas no município de Goiana - PE, observa-se valores entre 0,95 uT como o mais elevado e 0,05 uT, como o menor valor verificado para tal parâmetro.

Assim como Siqueira (2016), em trabalho correlativo realizado em Ourinhos- SP, com resultados em média para o parâmetro em estudo de 0,57 NTU e maior valor de 0,94 NTU.

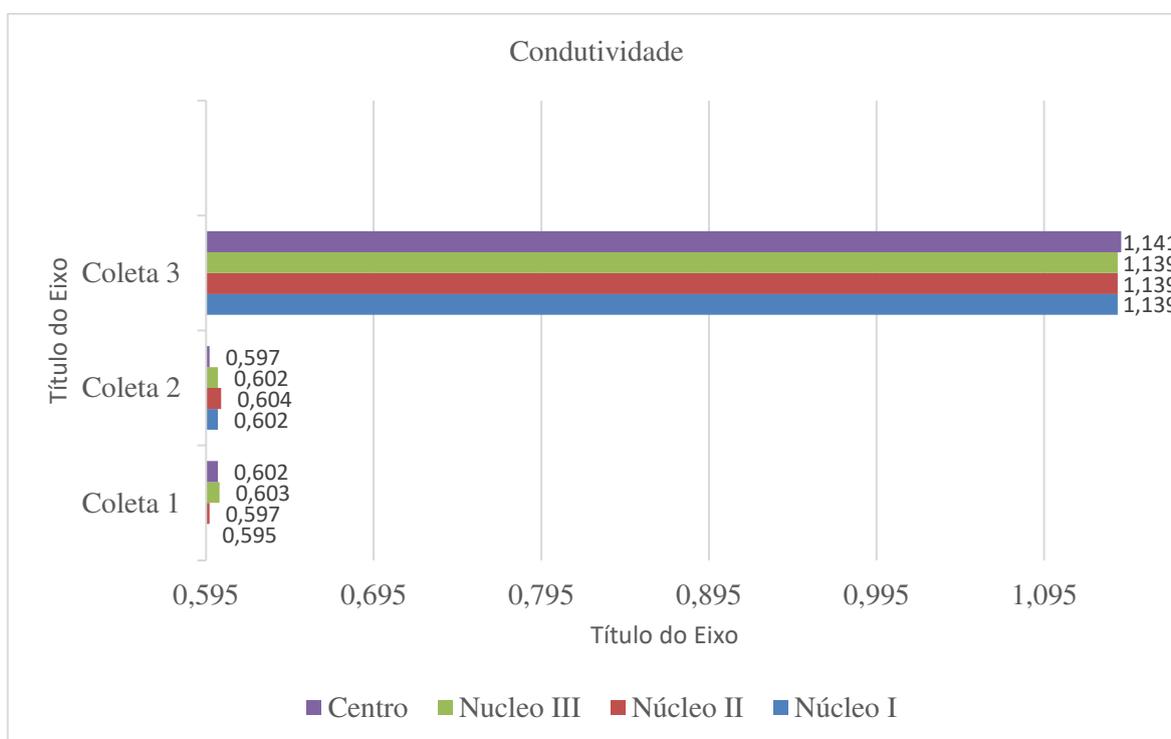
A legislação sobre potabilidade estabelece o limite de 1,0 NTU para água subterrânea pós-filtração ou pré-desinfecção e de 5,0 NTU para qualquer ponto da rede de distribuição. Deste modo, como as quatro amostras apresentaram valores de turbidez inferiores ao valor máximo permitido. Esta situação corrobora com a ausência ou

presença mínima de materiais sólidos em suspensão, estabelecido em legislação pertinente para o consumo humano.

4.4. Condutividade

Conforme pode ser observado no Gráfico 4, no que tange a condutividade da amostra, obteve-se valores bastante semelhantes nas coletas 1, 2 e 3 que variou de 0,595 a 1,141 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Gráfico 4: Condutividade.



As águas naturais apresentam teores de condutividade na faixa de 10 a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais os valores podem chegar a 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Brasil, 2014).

Oliveira et al (2019), executou trabalho correspondente no município de Raposa-MA, onde encontrou valores no período seco de 195,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$, e em período chuvoso de 81,33 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Nunes Neto et al (2017), em trabalho similar realizado em poços do município de São Luís de Maranhão, foram obtidos valores para o determinado parâmetro que variou

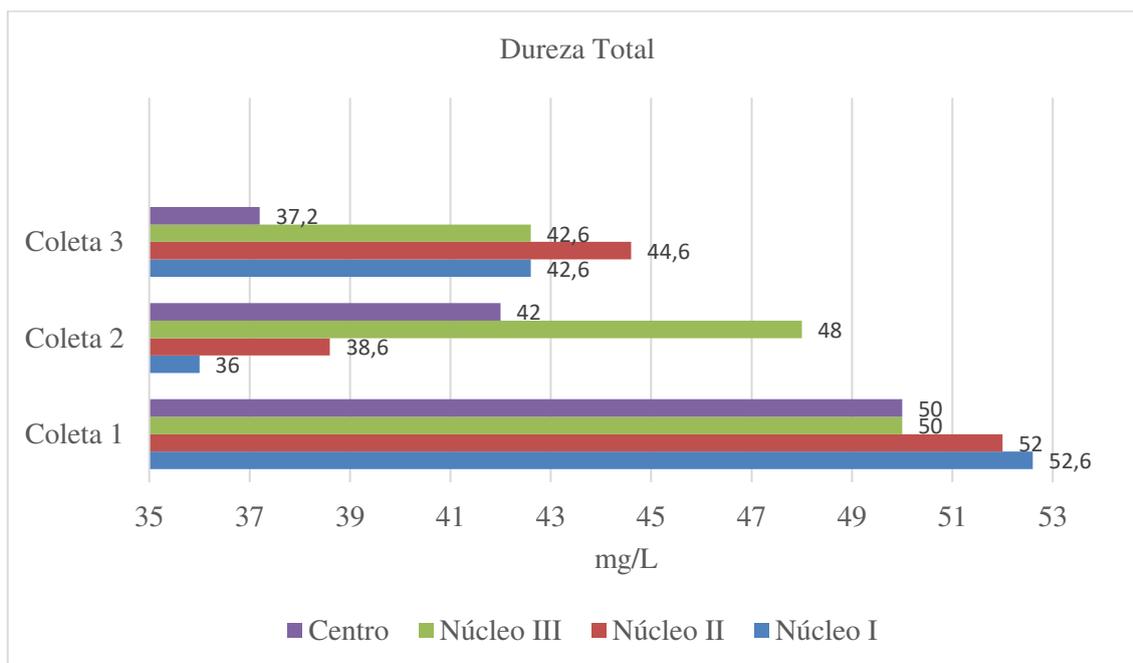
de 42,06 a 48,28 mg/L.µs/cm. Essa variação pode estar relacionada a concentração total de substâncias ionizadas dissolvidas.

Os valores das análises para condutividade foram semelhantes em todas as amostras, sendo assim valores médios permitidos.

4.5. Dureza Total

Com relação aos parâmetros analisados, na coleta 1, 2 e 3 as amostras das 04 escolas referentes a Dureza total apresentaram valores entre 35 a 53 mg/L, sendo assim classificada como água mole. Os valores obtidos para cada amostra podem ser observados no Gráfico 5.

Gráfico 5: Dureza Total.



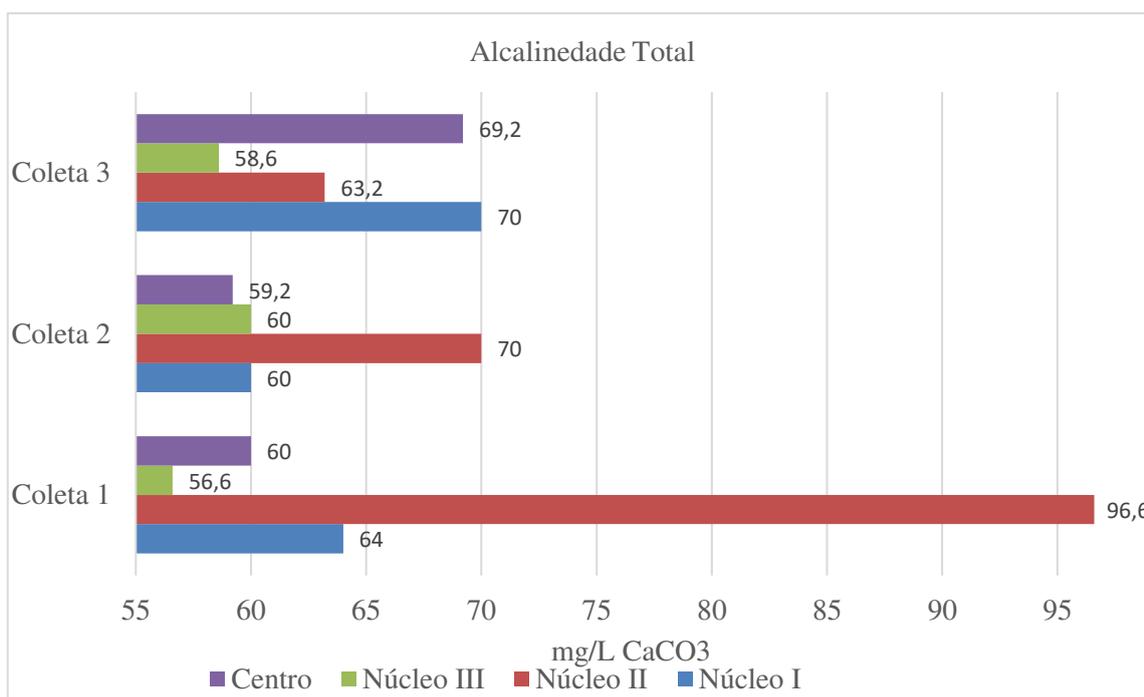
A dureza é causada principalmente pela presença de íons Ca^{2+} e Mg^{2+} . A Portaria GM/MS N°888, 2021 estabelece para dureza total o teor de 300 mg/L em termos de CaCO_3 como o valor máximo permitido para água potável.

Gomes et al (2018), verificou que os poços amostrados durante o período de execução da pesquisa apresentaram valores variáveis para a dureza total (25 – 400 mg de $\text{CaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1}$). Sendo assim, as amostras analisadas nas três coletas apresentam valores permitidos pela legislação.

4.6. Alcalinidade

Com relação aos parâmetros analisados, na 1ª, 2ª e 3ª coleta, as amostras das 04 escolas referentes a Alcalinidade total apresentaram valores semelhantes entre si, sendo mínimo de 56,6, com exceção do núcleo 2 na coleta 1 com número elevado, porém dentro do limite permitido pela portaria, assim como é demonstrado no gráfico 6.

Gráfico 6: Alcalinidade total.



Valores elevados de alcalinidade estão associados a processos de decomposição da matéria orgânica e à alta taxa respiratória de microorganismos, com liberação e dissolução do gás carbônico (CO_2) na água. A maioria das águas naturais apresenta valores de alcalinidade na faixa de 30 a 500 mg/L de CaCO_3 (Brasil, 2014).

Em um estudo realizado no município de Sousa - PB, com amostras de águas superficiais e de poços subterrâneos por Gomes et al (2018), obteve-se valores entre 100 a 800 mg/L de CaCO₃, constatando que o principal íon causador da alcalinidade nesses poços é o bicarbonato, presente em concentrações muito elevadas, em contraste ao carbonato, fazendo com que alguns desses poços ultrapassem o valor estabelecido pelo padrão de potabilidade.

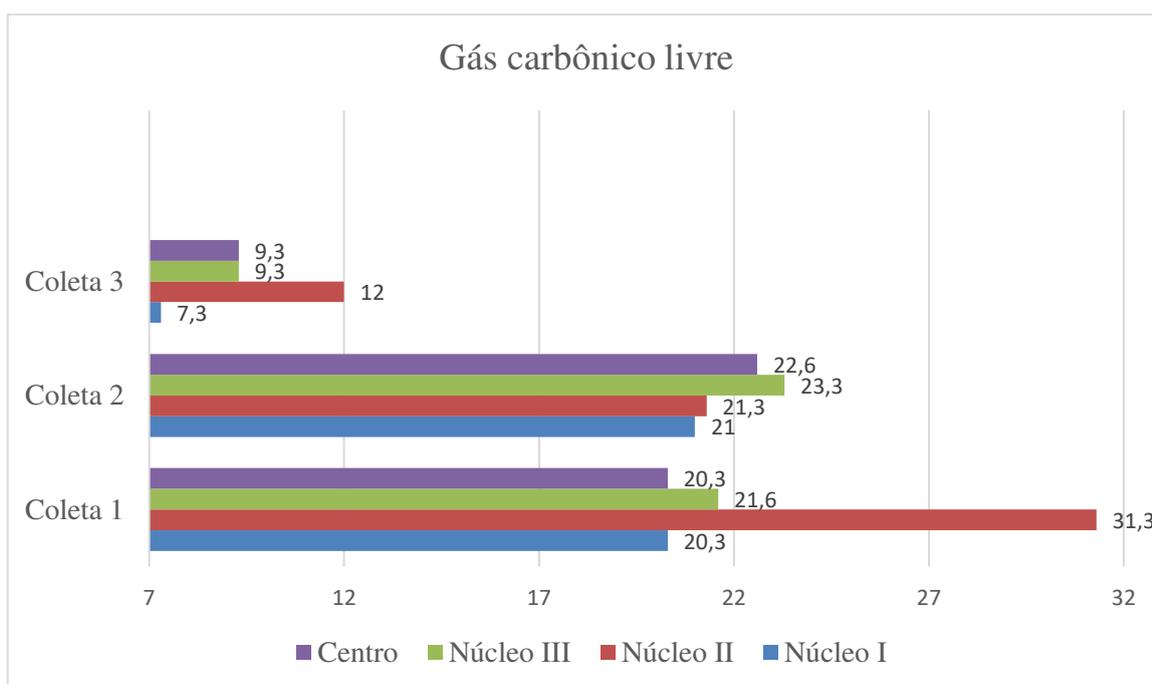
De acordo com Lordelo et al (2018), em trabalho similar realizado no município da Bahia, verificou-se em cisternas abastecidas apenas por água de chuva valores inferiores a 50 mg/L estando assim no padrão de potabilidade.

Deste modo, os valores das amostras analisadas em relação a alcalinidade total estão entre os limites de potabilidade permitidos.

4.7. Gás carbônico livre

Para o gás carbônico livre, nas amostras das 04 escolas, na coleta 1, 2 e 3 o Gás carbônico livre apresentou valores entre 7 e 32 mg/L, sendo em sua maioria valores considerados elevados. Representação que consta no gráfico 7.

Gráfico 7: Gás carbônico livre.



Gás carbônico livre existente em águas superficiais normalmente está em concentração menor do que 10 mg/L, enquanto que em águas subterrâneas pode existir em maior concentração. O gás carbônico contido na água pode contribuir significativamente para a corrosão das estruturas metálicas e de materiais à base de cimento (tubos de fibro-cimento) de um sistema de abastecimento de água e por essa razão o seu teor deve ser conhecido e controlado (Brasil, 2013).

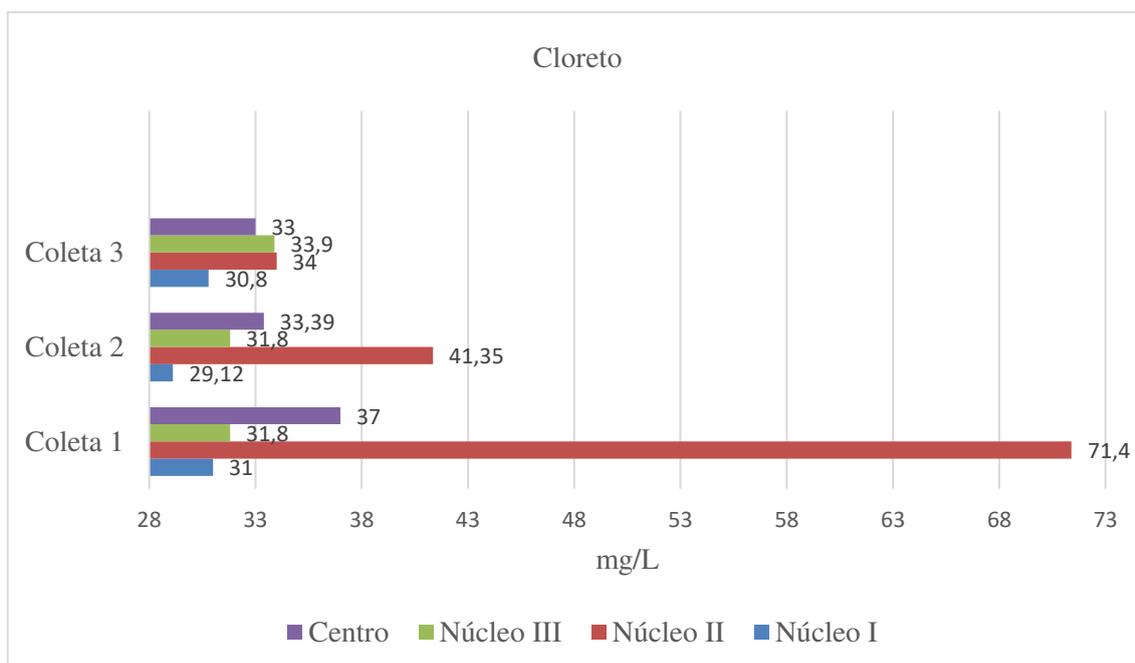
Em estudo semelhante realizado em escolas municipais da zona urbana de Esperança -PB, por Silva et al (2018), constatou-se valores que resultou numa média de 14,7 mg/L de CaCO.

Em todas as amostras analisadas das coletas 1 e 2 referentes ao gás carbônico foi verificado valores elevados sendo de 20,3 a 31,3 mg/L. Na terceira coleta os valores referentes as quatro amostras foram menores, entretanto, ainda elevados, com exceção do núcleo 2, constatando que todas as análises feitas no núcleo 2, referentes ao gás carbônico livre foram elevados. A acidez carbônica das quatro amostras resultou numa média de 18,3 mg/L de CaCO₃.

4.8. Cloreto

Para os valores encontrados, na coleta 1º, 2º e 3º, nas amostras das 04 escolas referentes a Cloreto, observou-se concentração entre 28 e 73 mg/L (gráfico 8).

Gráfico 8: Cloreto.



A Portaria GM/MS N°888, 2021 estabelece o teor de 250 mg/L como o valor máximo permitido para água potável, portanto, as análises das quatro amostras estão entre os valores permitidos pela legislação.

Em um estudo realizado no município de Sousa - PB, com amostras de águas superficiais e de poços subterrâneos por Gomes et al (2018), foram encontrados elevados concentrações de cloreto com valores situados entre 110 a 1200 mg/L, visto que o valor permitido pela portaria é de 250 mg/L, assim podendo causar desde sabor desagradável na água até efeitos laxativos em alguns casos.

De acordo com Santos (2019), em trabalho realizado no município de Itapiúna-CE, encontrou-se valores altamente superior ao permitido entre 2642,90 a 3368,70 mg/L. No estudo a alta concentração de cloreto é justificada tanto pela característica geológica do município de Itapiúna quanto pela alta concentração da água devido à estiagem elevando o nível de depósito da água.

Entretanto, de acordo com o gráfico 8, é possível afirmar que os valores obtidos estão todos dentro do padrão de potabilidade.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A princípio, o presente estudo acadêmico tinha como objetivo analisar a qualidade de água através de análises físico-químicas para fins potáveis em escolas municipais de Sousa - PB. Para tanto, procedimentos laboratoriais foram executados com a intenção de trazer para o mundo científico a realidade vivenciada pelos discentes nas escolas públicas do alto sertão paraibano.

No que tange as análises físico-químicas que foram realizadas, foi possível perceber que os parâmetros analisados estão em concordância com a legislação ambiental que acompanha e monitora a qualidade de água no Brasil, dado este que surge como um destaque muito positivo da produção deste trabalho, visto a antítese exercida entre a infraestrutura de algumas instituições e os resultados obtidos.

Cabe destacar dois pontos neste trabalho para que futuros trabalhos sejam mais exitosos. Primeiro que, não foi possível a realização da quantificação de Cloro livre nas amostras coletadas, por causa da falta de reagente químico necessário para expressão dos valores deste parâmetro importantíssimo. Além disto, ressalta-se a importância que em estudos futuros sejam inclusas análises do ponto de vista bacteriológica para quantificação/detecção de coliformes totais e termotolerantes nas amostras, visto que, análises microbiológicas são a chave no monitoramento da Qualidade de água para Potabilidade

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M.V.A.; ANDRADE, M. Z. S. S.; ANDRADE, L. R. S.; SILVA, J. N. C.; ALENCAR, L. D. AVALIAÇÃO DO ESTADO TRÓFICO DA ÁGUA DO AÇUDE SÃO GONÇALO, LOCALIZADO NA CIDADE DE SOUZA-PB. Anais do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, vol. 3, p. 913-920, 2015. Disponível em: [Congestas - Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade \(ecogestaobrasil.net\)](http://ecogestaobrasil.net). Acesso em: 12 mai. 2022.

ARAÚJO, G. F. R. et al. Qualidade físico-química e microbiológica da água para o consumo humano e a relação com a saúde: estudo em uma comunidade rural no estado de São Paulo. O Mundo da Saúde, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 98-104, 2011. Disponível em: [Vista do Qualidade físico-química e microbiológica da água para o consumo humano e a relação com a saúde: estudo em uma comunidade rural no estado de São Paulo \(emnuvens.com.br\)](http://emnuvens.com.br). Acesso em: 20 dez 2022

ARAÚJO, M. D. S. AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS SENTINELAS DE QUALIDADE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO DAS ESCOLAS ESTADUAIS DE CABEDELO/PB. Cabedelo – IFPB, 2013. Disponível em: [Avaliacao dos parametros sentinelas TCC Meio Ambiente.pdf](#). Acesso em: 13 ago. 2022.

BRASIL. Fundação Nacional de saúde. Manual Prático de Análise de Água. Brasília, DF: presidência da república, 2013. Disponível em: [Manual prático de análise de água 2013.pdf \(funasa.gov.br\)](#). Acesso em 18 jul. 2022

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – Brasília: Funasa, 2014.

BRASIL. Ministério da saúde. Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano. Brasília, DF: presidência da república, 2016. Disponível em: [Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano \(saude.gov.br\)](#). Acesso em: 16 jul. 2022

BRASIL. Ministério da saúde. Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância em Saúde Ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano. Brasília, DF: presidência da república, 2006. Disponível em: [diretriz nacional plano vigiagua.pdf \(saude.gov.br\)](#). Acesso em: 11 out. 2022

CERQUEIRA, M. M. O. P; PICININ, L. C. A; FONSECA, L. M; SOUZA, M. R; LEITE, M. O; PENNA, C. F. A. M; RODRIGUES, R; Qualidade da água e seu impacto na qualidade microbiológica do leite. In: MESQUITA, A.J., DURR, J.W., COELHO, K.O. Perspectivas e avanços da qualidade do leite no Brasil. Goiânia: Talento, 2006, v.1, p. 273-290. Disponível em: [Qualidade da gua e seu impacto na qualid20160619-335-j93b9p-libre.pdf \(d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net\)](#) Acesso em: 12 dez. 2022

CLEMENTINO, A. S. G. INDICADORES SENTINELAS PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO DA CIDADE DE ESPERANÇA-PB. Campina Grande – UEPB, 2014. Disponível em : [PDF - Alessandra de Souza Gomes Clementino.pdf](#). Acesso em: 12 mai. 2022.

DUTRA, L. V. EDUCAÇÃO AMBIENTAL E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NO SEMIÁRIDO NORDESTINO: UMA EXPERIÊNCIA NO ALTO OESTE POTIGUAR. VII CONGRESSO BRASILEIRO DE GEÓGRAFOS, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do RN – IFRN, Vitória, ES, 2014. Disponível em: [artigocbg.docx \(agb.org.br\)](#). Acesso em: 12 mai. 2022

FONSÊCA, C. S. ANÁLISE DE RISCO ASSOCIADO À QUALIDADE DA ÁGUA E SUA RELAÇÃO COM INDICADORES AMBIENTAIS EM RESERVATÓRIOS DO RIO GRANDE DO NORTE - RN. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019. Disponível em: [Análiseriscoassociado_Fonseca_2019.pdf \(ufrn.br\)](#). acesso em: 10 nov. 2022.

FRANCO, E. S. Avaliação da influência dos coagulantes sulfato de alumínio e cloreto férrico na remoção de turbidez e cor da água bruta e sua relação com sólidos na geração de lodo em estações de tratamento de água. 2009. 207 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2009.

Disponível em: <http://www.repositorio.ufop.br/jspui/handle/123456789/2201>. Acesso em: 10 dez. 2022

GOMES, M. A.; RAMOS, E. V. S.; SANTOS, L. C.; GOMES, D. J.; GADELHA, A.J. F. Investigação de parâmetros físico-químicos e microbiológicos de qualidade da água de poços no município de Sousa-PB para fins de potabilidade. *Revista Principia*, João pessoa, Vol. N. 43, p. 89. 2018. Disponível em: [1901-6527-1-PB.pdf](#). Acesso em: 15 abr. 2022.

GOMES, M. A.; RAMOS, E. V. da S.; DOS SANTOS, L. C.; BITU, S. G.; GADELHA, A. J. F. Avaliação Hidroquímica e de Parâmetros Físico-Químicos de Qualidade das Águas Subterrâneas da Zona Urbana do Município de Sousa-PB. *Águas Subterrâneas*, [S. l.], v. 32, n. 2, p. 162–172, 2018. DOI: 10.14295/ras.v32i2.29115. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/29115>. Acesso em: 2 mar. 2022.

GLORIA, Lucivania. HORN, Bruna. HILGEMANN, Maurício. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE BACIAS HIDROGRÁFICAS ATRAVÉS DA FERRAMENTA DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA – IQA. *Revista Caderno Pedagógico*, Lajeado, vol. 14, n. 1, p. 103-119, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.22410/issn.1983-0882.v14i1a2017.1421>. Acesso em: 18 abr. 2022.

JANUÁRIO, P. B. ANÁLISE DE CONFORMIDADE DE INDICADORES SENTINELAS DA QUALIDADE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO DE CAMPINA GRANDE – PB. Campina Grande – UFCG, 2013. Disponível em: <file:///C:/Users/Computador/OneDrive/Imagens/ento/POLYANA%20DE%20BRITO%20JANUÁRIO%20-%20DISSERTAÇÃO%20PPGECA%202013.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2022.

LIBÂNEO, M. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. 4. ed. Campinas: Editora Átomo, 2016.

LORDELO, L. M. K.; PORSANI, J. M.; BORJA, P. C. Qualidade físico-química da água para abastecimento humano em municípios do sertão da Bahia: um estudo considerando diversas fontes de suprimento. *Águas Subterrâneas*, [S. l.], v. 32, n. 1, p. 97–105, 2018. DOI: 10.14295/ras.v32i1.28896. Disponível em:

<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28896>. Acesso em: 5 mar. 2023.

MAIA, Ivan. L. B. O ACESSO À ÁGUA POTÁVEL COMO DIREITO HUMANO FUNDAMENTAL NO DIREITO BRASILEIRO. **Revista do CEPEJ**, Salvador, vol.20, p. 301-338, jul-dez, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/CEPEJ/article/view/27165>. Acesso em: 18 abr.2022.

NUNES NETO, W. R.; PEREIRA, D. C. A.; SANTOS, J. R. N.; MONTEIRO, A. S.; VILLIS, P. C. M.; FILLHO, V. E. M. Análise da potabilidade das águas dos poços rasos escavados da comunidade do Taim em São Luís – Maranhão. **Águas Subterrâneas**, [S. l.], v. 31, n. 3, p. 272–280, 2017. DOI: 10.14295/ras.v31i3.28869. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28869>. Acesso em: 2 mar. 2023.

OLIVEIRA, T. W. dos S. de; SILVA, S. H. P. da; SILVA, D. F.; VIANA, J. F. C.; FIRMO, W. da C. A.; SILVA, M. R. C. Aspecto da sazonalidade nos parâmetros físico – químicos da água dos poços, Raposa - Maranhão, Brasil. **Águas Subterrâneas**, [S. l.], v. 33, n. 2, 2019. DOI: 10.14295/ras.v33i2.29517. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/29517>. Acesso em: 3 mar. 2023.

PEREIRA, H.F. O USO DE INDICADORES SENTINELAS PARA MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA CONSUMIDA NO LITORAL DO MUNICÍPIO DE GOIANA – PE. Monteiro – IFPB, 2016. Disponível em: [TCC Hevelyne especialização.pdf](#). Acesso em: 11 ago. 2022.

RIOS TOBÓN, S.; AGUDELO CADAVID, R.M.; GUTIÉRREZ BUILES, L. A. Patógenos e indicadores microbiológicos de qualidade da água para consumo humano. **Revista Facultad Nacional de Salud Pública**, [S. l.], v. 35, n. 2, p. 236-247, 2017. DOI: 10.17533/udea.rfnsp.v35n2a08. Disponível em: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/fnsp/article/view/26353>. Acesso em: 18 abr. 2022.

RIBEIRO, W. C.; SANTOS, C. L. S. dos; SILVA, L. P. B. da. Conflito pela água, entre a escassez e a abundância: Marcos teóricos. **AMBIENTES: Revista de Geografia e Ecologia Política**, [S. l.], v. 1, n. 2, p. 11, 2019. DOI: 10.48075/amb.v1i2.23619. Disponível em: <https://saber.unioeste.br/index.php/ambientes/article/view/23619>. Acesso em: 20 nov. 2022.

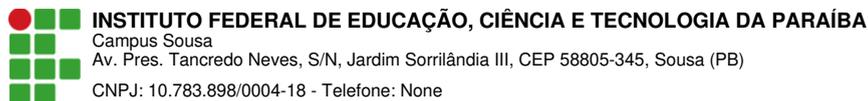
RIBEIRO, T. I.; FILHO, L. B. da R.; BARROS, F. de A. A.; BARROS, S. B. A. Avaliação físico-química de águas minerais comercializadas em Picos, Piauí, Brasil / Physical-chemical evaluation of mineral waters marketed in Picos, Piauí, Brazil. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 7, n. 2, p. 15566–15579, 2021. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/24665>. Acesso em: 13 dez. 2022.

SIQUEIRA, Laura. **Análise da qualidade da água para fins de abastecimento público no rio pardo, município de ourinhos-SP**. Campus de Ourinhos – UNESP, 2018. Disponível em: [TCC LAUDA SIQUEIRA \(REVISADO\)_RLM.pdf \(unesp.br\)](#) Acesso em: 16 abr. 2021.

SILVA, S. A.; OLIVEIRA, R.; MANUAL DE ANÁLISES FÍSICO – QUÍMICAS DE ÁGUAS DE ABASTECIMENTO E RESIDUÁRIAS – CAMPINA GRANDE/PB, p. 1-258, 2001. Disponível em: [Manual de Análise de Água \(1 - 258\).pdf](#). Acesso em: 04 out. 2022.

SILVA, B. B. Sensibilização de estudantes de uma escola pública quanto as doenças veiculadas pela água. 2020. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) - Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2021. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/jspui/handle/123456789/8260>. Acesso em: 28 dez. 2022

SILVA FILHO, Edmilson Dantas; BRAZ, Airton Silva; CHAGAS, Renalle Cavalcante de Oliveira. Avaliação dos parâmetros físico-químicos de águas minerais comercializadas no município de Campina Grande - PB. **Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, João Pessoa, n. 30, p. 9-17, set. 2016. ISSN 2447-9187. Disponível em: <<https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/view/182>>. Acesso em: 12 dez. 2022



Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

Junta de documentação para entrega de TCC

Assunto: Junta de documentação para entrega de TCC
Assinado por: Elisangela Oliveira
Tipo do Documento: Anexo
Situação: Finalizado
Nível de Acesso: Ostensivo (Público)
Tipo do Conferência: Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- Elisangela Medeiro de Oliveira, ALUNO (201818740025) DE LICENCIATURA EM QUÍMICA - SOUSA, em 10/06/2023 10:32:21.

Este documento foi armazenado no SUAP em 10/06/2023. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 850950
Código de Autenticação: 48dffdcdf7

