



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE EDUCAÇÃO E SAÚDE
UNIDADE ACADÊMICA DE BIOLOGIA E QUÍMICA
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

CÍCERO ROMERIO PEREIRA DA SILVA

**CARACTERIZAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DAS ÁGUAS DO
AÇUDE BRUSCAS, LOCALIZADO NO MUNICÍPIO DE CURRAL VELHO - PB**

CUITÉ - PB
2021

CÍCERO ROMERIO PEREIRA DA SILVA

**CARACTERIZAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DAS ÁGUAS DO
AÇUDE BRUSCAS, LOCALIZADO NO MUNICÍPIO DE CURRAL VELHO - PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Licenciatura em Química do Centro de Educação e Saúde da Universidade Federal de Campina Grande – *Campus* Cuité, como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Química.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Fabián Velardez

CUITÉ - PB

2021

S586c Silva, Cícero Romerio Pereira da.

Caracterização dos parâmetros físico-químicos das águas do Açude Bruscas, localizado no município de Curral Velho - PB. / Cícero Romerio Pereira da Silva. - Cuité, 2021.

70 f.: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Educação e Saúde, 2021.

"Orientação: Prof. Dr. Gustavo Fabián Velardez".

Referências.

1. Água. 2. Água de açude – caracterização físico-química. 3. Química Analítica. 4. Açude Bruscas. 5. Água potável. I. Velardez, Gustavo Fabián. II. Título.

CDU 556(043)

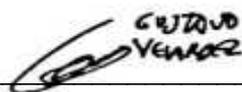
CÍCERO ROMERIO PEREIRA DA SILVA

**CARACTERIZAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DAS ÁGUAS DO
AÇUDE BRUSCAS, LOCALIZADO NO MUNICÍPIO DE CURRAL VELHO - PB**

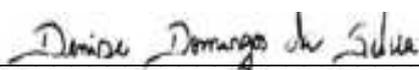
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Licenciatura em Química do Centro de Educação e Saúde da Universidade Federal de Campina Grande – *Campus Cuité*, como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Química.

Aprovado em 04 de outubro de 2021.

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Gustavo Fabián Velardez
Orientador – CES/UFCG



Prof.^a Dr.^a Denise Domingos da Silva
Examinador – CES/UFCG



Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas
Examinador – CES/UFCG

A Deus pela graça concedida, e à minha família, especialmente aos meus pais, Cícero e Rosilene, por todo amor, apoio e incentivo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela dádiva que Ele me concedeu, por toda capacitação, fortalecimento, disposição, sabedoria, inteligência, e pela graça, por meio da qual Ele me sustenta.

À minha família, especialmente meus pais, Cícero Bertulino e Rosilene Pereira e minha irmã Rosimeri Pereira, pelo amor, carinho e por sempre me apoiarem e incentivarem.

Ao meu professor orientador Gustavo Velardez, que sempre esteve presente me apoiando, tanto no processo de análises quanto na escrita do TCC.

À Luana Duarte (minha namorada), por sempre estar comigo, pelo apoio, amor e carinho para comigo.

Aos meus irmãos e irmãs em Cristo da Ação Evangélica (ACEV Curral Velho), por todo apoio, tanto físico como espiritual; aos meus irmãos e irmãs em Cristo da Primeira Igreja Batista de Cuité (PIBC), que me acolheram de braços abertos, e me apoiaram. Sou grato a Deus por todos vocês que fazem parte da minha família espiritual.

À Jorge Freitas, Cicero Renato e Allison Lacerda, por contribuírem para minha pesquisa, ajudando-me na coleta das amostras.

Aos meus amigos Anderson Luz, Luan Costa e Letícia Leite, (que foram meus companheiros de residência), Elizangela Alves, Vilhena Lacerda e Évany Silva que me ajudaram bastante durante o curso.

Aos professores Juliano Carlo e Denise Domingos, por aceitarem ao convite para comporem a banca do TCC. A todos os professores do CES/UFCG que contribuíram direta e indiretamente para minha formação.

Enfim, agradeço a todas as pessoas que me apoiaram e torceram por mim ao longo dessa caminhada. Muito obrigado!

*“Porque o Senhor dá a sabedoria, e da sua boca vem a inteligência e o entendimento”
(Provérbios 2: 6)*

RESUMO

A água é uma substância essencial para a manutenção da vida, de forma que, o uso dessa substância na rotina do ser humano são os mais variados; no entanto, não é qualquer tipo de água que deve ser consumida, e sim, aquelas que estão de acordo com os padrões estabelecidos pelo Ministério da Saúde (MS). Logo, faz-se necessário a realização de análises dos parâmetros físico-químicos, a fim de saber se a água a ser utilizada está ou não dentro dos padrões, e, então, determinar se está apta para o consumo. No Brasil, a região do Semiárido é a mais afetada pela escassez de água, situação que, muitas vezes, obriga a população, devido às necessidades, a se utilizarem de águas inapropriadas. Portanto, o presente trabalho objetivou – por meio de análises dos parâmetros físico-químicos das amostras de água colhidas em março e junho de 2021 – avaliar a qualidade da água do açude Bruscas, localizado no município de Curral Velho - PB, com base em parâmetros físico-químicos, conforme apresentados pela Portaria n.º 5/2017 do Ministério da Saúde, visando informar a população, como também, as autoridades locais, a respeito da qualidade da água distribuída para o abastecimento da cidade. Dessa forma, realizaram-se medições dos parâmetros: pH, condutividade, alcalinidade, dureza, turbidez, cloretos e emissão atômica de sódio e potássio. Com isso, foi possível observar que, dentre as amostras analisadas, as denominadas Ilha, Lira, Meio e Parede, coletadas em junho, apresentaram valores de pH não compreendidos dentro dos valores estabelecidos pelo MS. Com relação à turbidez, somente a amostra Parede, colhida em março, ultrapassou o valor máximo permitido. No tocante aos demais parâmetros, as amostras Ilha, Lira, Meio, Parede, Sangrador e Torneira, coletadas nos dois períodos, apresentaram valores aceitáveis para potabilidade. Com base nos dados obtidos constatou-se que as águas provenientes do açude Bruscas não se encontravam aptas para o consumo humano; e, portanto, não deveriam ser utilizadas para o abastecimento da população curral-velhense.

Palavras-chave: amostras, água potável, Ministério da Saúde, qualidade.

ABSTRACT

Water is an essential substance for the maintenance of life, so the use of this substance in the human routine is the most varied, both for consumption and hygiene and for agricultural and industrial activities. Therefore, the water to be consumed must be under the standards established by the Ministry of Health (MH). For this reason, it is necessary to analyze the physical and chemical parameters to know if the water to be used is within the standards or not, and then determine if it is proper for consumption. In Brazil, the Semi-arid region is the most affected by water scarcity, a situation that often forces the population, because of their needs, to risk using inappropriate water. Thus, the present work aimed –through the analysis of physical and chemical parameters of water samples collected in March and June 2021– to evaluate the water quality of the Bruscas reservoir, in the municipality of Curral Velho - PB, based on physical-chemical parameters, as presented by Ordinance No. 5/2017 of the Ministry of Health, to inform the population, as well as the local authorities, regarding the quality of the water distributed for the city's supply. Measurements have been done of the parameters pH, conductivity, alkalinity, hardness, turbidity, chlorides, and atomic emission of sodium and potassium. Among the analyzed samples, those called Ilha, Lira, Meio, and Parede, collected in June, it was possible to observe that measured pH values were not within the values established by the MH. Regarding turbidity, only the Parede sample, collected in March, exceeded the maximum allowed value. Concerning the other parameters, the samples Island, Lira, Meio, Parede, Bleeder, and Tap, collected in the two periods, presented acceptable values for potability. Based on the data obtained, it was found that the waters from the Bruscas reservoir were not suitable for human consumption; and, therefore, they should not be used to supply the population of Curral Velho.

Keywords: samples, dam, drinking water, Ministry of Health, quality.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 1 – Localização de Curral Velho - PB.....	28
Figura 2 – Pontos de coleta das amostras	31
Figura 3 – Deslocamento entre os pontos de coleta Meio e Lira.....	31
Figura 4 – pHmetro utilizado para medir o pH das amostras.....	32
Figura 5 – Condutivímetro utilizado para medir a CE das amostras.....	33
Figura 6 – Fluxograma da análise de Alcalinidade	34
Figura 7 – Fluxograma da análise de Dureza.....	35
Figura 8 – Fotômetro de chama	35
Figura 9 – Cores das chamas dos cátions Na ⁺ e K ⁺ apresentadas no fotômetro	36
Figura 10 – Turbidímetro utilizado nas medidas de turbidez	36
Figura 11 – Fluxograma da análise de Cloretos.....	37

GRÁFICOS

Gráfico 1 – Volumes mensais do Açude Bruscas no período de 12/2016 a 06/2021	29
Gráfico 2 – precipitação pluviométrica em Curral Velho para o período de março a junho, entre os anos de 2016 e 2021	29
Gráfico 3 – Comparação das medidas de pH para as amostras coletadas em março e junho de 2021.....	40
Gráfico 4 – precipitação pluviométrica em Curral Velho, de março a junho de 2021	40
Gráfico 5 – Comparação das medidas de CE para as amostras coletadas em março e junho de 2021.....	43
Gráfico 6 – Comparação das medidas de Turbidez para as amostras coletadas em março e junho de 2021	45
Gráfico 7 – Comparação da Dureza de Ca ²⁺ nas amostras coletadas em março e junho de 2021.....	48
Gráfico 8 – Comparação da Dureza de Mg ²⁺ nas amostras coletadas em março e junho de 2021.....	49

Gráfico 9 – Comparação da Dureza total nas amostras coletadas em março e junho de 2021	50
Gráfico 10 – Comparação entre os valores de alcalinidade medidos, por titulação com NaOH, para amostras coletadas em março e junho de 2021	52
Gráfico 11 – Comparação entre os teores de cloro apresentados pelas amostras em março e junho de 2021	53
Gráfico 12 – Comparação entre as concentrações de sódio (Na ⁺) medidas para as amostras coletadas em março e junho de 2021	57
Gráfico 13 – Comparação entre as concentrações de potássio (K ⁺) medidas para as amostras coletadas em março e junho de 2021	58

TABELAS

Tabela 1 – Amostras e seus respectivos locais e regiões de coleta	30
Tabela 2 – Medidas de pH para as amostras coletadas em março e junho de 2021	38
Tabela 3 – Medidas de CE para as amostras coletadas em março e junho de 2021	42
Tabela 4 – Medidas de Turbidez para as amostras coletadas em março e junho de 2021	44
Tabela 5 – Medidas de Dureza com 95% de confiança para as amostras coletadas em março/2021	47
Tabela 6 – Medidas de Dureza com 95% de confiança para as amostras coletadas em junho/2021	47
Tabela 7 – Medidas de Alcalinidade com 95% de confiança para as amostras coletadas em março e junho de 2021	51
Tabela 8 – Medidas de Cloretos com 95% de confiança para as amostras coletadas em março e junho de 2021	53
Tabela 9 – Medidas das concentrações de Sódio (Na ⁺) para as amostras coletadas em março e junho de 2021	55
Tabela 10 – Medidas das concentrações de Potássio (K ⁺) para as amostras coletadas em março e junho de 2021	58

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS E SIGLAS

AESA	Agência Executiva de Gestão das Águas
ANA	Agência Nacional das Águas
AWWA	<i>American Water Works Association</i>
CE	Condutividade Elétrica
CES	Centro de Educação e Saúde
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CGEE	Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
FUNASA	Fundação Nacional da Saúde
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INSA	Instituto Nacional do Semiárido
LABROM	Laboratório de Bromatologia
MS	Ministério da Saúde
NET	Negro de Eriocromo T
NTU	Unidade Nefelométrica de Turbidez
ODS	Objetivo de Desenvolvimento Sustentável
OECD	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ONU	Organização das Nações Unidas
PB	Paraíba
PET	Politereftalato de etileno
SUDEMA	Superintendência de Administração do Meio Ambiente
UFMG	Universidade Federal de Campina Grande
UNESCO	<i>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization</i>
UNICEF	Fundo das Nações Unidas para a Infância
VMP	Valor Máximo Permitido
WHO	<i>World Health Organization</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
±	Mais ou menos
°C	Grau Celsius
Ca ²⁺	Cálcio (II)
CaCl ₂	Cloreto de cálcio
CaCO ₃	Carbonato de cálcio
CO ₃ ⁻	Carbonatos
g.mol ⁻¹	Grama por mol
H ₂ O	Água
H ₃ O ⁺	Íon hidrônio
HCO ₃ ⁻	Bicarbonatos
i.e.	Isto é (<i>id est</i> , em latim)
Km	Quilômetro
Km ²	Quilômetro quadrado
m ³	Metro cúbico
Mg ²⁺	Magnésio (II)
mg.L ⁻¹	Miligramas por litro
mL	Mililitro
µmho.cm ⁻¹	Micromhos por centímetro
µS.cm ⁻¹	Microsiemens por centímetro
NH ₃	Amônia
NH ₄ ⁺	Íon amônio
OH ⁻	Íons hidróxidos
PM	Peso molecular
pH	Potencial Hidrogeniônico
ppm	Partes por milhão (ou mg.L ⁻¹)
mS.m ⁻¹	Milisiemens por metro

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	18
2.1	Objetivo Geral	18
2.2	Objetivos Específicos	18
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	19
3.1	Água.....	19
3.1.1	A água no Brasil	20
3.1.2	Uso de água na agricultura	20
3.1.3	Águas para o consumo humano.....	21
3.2	Aspectos físico-químicos da Água	22
3.2.1	Potencial Hidrogeniônico (pH).....	23
3.2.2	Condutividade Elétrica (CE)	23
3.2.3	Alcalinidade	24
3.2.4	Dureza Total.....	25
3.2.5	Sódio e Potássio	25
3.2.6	Turbidez	26
3.2.7	Cloretos.....	26
4	METODOLOGIA.....	27
4.1	Local de estudo	27
4.2	Amostragem	29
4.3	Caracterização dos parâmetros Físico-Químicos.....	32
4.3.1	Potencial Hidrogeniônico (pH).....	32
4.3.2	Condutividade Elétrica.....	32
4.3.3	Alcalinidade	33
4.3.4	Dureza Total.....	34
4.3.5	Emissão Atômica de Sódio e Potássio	35

4.3.6	Turbidez	36
4.3.7	Teor de Cloro	37
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
5.1	Caracterização dos parâmetros: pH, Condutividade e Turbidez	37
5.1.1	Potencial Hidrogeniônico (pH).....	38
5.1.2	Condutividade Elétrica.....	41
5.1.3	Turbidez	44
5.2	Caracterização do parâmetro: Dureza.....	46
5.3	Caracterização do parâmetro: Alcalinidade.....	50
5.4	Caracterização do parâmetro: Cloretos.....	52
5.5	Determinação das concentrações de Sódio e Potássio	55
5.5.1	Sódio (Na ⁺).....	55
5.5.2	Potássio (K ⁺)	57
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
	REFERÊNCIAS.....	61

1 INTRODUÇÃO

A água é a substância inorgânica mais importante para a manutenção da vida, e está presente na superfície e atmosfera terrestre nas formas sólida, líquida e vapor (EBERLIN, 2020). Cerca de 97% de toda a água existente no planeta é salgada, enquanto que apenas aproximadamente 3% desse total é doce. Cerca de 30,8% dessa água doce encontra-se no subsolo, 68,9% em geleiras, e apenas 0,3% é de fácil acesso, encontrando-se em rios e lagos (OLIVEIRA, 2011).

No cenário mundial é possível notar que a água potável tem se tornado um recurso a cada dia mais escasso. Essa escassez ocorre devido a vários fatores tais como, o aumento da população, poluição da água, má gestão dos recursos hídricos e as mudanças climáticas (WHO, 2014).

Cabe salientar que, a redução dos recursos hídricos são reflexos da utilização em diversas atividades que demandam de água, com o uso diário para consumo humano, de animais e/ou plantas, o desperdício em torneiras, usos domésticos, em indústrias, refinarias de petróleo, e na agricultura, na qual apresenta maior consumo de água doce (ONU, 2018).

Conforme o Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos, a ONU (2015) informa que, no mundo, cerca de aproximadamente 783 milhões de pessoas não têm acesso a quantidade mínima necessária de água potável, e relata ainda que, o Brasil que possui cerca de 12% da água doce disponível no planeta, se encontra entre os países que não apresentam elevado risco quanto à escassez de água.

Apesar do Brasil ser um dos países com maior disponibilidade de água doce do mundo, tais recursos hídricos são distribuídos no território de forma bastante heterogênea (ANA, 2018), visto que a maior parte, cerca de 80% das águas superficiais disponíveis no país está localizada na região hidrográfica amazônica, que por outro lado apresenta uma baixa densidade demográfica, e baixa demanda referente ao uso de água (ANA, 2020).

Em decorrência da desigual distribuição dos recursos hídricos no Brasil, Leoneti (2011) afirma que é possível notar a crescente demanda de água para a realização das atividades humanas no Brasil, tanto na utilização em processos agrícolas e outros tipos de atividades, quanto no abastecimento para o consumo diário.

A região semiárida do Nordeste brasileiro tem como característica a escassez de água, decorrente do baixo volume de chuvas e/ou má gestão desse recurso (BRASIL, 2018). Este cenário impulsiona a criação de infraestruturas como açudes e barragens para armazenar água, suprindo assim, as necessidades da população (CGEE, 2012).

A região do Semiárido brasileiro, embora abrigue uma população equivalente a 11,76% da população nacional, algo em torno de 23 milhões de habitantes, concentra apenas 3% da água doce disponível no país (INSA, 2015), contudo, o semiárido não é afetado somente pela baixa quantidade de água disponível, mas também, em alguns casos, pela má qualidade (ALMEIDA, 2017).

Com relação a qualidade da água, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) informa por meio da resolução nº 357, de 17 de março de 2005, que, de acordo com a sua finalidade de uso, a qualidade da água pode variar, seja para consumo humano, irrigação ou outras atividades (CONAMA, 2005). No entanto, em algumas situações a água encontra-se inapta para a finalidade desejada, devido os parâmetros físico-químicos e/ou microbiológicos não serem atendidos (BRASIL, 2017).

Com relação ao abastecimento, tanto a quantidade quanto a qualidade da água são fatores importantes, uma vez que, a quantidade insuficiente de água disponível pode acarretar problemas relacionados a uma higiene inadequada, como também, a água contaminada pode veicular diversos tipos de doenças. Portanto, caso a água ingerida pelo indivíduo esteja contaminada por substâncias nocivas à saúde, pode ocasionar o aparecimento de doenças, principalmente cancerígenas (BRASIL, 2006).

Existem vários constituintes naturais da água que são essenciais para os seres vivos, porém, muitos outros elementos e substâncias dissolvidas nela, podem causar efeitos negativos à saúde humana. É notável que, quando a água não está de acordo com os padrões estabelecidos pelo Ministério da Saúde (MS), pode em muitos casos, tornar-se prejudicial à saúde (PARRON; MUNIZ; PEREIRA, 2011).

Portanto, os parâmetros de águas para potabilidade devem estar de acordo com os padrões estabelecidos pelo Ministério da Saúde, e para que isso seja verificado, realiza-se análises, e muitas vezes se faz necessário que a água a ser utilizada passe por processos de tratamento convencional de várias etapas, entre as quais destacam-se a desinfecção, clarificação, correção do pH, decantação e distribuição (BRASIL, 2017).

O presente estudo busca realizar análises de parâmetros físico-químicos de amostras de água provenientes do Açude Bruscas, localizado no município de Curral Velho, Paraíba.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a qualidade da água do açude Bruscas, localizado no município de Curral Velho - PB, com base em parâmetros físico-químicos, conforme apresentados pela Portaria n.º 5/2017 do Ministério da Saúde, visando informar a população, como também, as autoridades locais, a respeito da qualidade da água distribuída para o abastecimento da cidade.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar os parâmetros físico-químicos (pH, Condutividade Elétrica, Alcalinidade, Dureza, Turbidez e Cloretos) das amostras de água provenientes do açude Bruscas;
- Quantificar as concentrações de Sódio (Na⁺) e Potássio (K⁺) presentes na água, por meio do método de espectrofotometria de emissão atômica;
- Analisar os resultados obtidos, comparando-os com os padrões para potabilidade de água estabelecidos pelo Ministério da Saúde, através da portaria n.º 5/2017.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Água

A água é um recurso valioso para a humanidade, sendo uma substância essencial para o mantimento da vida no planeta. A água está presente no planeta nas formas sólida, líquida e vapor, sendo que a maior parte é salgada e encontra-se na forma líquida, concentrada principalmente nos oceanos, e a água doce disponível é encontrada em rios e lagos em quantidades bem reduzidas, sendo utilizada principalmente para a manutenção da biodiversidade e das atividades humanas (TUNDISI, 2020).

Cerca de 97% da água existente no planeta terra encontra-se distribuída em oceanos e mares, e é salgada. Dessa forma, a água doce representa apenas 3% do total, sendo que, cerca de 2% desta, encontram-se em geleiras, e apenas 1% da água doce está disponível para ser utilizada no cotidiano. No entanto, somente 3% dessa quantidade disponível é de fácil acesso, encontrando-se em lagos e rios (MENEZES; MACHADO; NASCIMENTO, 2011).

De acordo com a Agência Nacional das Águas (ANA, 2017), a água é fundamental para o desenvolvimento socioeconômico de um país, pois além de ser crucial para o desenvolvimento das atividades corriqueiras, tem grande importância agrícola e industrial, de modo que uma crise hídrica pode influenciar diretamente o setor industrial. Além disso, o uso da água também está ligado de forma direta ao processo de urbanização de um país ou região.

Com relação a utilização da água, a *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* (UNESCO, 2018) afirma que, em breve, devido ao aumento da população mundial e ao uso inadequado e descontrolado dos recursos hídricos, a demanda por água no planeta será maior por parte das indústrias e do uso cotidiano das pessoas, do que por parte da agricultura, que até então, é considerada a principal usuária de recursos hídricos.

Portanto, a água é essencial e indispensável à manutenção da vida, embora seja um recurso abundante no planeta terra, trata-se de um recurso finito, requerendo, assim, uma política de conscientização da sociedade com relação a utilização dos recursos hídricos de forma reflexiva e competente, buscando a garantia de disponibilidade de água para consumo à todos (ROSA; GUARDA, 2019).

3.1.1 A água no Brasil

O Brasil é um dos países com maior abundância de recursos hídricos do planeta, possuindo cerca de 12% da água doce disponível. Entretanto, os recursos hídricos são distribuídos de forma heterogênea no país, onde a região Nordeste é a mais prejudicada pela escassez. Algumas regiões do país possuem certa estabilidade referente ao acesso à água, tanto para consumo, quanto para realizar demais atividades; no entanto, outras regiões que são densamente populosas, e, portanto, demandam de maior quantidade de água, encontram-se em situação totalmente diferente (ANA, 2019; OECD, 2015).

A situação do Nordeste brasileiro, com relação à água, é precária, e, em determinadas épocas do ano, a população sertaneja enfrenta várias dificuldades concernentes ao abastecimento hídrico, chegando, muitas vezes, a passar necessidades por causa da falta de água. De acordo com Lordelo, Porsani e Borja (2018), esta situação é devido à falta de chuvas e às temperaturas elevadas, que favorecem a evaporação das águas dos reservatórios.

Existem outros vários problemas com relação à situação hídrica no Brasil, tais como a má qualidade e poluição dos corpos d'água, que, segundo Silva *et al.* (2017), precisam urgentemente serem solucionados; do contrário, o cenário pode piorar, de forma que a população venha a ficar vulnerável, por causa da diminuição da disponibilidade de água.

3.1.2 Uso de água na agricultura

A água é essencial para a agricultura, pois sem ela não há produção de alimentos. A maior parte dos recursos hídricos vêm sendo empregados para irrigação de lavouras, de modo que, cerca 20% das terras que são cultivadas no planeta são irrigadas (GONTIJO *et al.*, 2019).

A agricultura é a principal consumidora de água no mundo, chegando a utilizar cerca de 70% dos recursos hídricos disponíveis no planeta. Com o crescimento desordenado da população mundial, a tendência é que a demanda por água seja cada vez maior, tanto na agricultura, devido ao aumento na produção de alimentos, quanto por parte do uso doméstico da população, elevando drasticamente o consumo de água (FAO, 2017).

Com respeito à relação água e agricultura, a *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO, 2017) destaca que, a melhoria da produtividade agrícola faz-se necessária para o aumento dos suprimentos no mundo; entretanto, o controle do uso de recursos hídricos na agricultura é extremamente importante, uma vez que o uso excessivo de tais, pode levar à escassez de água. Portanto, para que ocorra um desenvolvimento sustentável, o crescimento na produtividade agrícola e a conservação da água devem estar em conformidade.

Para ocorrer determinada conformidade no uso da água e desenvolvimento da produtividade agrícola, é importante investir em práticas sustentáveis e eficientes para irrigação das terras, fazendo uso consciente e objetivo dos recursos hídricos, de modo que seja preservado a produtividade na agricultura, e observando também, a conservação da água (VOLTOLINI *et al.*, 2018).

3.1.3 Águas para o consumo humano

A água para o consumo humano é descrita como sendo toda água potável utilizada para fins concernentes à ingestão, preparo de alimentos e higiene pessoal dele, sendo, dessa forma, essencial à vida. Para isso, faz-se necessário que a água seja potável, para que não ofereça riscos à saúde humana, e tenha por finalidade beneficiar-lhe (BRASIL, 2021; WHO, 2017).

A respeito da qualidade da água utilizada para o consumo humano, o Ministério da Saúde, por meio da cartilha para promoção e proteção da saúde, afirma que:

A água própria para consumo humano não pode conter microrganismos patogênicos nem substâncias que representem risco à saúde em níveis superiores aos máximos permitidos, além de não poder apresentar características que causem rejeição por parte da população (como gosto, odor ou cor que deixem a água com um aspecto desagradável) (BRASIL, 2018, p. 12).

Contudo, a situação em relação a o acesso à água potável, no mundo, tem sido motivo de preocupação, pois o acesso a água de boa qualidade não tem se mostrado possível para todos (WHO; UNICEF, 2017). Com relação a esse problema a Funasa (2020) expõe que, a desigualdade da distribuição de água doce no planeta acaba contribuindo para um enorme desequilíbrio referente ao acesso à água de boa qualidade, já que, enquanto uma parte da população mundial possui acesso a água

potável, outra parte é dependente de águas impróprias para o consumo, arriscando a própria saúde.

Nesse contexto, o 6º Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) trata sobre a necessidade de efetuar melhorias referentes à água e ao saneamento até 2030, visando reduzir as dificuldades enfrentadas por causa da escassez e contaminação das águas, proporcionando acessibilidade à água potável e segura a todos (ONU, 2018).

3.2 Aspectos físico-químicos da Água

A água possui capacidades de dissolução e de transporte que lhes fornecem características importantes, permitindo que ela dissolva e transporte várias substâncias, assim, podendo causar modificações contínuas ao seu caráter (FUNASA, 2014).

Os aspectos físico-químicos da água são essenciais para a qualidade dela, principalmente no que tange à água para o consumo humano. Para que a água a ser utilizada seja confiável, é necessário que os parâmetros atendam aos padrões estabelecidos pelas legislações vigentes, caso contrário, faz-se necessário que tal água passe por tratamentos, a fim de eliminar quaisquer contaminações (CARVALHO; FIGUEIREDO; OLIVEIRA, 2016).

Os parâmetros químicos, diferentemente dos biológicos (patógenos), são, na maioria dos casos, preocupantes a longo prazo, pois devido a longas exposições a estes, o indivíduo pode ter a saúde comprometida. Muitas das substâncias químicas presentes na água podem conceder cheiro, sabor e aparência diferentes a ela, e, portanto, pode ser constatado facilmente que a água está contaminada. Entretanto, há outras substâncias que não são tão perceptíveis, e que possuem capacidade de degradar-se em produtos mais tóxicos, e estes, ao serem ingeridos, podem causar doenças, a exemplo de câncer entre outras (WHO, 2016).

Com relação às propriedades físico-químicas da água, Parron, Muniz e Pereira (2011) salientam que, o conhecimento de tais propriedades é muito importante no concernente ao uso da água, principalmente para o consumo; pois, através do estudo das propriedades físicas e químicas da água é possível verificar em quais níveis encontram-se presentes na mesma, e dessa forma, determinar se tal água está contaminada ou se está apta para ser utilizada.

3.2.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O potencial hidrogeniônico (pH) é um índice utilizado para indicar a medida de acidez ou alcalinidade de determinada substância em análise, e pode ser descrito como o logaritmo negativo da concentração do íon hidrônio (H_3O^+). Ao aplicar o logaritmo, se o valor de pH obtido for menor que 7 (pH neutro), logo, tem-se uma solução de caráter ácido; quando o valor de pH obtido é maior que 7, tem-se uma solução de caráter básico (ou alcalina). Portanto, o caráter da solução depende da concentração dos íons H_3O^+ , podendo ser obtidos valores de pH entre 0 e 14 – com exceção de superácidos e superbases, pois extrapolam esta escala (FEITOSA; BARBOSA; FORTE, 2016).

O pH é um parâmetro importante para a potabilidade de água, logo, deve ser monitorado. De acordo com Ministério da Saúde, o valor do pH de águas para o consumo humano deve ser mantido na faixa de 6,0 a 9,5 (BRASIL, 2017; BRASIL, 2011). Adicionalmente, quando o pH da água apresenta valores abaixo de 6,0 favorecem os processos de corrosão, enquanto o pH superior a 9,5 favorece os processos de incrustações (FUNASA, 2014).

3.2.2 Condutividade Elétrica (CE)

A condutividade elétrica é a medida da capacidade que um determinado material possui de conduzir corrente elétrica (SENA *et al.*, 2015). Na água a condução de corrente elétrica ocorre devido a presença de íons em solução, dessa forma, a condutividade elétrica relaciona-se a concentração dos sais dissolvidos na água, os quais podem variar de acordo com a temperatura, e, portanto, a condutividade elétrica também varia (SOLÍS-CASTRO; ZÚÑIGA-ZÚÑIGA; MORA-ALVARADO, 2018).

A unidade de medida da condutividade elétrica no Sistema Internacional é o milisiemens por metro ($\text{mS}\cdot\text{m}^{-1}$); porém, convencionalmente a unidade utilizada é o microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), que corresponde a $1\ \mu\text{mho}\cdot\text{cm}^{-1}$ (APHA – AWWA – WEF, 2017).

Cabe ressaltar que, na regulamentação de água no Brasil o parâmetro de condutividade elétrica não é levado em consideração em termos de potabilidade de água, de forma que a CE não é um fator restritivo para águas destinadas ao consumo humano (VASCONCELOS; CAJAZEIRAS; SOUSA, 2019). Em outros países, a legislação local estabelece valores máximos de CE para a água que será destinada

para o consumo humano e de alguns animais. Na Austrália, de acordo ao *Waterwatch Australia National Technical Manual* (Manual Técnico Nacional da Austrália, em português) o valor máximo recomendado para consumo humano é de $800 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, e para animais, pode chegar até $7500 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ para ovelhas, mas pode variar dependendo da espécie envolvida. (WATERWATCH AUSTRALIA, 2005).

3.2.3 Alcalinidade

A alcalinidade é descrita como o parâmetro que indica a quantidade de íons presentes na água, que têm a capacidade de neutralizar ácidos. Este parâmetro ocorre devido, principalmente, aos íons bicarbonato (HCO_3^-), carbonato (CO_3^{2-}) e hidroxila (OH^-). Devido à presença desses íons que atuam com tampão, a água adquire uma certa estabilidade e resistência à variações de pH (SHARMA; SAXENA, 2016).

Em processos de tratamento de água é importante que a água a ser tratada possua concentração de alcalinidade suficiente para reagir com o sulfato de alumínio utilizado para o tratamento. Contudo, se a concentração for muito baixa, é necessário que seja adicionado, de forma artificial, alcalinidade a água. Por outro lado, se estiver muito alcalino, se faz necessário que seja reduzido acidificando-se a água, e, dessa forma, nota-se que, a concentração da alcalinidade é dependente do ponto final do pH utilizado (FUNASA, 2013).

A alcalinidade da água pode ser elevada à medida que a água percola rochas do tipo calcita (CaCO_3), magnesita (MgCO_3), brucita ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) e dolomita ($\text{CaCO}_3\cdot\text{MgCO}_3$), as quais possuem capacidade tamponante (PARRON; MUNIZ; PEREIRA, 2011).

A alcalinidade em águas que possuem pH na faixa de 4,4 a 8,3 ocorre devido a presença de bicarbonatos. Quando o pH se encontra na faixa de 8,3 a 9,4 a alcalinidade na água é decorrente da presença de bicarbonatos e carbonatos. Entretanto, quando o pH é superior a 9,4, a alcalinidade deve-se a presença de hidróxidos (LIBÂNIO, 2010).

De acordo com a Funasa (2014), os valores de alcalinidade em águas naturais normalmente encontram-se na faixa de 30 a $500 \text{mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{CaCO}_3$. No entanto, Medeiros Filho (2009) afirma que, as águas para o consumo humano devem apresentar alcalinidade inferior a $150 \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$; porém, até $250 \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ é aceitável.

3.2.4 Dureza Total

A dureza refere-se ao somatório da concentração dos íons cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) presentes na água, sendo expressa em termos da concentração de carbonato de cálcio (em miligramas por litro (mg.L^{-1})), embora outros íons (como ferro, manganês, zinco, estrôncio e alumínio) também possam estar presentes (GRAEBIN *et al.*, 2019).

De acordo com Mendonça e Flores (2017), a intensidade da dureza da água é dependente do tipo de solo do reservatório no qual ela se encontra; de modo que as águas acumuladas em alguns tipos de solo, a exemplo do solo calcário, apresentam dureza elevada em relação a águas acumuladas em solos graníticos ou areníferos.

A dureza total equivale à soma das durezas temporária e permanente. A dureza temporária, também conhecida como “dureza de carbonatos”, é a dureza equivalente à alcalinidade total. Por outro lado, a dureza permanente, também conhecida como “não-carbonatos”, é referente a dureza em excesso, devido a presença de sulfatos e cloretos de cálcio ou magnésio (APHA – AWWA – WEF, 2017).

A dureza pode influenciar algumas características da água, como por exemplo, a insipidez; devido causar sabor desagradável. Além disso, a dureza pode causar efeito laxativo e interferir na capacidade do sabão formar espuma quando em contato com a água (COELHO *et al.*, 2017).

O valor máximo permitido para a dureza da água é 500 mg.L^{-1} de CaCO_3 ; essa água pode ser classificada como mole quando a concentração de CaCO_3 é inferior a 50 mg.L^{-1} , moderada quando varia de 50 a 150 mg.L^{-1} , dura quando varia de 150 a 300 mg.L^{-1} , e muito dura quando maior que 300 mg.L^{-1} (LIBÂNIO, 2016).

3.2.5 Sódio e Potássio

Sódio (Na^+) e potássio (K^+) são cátions metálicos muito importantes para o organismo, uma vez que os dois participam de trocas intracelulares, além disso, a relação entre eles é essencial para o equilíbrio da quantidade de água nas células (QUEIROZ; OLIVEIRA, 2018).

Com relação à presença de sódio e potássio em águas, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2019) afirma que, em águas naturais existe uma grande diferença entre as concentrações desses cátions. O potássio está presente em baixas concentrações nas águas naturais, enquanto o sódio, por sua vez,

está presente em todas as águas; isso se deve à sua abundância no planeta e à alta solubilidade dos seus sais, e quando presente em concentrações muito elevadas pode conferir sabor desagradável à água.

No que tange aos limites de quantidade de sódio e potássio presentes em águas para consumo, o Ministério da Saúde estabelece o valor máximo permitido (VMP) de 200 mg.L⁻¹ de sódio, no entanto, não é estabelecido valor um máximo permitido quanto à concentrações de potássio (BRASIL, 2017; BRASIL, 2011).

3.2.6 Turbidez

A turbidez é descrita como a perda de intensidade de um feixe de luz ao atravessar uma amostra, devido a presença de matéria sólida em suspensão na amostra em análise. À medida que o feixe de luz é incidido sobre a amostra, colide com as partículas da matéria em suspensão, sendo refletido e espalhado, e, dessa forma, o feixe de luz é impossibilitado de entrar em contato com o detector (ROCHA, 2019). A perda de intensidade do feixe de luz é expressa em unidades de turbidez, também conhecidas como unidades de Jackson ou nefelométricas, NTU (FUNASA, 2014).

Em épocas chuvosas, as águas provenientes das chuvas acabam arrastando vários tipos de materiais sólidos tais como areia, argila e silte, até os reservatórios, contribuindo para um aumento na turbidez da água. Entretanto, por mais que esse fator seja a principal fonte de turbidez, existem outros fatores que são deveras importantes para o aumento da turbidez na água, a exemplo de atividades de mineração e lançamentos de efluentes nos corpos d'água (ANA, 2018).

O Ministério da Saúde através da portaria de consolidação Nº 5, de 28 de setembro de 2017, estabelece o valor máximo permitido de turbidez, que é referente a 5 NTU, e, informa ainda, que é importante atender ao padrão de turbidez estabelecido, para que se tenha maior confiabilidade na qualidade da água (BRASIL, 2017; BRASIL, 2011).

3.2.7 Cloretos

Concentrações elevadas de cloretos atribuem sabor salobro à água. Todavia, a intensidade do sabor que a água adquire devido a concentrações elevadas de cloreto, é um fator dependente do cátion associado; tais valores para o cloreto de

sódio e potássio estão na faixa de 200 a 300 mg.L⁻¹, e, quanto maior for a concentração dos cloretos, maior será a possibilidade de se detectar através do sabor, ao se ingerir a água (WHO, 2011).

A relação entre o sabor salobro na água e o tipo de cátion associado ocorre devido aos cloretos que, mesmo em baixas concentrações, atribuírem forte sabor, enquanto outros, só atribuem sabor salobro perceptível quando em concentrações muito elevadas; por exemplo, o CaCl₂, que só é detectável por meio da ingestão da água, quando em concentrações superiores a 1.000 mg.L⁻¹. E devido a isso, os cloretos apesar de não serem tóxicos à saúde humana, constitui um padrão de potabilidade de água (CETESB, 2019).

Portanto, a análise de cloretos em águas para consumo é indispensável. De acordo com Santos, Silva e Velardez (2019), no sertão, onde os açudes, em muitos casos, constituem a principal fonte de abastecimento, principalmente em tempos de estiagem, é importante a realização de análises para identificação da concentração de cloretos nas águas provenientes de tais açudes.

O Ministério da Saúde por meio da Portaria n.º 5/2017, estabelece o valor máximo permitido de 250 mg.L⁻¹ de cloretos em água para consumo (BRASIL, 2017).

4 METODOLOGIA

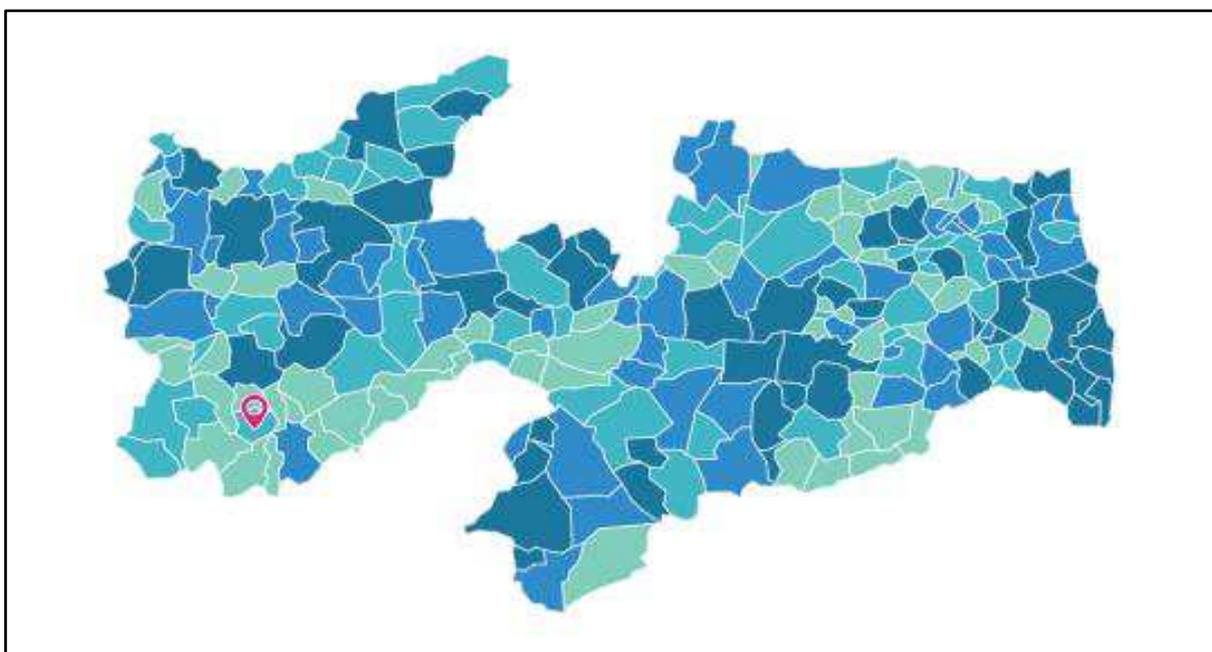
4.1 Local de estudo

O local de estudo situa-se no município de Curral Velho - PB. O referido município foi criado por meio da lei n.º 3.057 de 02 de julho de 1963 e instituído em 31 de outubro de 1964. A cidade de Curral Velho está localizada no oeste do Estado da Paraíba, na Região Metropolitana do Vale do Piancó, a uma altitude de 373 m acima do nível do mar, nas seguintes coordenadas geográficas: 7° 32' 60" de latitude Sul e 38° 11' 45" de longitude Oeste. O município encontra-se a uma distância de aproximadamente 450 Km da capital do estado, João Pessoa. De acordo com os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), sua população é estimada em 2.512 habitantes e sua área territorial é de 217,624 Km² (IBGE, 2021). A

cidade é abastecida pelo açude Bruscas – também conhecido pela população local como barragem de Bruscas – encontra-se a cerca de 5,6 km de distância da cidade.

O açude Bruscas é o principal corpo de acumulação de água do município, situado na bacia do rio Piancó, possuindo capacidade máxima de 38.206.463 m³. O açude é responsável pelo abastecimento da cidade, ainda que Curral Velho não possua política e plano municipal de saneamento, e não conte com os serviços de qualquer empresa de abastecimento e saneamento de águas para consumo (IAS, 2020). A figura 1 mostra a localização de Curral velho.

Figura 1 – Localização de Curral Velho - PB



Fonte: IBGE (2017).

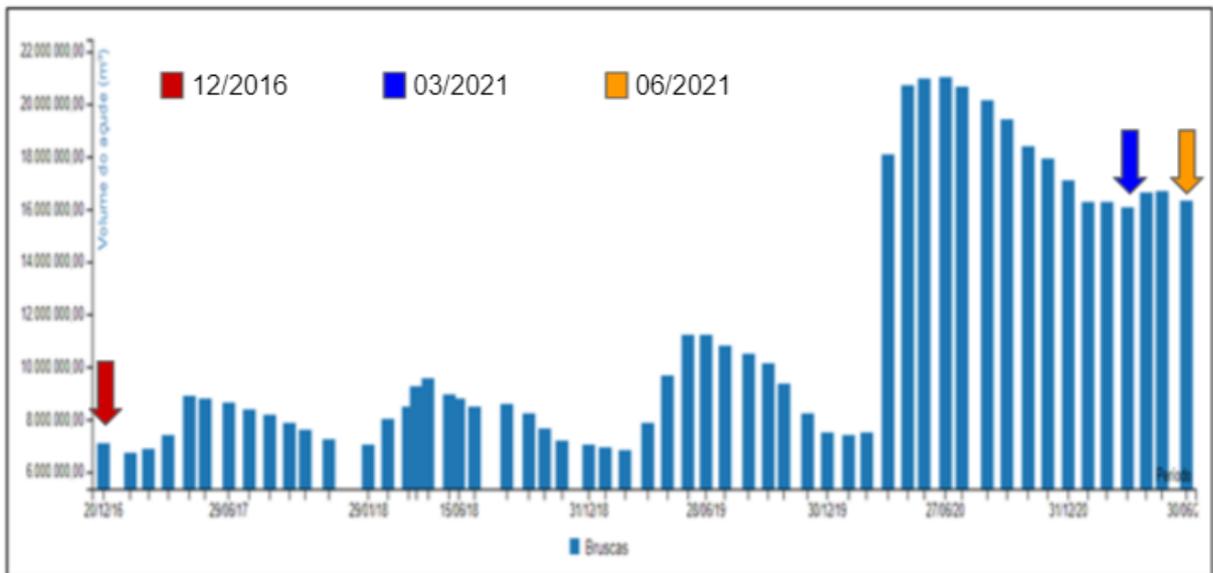
Devido à estiagem, o açude Bruscas tem apresentado volumes de água bastante inferiores à sua capacidade máxima. No decorrer dos últimos cinco anos, de acordo com as medidas realizadas pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs), verifica-se que o açude – embora tenha apresentado um aumento considerável no volume de água nos últimos dois anos –, tem sofrido bastante em decorrência das poucas chuvas na região.

Em dezembro de 2016 o açude apresentou um volume de 7.050.974,70 m³ equivalente a 18,45% da capacidade máxima, e em junho de 2021 apresentou um volume de 16.425.161 m³, correspondente a 42,99% da sua capacidade máxima. O

aumento do volume do açude é devido às chuvas ocorridas na região (AESAs, 2021; SUDEMA, 2021).

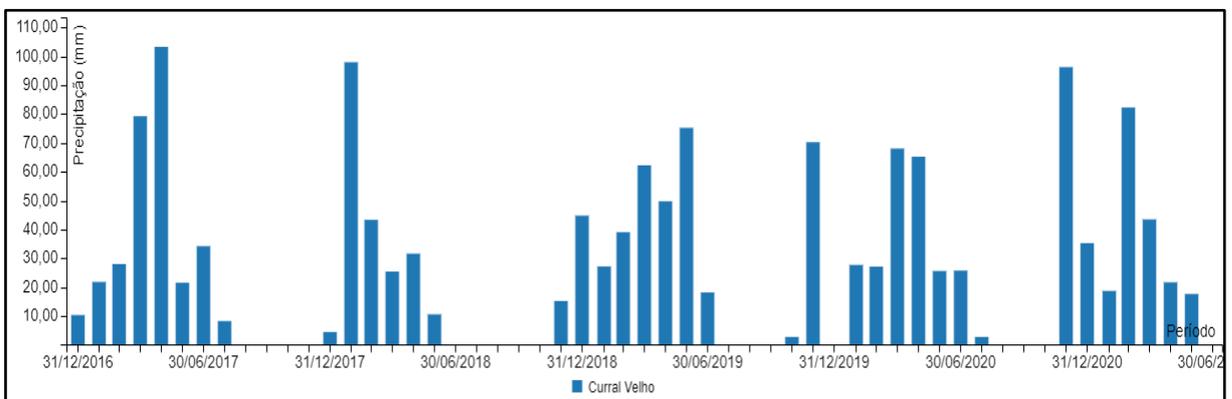
O gráfico 1 apresenta os volumes mensais do açude Bruscas entre o período de dezembro de 2016 e junho de 2021, e o gráfico 2 apresenta os volumes de precipitação pluviométrica para o período entre os meses de dezembro de 2016 a junho de 2017, estendendo-se até o período entre dezembro de 2020 a junho de 2021.

Gráfico 1 – Volumes mensais do Açude Bruscas no período de 12/2016 a 06/2021



Fonte: Adaptado de AESA (2021).

Gráfico 2 – precipitação pluviométrica em Curral Velho para o período de dezembro a junho, entre os anos de 2016 e 2021



Fonte: AESA (2021).

4.2 Amostragem

A coleta das amostras foi realizada no açude Buscas localizado na cidade de Curral Velho - PB. Foram coletadas seis amostras, das quais, cinco ocorreram diretamente no açude – com auxílio de uma canoa para se deslocar a cada ponto de coleta; e a sexta amostra foi coletada da torneira de uma residência localizada no centro da cidade. As amostras coletadas foram identificadas e armazenadas em garrafas de politereftalato de etileno (PET) com capacidade de 1,0 L, previamente higienizadas, identificadas de acordo com cada localidade, e mantidas em refrigeração durante todo período de análise (PARRON; MUNIZ; PEREIRA, 2011). As amostras foram coletadas no dia 09 de março e dia 18 de junho de 2021. De acordo com os dados meteorológicos apresentados pela AESA, no período da primeira coleta de amostras houve chuvas na região, e no período próximo à segunda coleta não houve chuvas; entretanto, no intervalo entre os meses de março e junho ocorreram chuvas volumosas no município – conforme pode ser observado no gráfico 2 (AESA, 2021).

Os pontos onde foram coletadas as cinco amostras no açude Bruscas são denominados como: Ilha, Lira, Meio, Parede e Sangrador. A sexta amostra é denominada como Torneira.

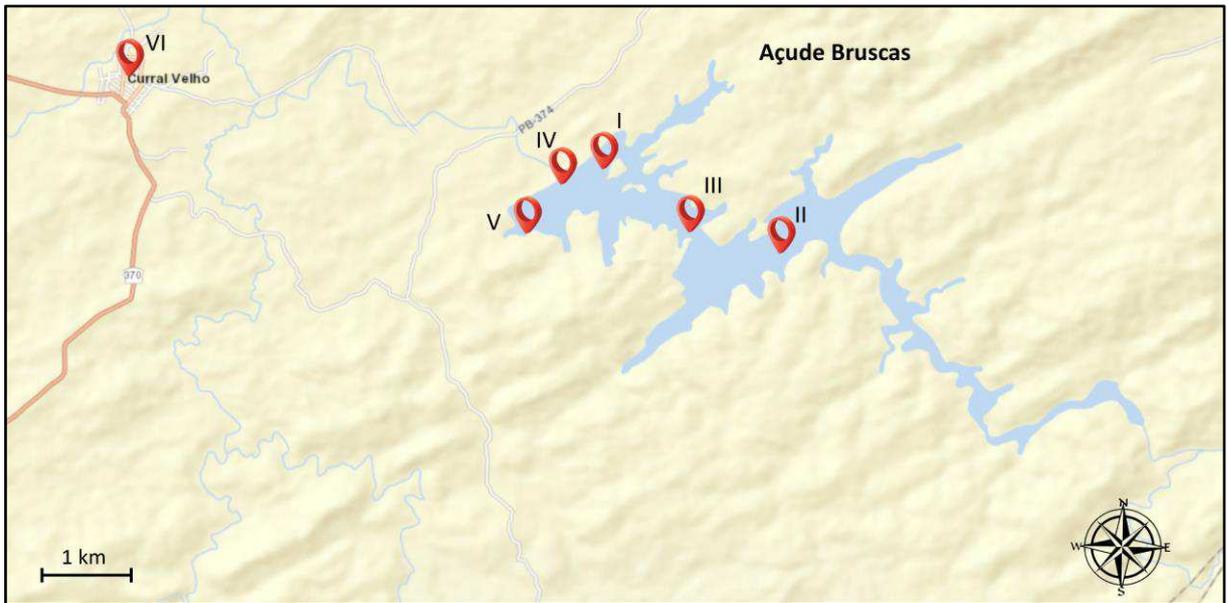
A tabela 1 apresenta as localidades das amostras coletadas, e suas respectivas regiões. A figura 2 apresenta a localização do açude e os pontos onde foram coletadas as amostras, e a figura 3 mostra o uso de uma canoa para deslocar-se até os pontos de coleta no açude.

Tabela 1 – Amostras e seus respectivos locais e regiões de coleta

Amostras	Locais	Região
I	Ilha	Norte
II	Lira	Leste
III	Meio	Centro
IV	Parede	Oeste
V	Sangrador	Sul
VI	Torneira	Centro de cidade

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Figura 2 – Pontos de coleta das amostras



Fonte: Adaptado de Satellites.pro (2021).

Figura 3 – Deslocamento entre os pontos de coleta Meio e Lira



Fonte: Dados da pesquisa (2021).

4.3 Caracterização dos parâmetros Físico-Químicos

As análises das amostras foram realizadas nos laboratórios Química Geral e Inorgânica, Química Analítica, e Bromatologia, do Centro de Educação e Saúde (CES) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), *campus* Cuité - PB. Para a realização das análises foram adotadas metodologias seguindo as recomendações do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA – AWWA – WEF, 2017), do manual prático de análise de água (FUNASA, 2014), e do Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água, da Embrapa (PARRON; MUNIZ; PEREIRA, 2011).

4.3.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)

As medidas de pH das amostras foram realizadas no pHmetro da marca PHTEK, modelo PHS-3B. O pHmetro foi previamente calibrado com soluções padrão a pH em 4, 7 e 10, a uma temperatura de 25°C, correspondente a 298 K (SILVA; SANTOS; VELARDEZ, 2020; VIEIRA; RODRIGUES; RIMAR, 2019; PHTEK, 2018).

Figura 4 – pHmetro utilizado para medir o pH das amostras



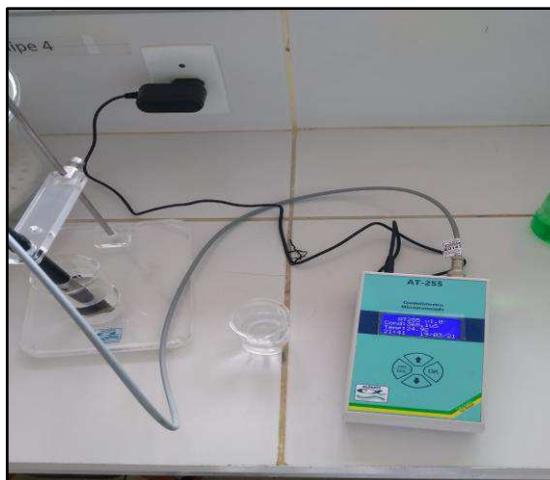
Fonte: Dados da pesquisa (2021).

4.3.2 Condutividade Elétrica

As medições de condutividade Elétrica (CE) foram realizadas com auxílio de um condutivímetro da marca MS TECNOPON, modelo mCA-150, previamente calibrado com uma solução padrão de cloreto de potássio (KCl), com uma

condutividade de $146,9 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ a 25°C . (MS TECNOPON, 2020; SILVA; SANTOS; VELARDEZ, 2020).

Figura 5 – Condutímetro utilizado para medir a CE das amostras

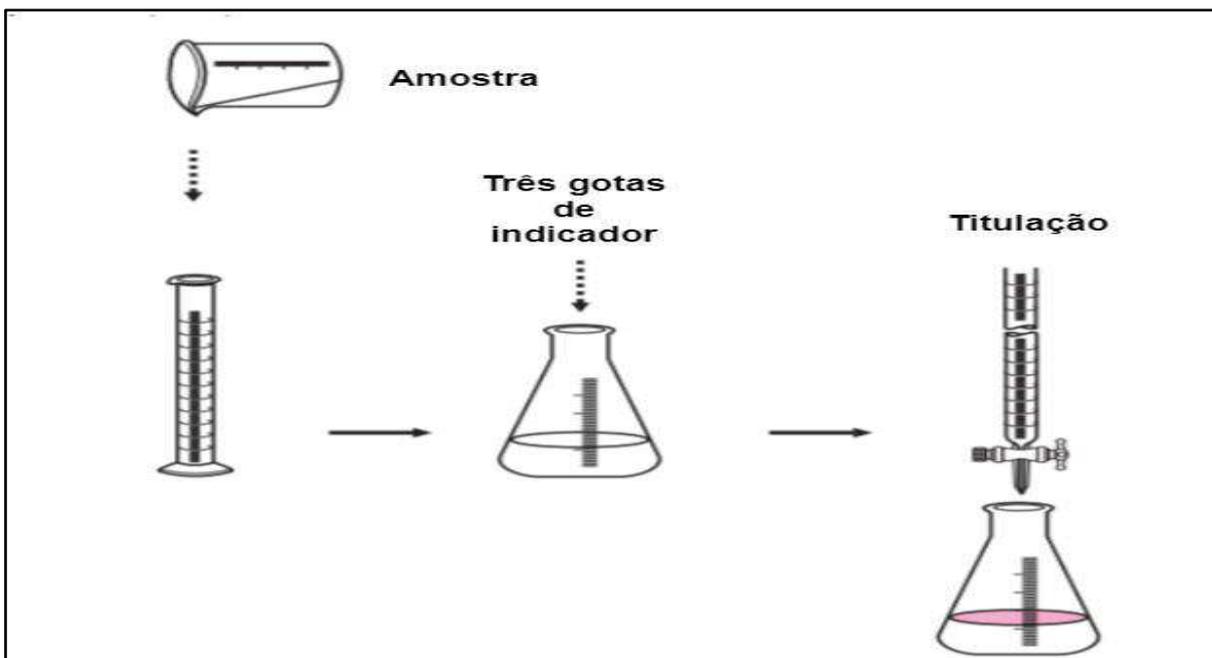


Fonte: Dados da pesquisa (2021).

4.3.3 Alcalinidade

A determinação de carbonatos (CO_3^{2-}) foi realizada por titulações ácido-base com ácido clorídrico ou hidróxido de sódio, padronizados dependendo do pH da solução. Devido aos pH das amostras, os carbonatos estão como HCO_3^- (bicarbonatos), e, portanto, foram titulados, em triplicatas, com NaOH, utilizando fenolftaleína como indicador. Os valores das medidas de alcalinidade são expressas em $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de carbonato de cálcio (CaCO_3) (FUNASA, 2014).

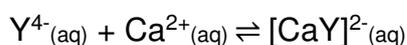
Figura 6 – Fluxograma da análise de Alcalinidade



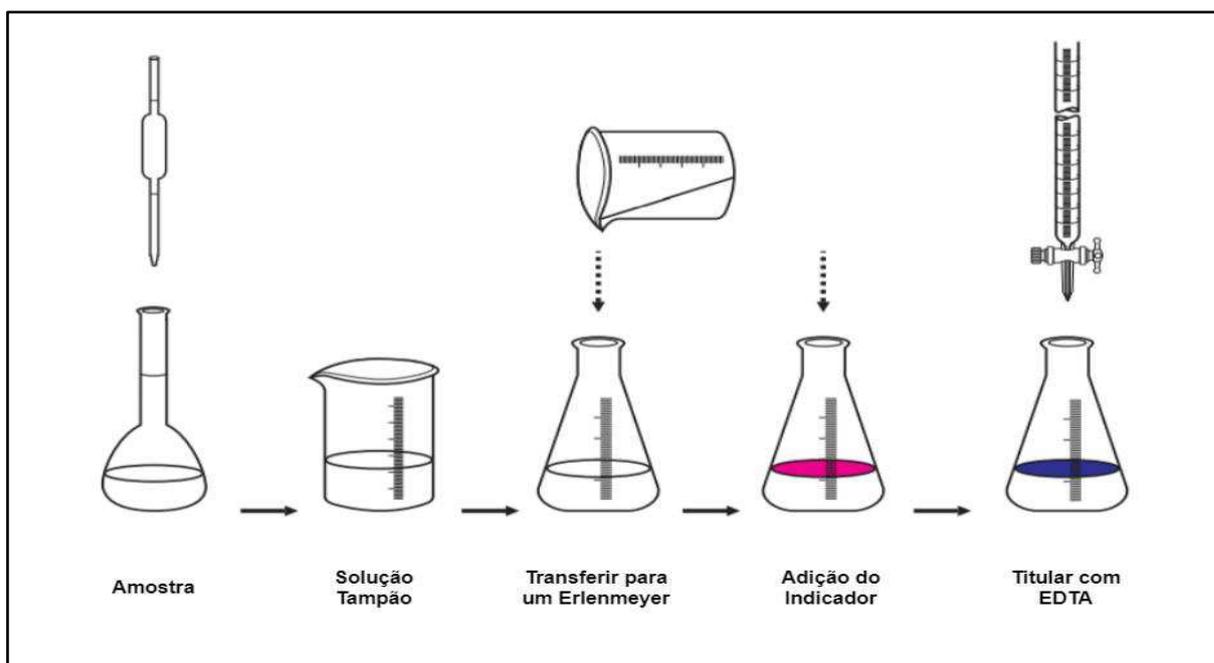
Fonte: Adaptado de Funasa (2013).

4.3.4 Dureza Total

Na determinação da dureza da água, foram medidas, em triplicatas, as concentrações de Ca^{2+} e Mg^{2+} , em mg.L^{-1} de CaCO_3 e MgCO_3 . O indicador para a dureza total é o Negro de Eriocromo T (NET) a $\text{pH} = 9$, e a determinação de Ca^{2+} ocorreu a $\text{pH} = 12$ com indicador de murexida. A diferença de concentrações de NET e murexida, resultou na concentração de Mg^{2+} . Nos dois processos utilizou-se o ânion etilenodiaminotetraacetato (EDTA) como agente titulante (APHA – AWWA – WEF, 2017; SKOOG *et al.*, 2005).



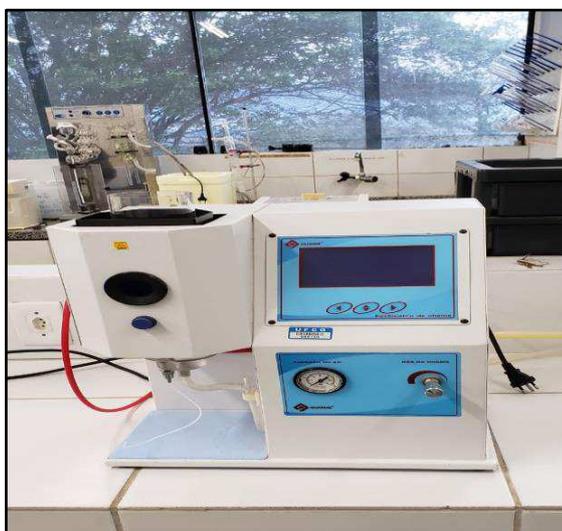
Onde Y^{4-} refere-se ao EDTA desprotonado ($\text{Y}^{4-} = (\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_8)^{4-}$). A forma ácida do EDTA é H_4Y , ácido etilenodiaminotetraacético ($\text{H}_4\text{Y} = \text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{N}_2\text{O}_8$) (SKOOG *et al.*, 2005).

Figura 7 – Fluxograma da análise de Dureza

Fonte: Adaptado de Funasa (2013).

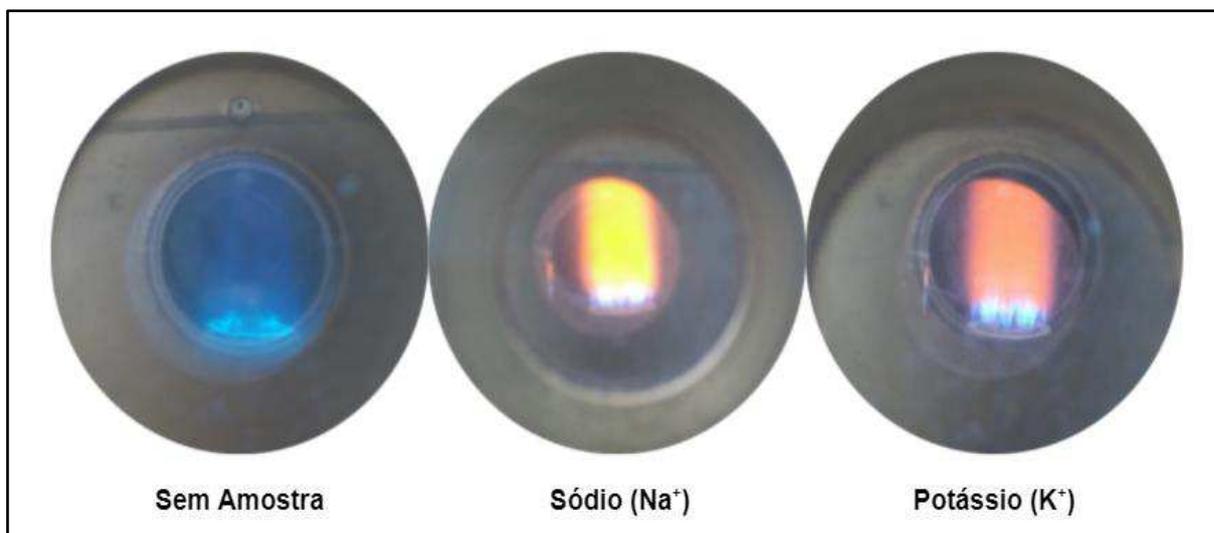
4.3.5 Emissão Atômica de Sódio e Potássio

A determinação da concentração dos cátions metálicos, sódio (Na^+) e potássio (K^+), utilizou-se um espectrofotômetro de chamas da marca QUIMIS, modelo Q498M. O aparelho foi previamente calibrado com soluções padrão de 100 ppm (equivalente a 100 mg.L^{-1}) de Na^+ e K^+ (QUIMIS, 2011; SILVA; FUNASA, 2014; SANTOS; VELARDEZ, 2020).

Figura 8 – Espectrofotômetro de chamas

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Figura 9 – Cores das chamas dos cátions Na^+ e K^+ apresentadas no espectrofotômetro



Fonte: Dados da pesquisa (2021).

4.3.6 Turbidez

Para a realização das medidas de turbidez foi utilizado um turbidímetro da marca DEL LAB, modelo DLT-WV previamente calibrado com soluções padrão, com os valores $0,00 \leq \text{NTU} \leq 1000$ (SILVA; SANTOS; VELARDEZ, 2020; DEL LAB, 2018; FUNASA, 2014).

Figura 10 – Turbidímetro utilizado nas medidas de turbidez



Fonte: Dados da pesquisa (2021).

4.3.7 Teor de Cloro

A medição do teor de cloro nas amostras foi realizada em triplicatas, por meio do método de Mohr; realizando titulações de precipitação com íons prata, Ag^+ . O titulante utilizado, foi uma solução padrão de nitrato de prata (AgNO_3) com concentração $9,899 \times 10^{-3} \text{ M}$ e $7 \leq \text{pH} \leq 10$. Foram adicionadas algumas gotas de uma solução de cromato de potássio (K_2CrO_4) para visualizar a formação de um precipitado vermelho de cromato de prata (Ag_2CrO_4) como indicador. As concentrações de cloro são expressas em mg.L^{-1} de Cl ($\text{PM} = 35,45 \text{ g.mol}^{-1}$) (SKOOG *et al.*, 2005; APHA – AWWA – WEF, 2017).

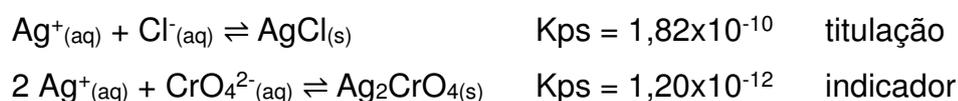
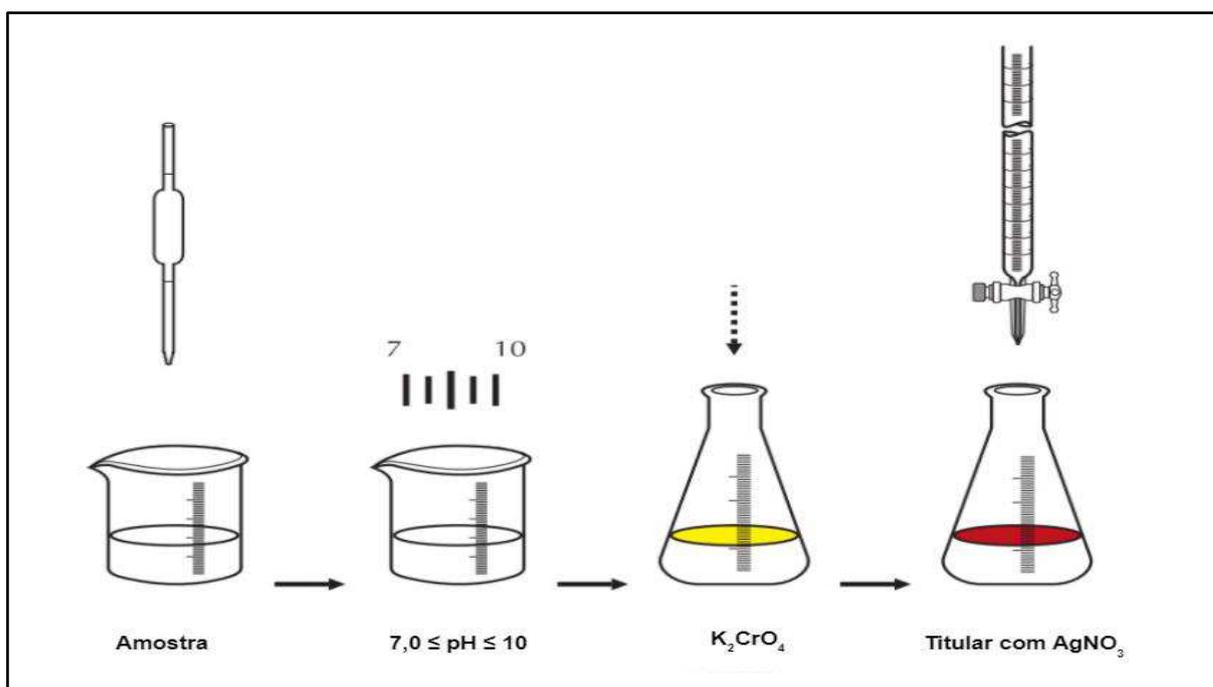


Figura 11 – Fluxograma da análise de Cloretos



Fonte: Adaptado de Funasa (2013).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização dos parâmetros: pH, Condutividade e Turbidez

O pH constitui um parâmetro importante na análise de águas para o consumo humano, de modo que, não deve encontrar-se demasiadamente baixo ou elevado

(VIEIRA; RODRIGUES; RIMAR, 2019). De acordo com o ministério da saúde, os valores de pH aceitáveis para padrão de potabilidade de água estão compreendidos entre 6,0 e 9,5 (BRASIL, 2011; BRASIL, 2017).

Embora o Ministério da Saúde não determine um valor máximo para a Condutividade Elétrica (CE) aceitável para o padrão de potabilidade, a CE é um parâmetro importante para o monitoramento da qualidade da água, além de ser uma análise fácil de ser realizada. A CE pode indicar diferentes espécies químicas (de acordo com sua capacidade de conduzir corrente elétrica) presentes nos recursos hídricos (LÖBLER; BORBA; SILVA, 2015).

O parâmetro Turbidez tem grande importância nas análises de água, pois quando não atende aos padrões estabelecidos, pode afetar o uso da água para diversas finalidades, como o uso doméstico, em indústrias entre outros (CETESB, 2019). Portanto, é importante verificar se a turbidez de determinada água a ser utilizada para o consumo está de acordo com o valor máximo de 5 NTU, estabelecido pelo MS (BRASIL, 2011; BRASIL, 2017).

5.1.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)

A tabela 2 apresenta os valores do parâmetro de pH das amostras coletadas em março e junho de 2021.

Tabela 2 – Medidas de pH para as amostras coletadas em março e junho de 2021

Amostras	pH (março)	pH (junho)
Máximo permitido pelo MS	$6,0 \leq \text{pH} \leq 9,5$	
I (Ilha)	6,95	5,62
II (Lira)	6,98	5,79
III (Meio)	7,06	5,92
IV (Parede)	7,15	5,98
V (Sangrador)	7,17	6,05
VI (Torneira)	7,21	6,08

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Os valores de pH para as amostras coletadas nos dois períodos variam entre 5,62 e 7,21. Logo, percebe-se que, de acordo com as medidas de pH, as amostras de água, em sua maioria, apresentam um caráter ácido.

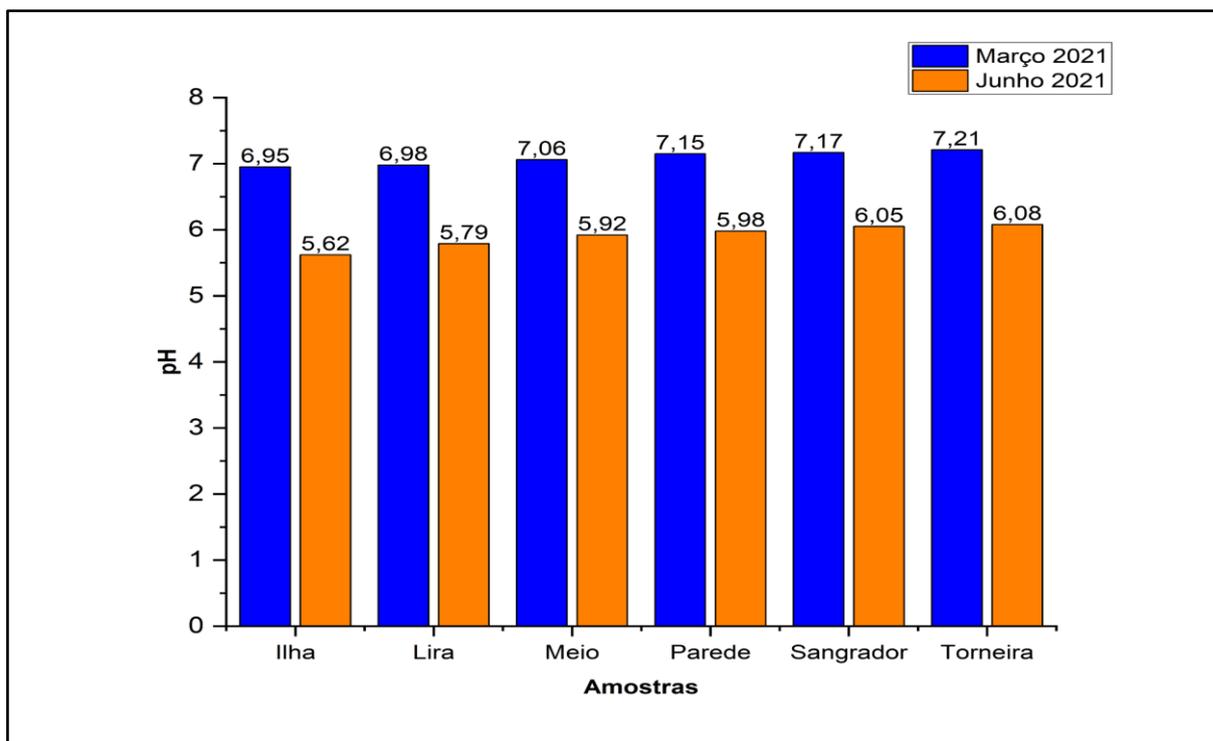
Além disso, nota-se que os valores de pH das amostras coletadas em março de 2021 são superiores quando comparados aos valores de pH das amostras coletadas em junho/2021. Das amostras coletadas no mês de março/2021, a amostra I (Ilha), apresentou o menor valor de pH, sendo este igual a 6,95. Entretanto, se comparado ao pH da amostra VI (torneira) colhida no mês de junho, que apresentou pH = 6,08 (valor mais elevado em relação às demais amostras colhidas no mesmo período), o pH da amostra denominada Ilha, coletada em março/2021, mostra-se superior.

O pH das amostras coletadas em março/2021 se encontram dentro do padrão estabelecido pelo Ministério da Saúde. Entretanto, com relação às amostras coletadas em junho/2021, somente a água do Sangrador e da Torneira apresentaram pH dentro dos valores estabelecidos pelo MS. Adicionalmente, as amostras Ilha, Lira, Meio e Parede, coletadas também em junho/2021, apresentam valores divergentes dos estabelecidos para padrão de potabilidade e, portanto, não são apropriadas para o consumo humano (BRASIL, 2017).

É importante salientar que, o pH da água, ao ser consumida com frequência, pode influenciar na saúde do indivíduo. A esse respeito, em seu estudo sobre a influência do pH da água no organismo humano, Nogueira-de-Almeida e Ribas Filho (2018) afirmam que, o consumo de bebidas e/ou alimentos de caráter básico, devido aos teores elevados de bicarbonatos, causam benefícios à manutenção da massa óssea. No entanto, o consumo contínuo de alimentos e bebidas, como a água, que possuam caráter ácido aumenta de maneira significativa a excreção de cálcio, prejudicando, então, a manutenção da massa óssea.

O gráfico 3 apresenta uma comparação entre os valores de pH das amostras coletadas em março/2021 e das amostras coletadas em junho/2021.

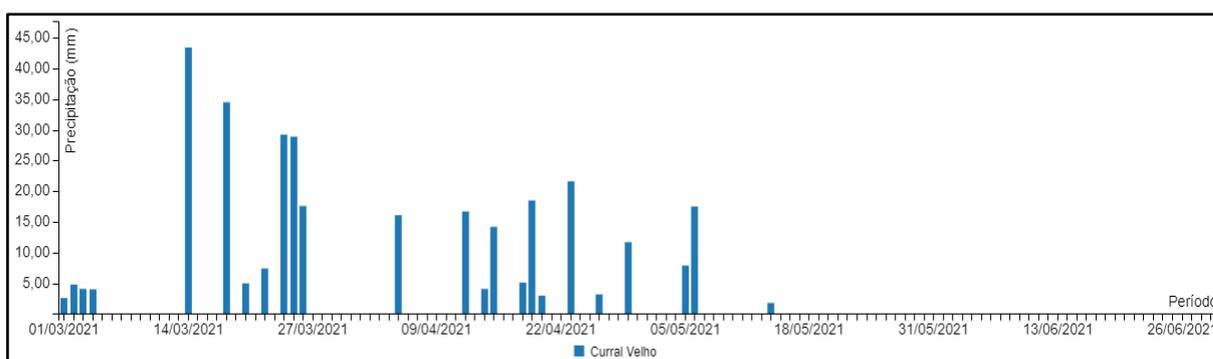
Gráfico 3 – Comparação das medidas de pH para as amostras coletadas em março e junho de 2021



Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Ao analisar o volume de água apresentado pelo açude Bruscas nos dois períodos de coleta, nota-se que no mês de junho/2021 o açude apresentou um volume superior ao volume apresentado no mês de março/2021 do mesmo ano (AESA, 2021; SUDEMA 2021). Logo, observa-se, portanto, uma relação entre o pH e o volume do açude nos períodos de coleta: com a elevação do volume de água do açude (devido à ocorrência de chuvas entre os períodos – conforme observa-se no gráfico 4, a seguir – os valores de pH tendem a diminuir.

Gráfico 4 – precipitação pluviométrica em Curral Velho, de março a junho de 2021



Fonte: AESA (2021).

Esta relação entre pH e volume de água também é observada quando os valores de pH das amostras coletadas em março e junho de 2021, e o volume de água do açude durante esses períodos de coleta, são comparados com dados de trabalhos realizados em outras épocas, com amostras de água do mesmo açude.

Em seu trabalho, Nóbrega (2017) constatou que as amostras de água coletadas no açude Bruscas, no período de dezembro de 2016 e janeiro de 2017, apresentaram valores de pH compreendidos entre 8,05 e 8,73, demonstrando, assim, que nessa época – quando o açude apresentou um volume correspondente a apenas aproximadamente 17,5 % da sua capacidade máxima (AESAs, 2021) – as águas provenientes do açude possuíam um caráter alcalino.

Ao analisar os parâmetros físico-químicos em amostras de água provenientes do açude Bruscas – coletadas entre julho e agosto de 2019, período em que o açude apresentou um volume corresponde a aproximadamente 41,80% da sua capacidade máxima (AESAs, 2021) –, Silva, Santos e Velardez (2020), verificaram que os valores de pH estavam compreendidos entre 7,39 e 7,75.

Portanto, quando se compara os dados descritos neste trabalho com os dados apresentados por Nóbrega (2017) e Silva, Santos e Velardez (2020), torna-se mais evidente que, com o aumento do volume de água no açude Bruscas, as amostras provenientes dele, apresentam uma diminuição no pH, aumentando-se o caráter ácido.

A diminuição do pH com o aumento do volume de água do açude pode estar relacionado a acidez do solo onde o açude é situado. De acordo com Castro *et al.* (2006), o pH da água é influenciado diretamente pelo solo da área onde o reservatório está localizado. Dessa forma, se o solo apresenta acidez elevada, em tempos chuvosos a diminuição do pH da água provavelmente ocorre devido à erosão, onde a matéria ácida é transportada para dentro do reservatório.

5.1.2 Condutividade Elétrica

A tabelas 3 apresenta os valores de CE para as amostras coletadas em março e junho de 2021.

Tabela 3 – Medidas de CE para as amostras coletadas em março e junho de 2021

Amostras	Condutividade ($\mu\text{S.cm}^{-1}$) março	Condutividade ($\mu\text{S.cm}^{-1}$) junho
Máximo permitido pelo MS	Não informado	
I (Ilha)	370,6	283,3
II (Lira)	368,1	274,8
III (Meio)	370,1	267,7
IV (Parede)	370,4	271,4
V (Sangrador)	371,2	272,8
VI (Torneira)	353,6	273,0

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

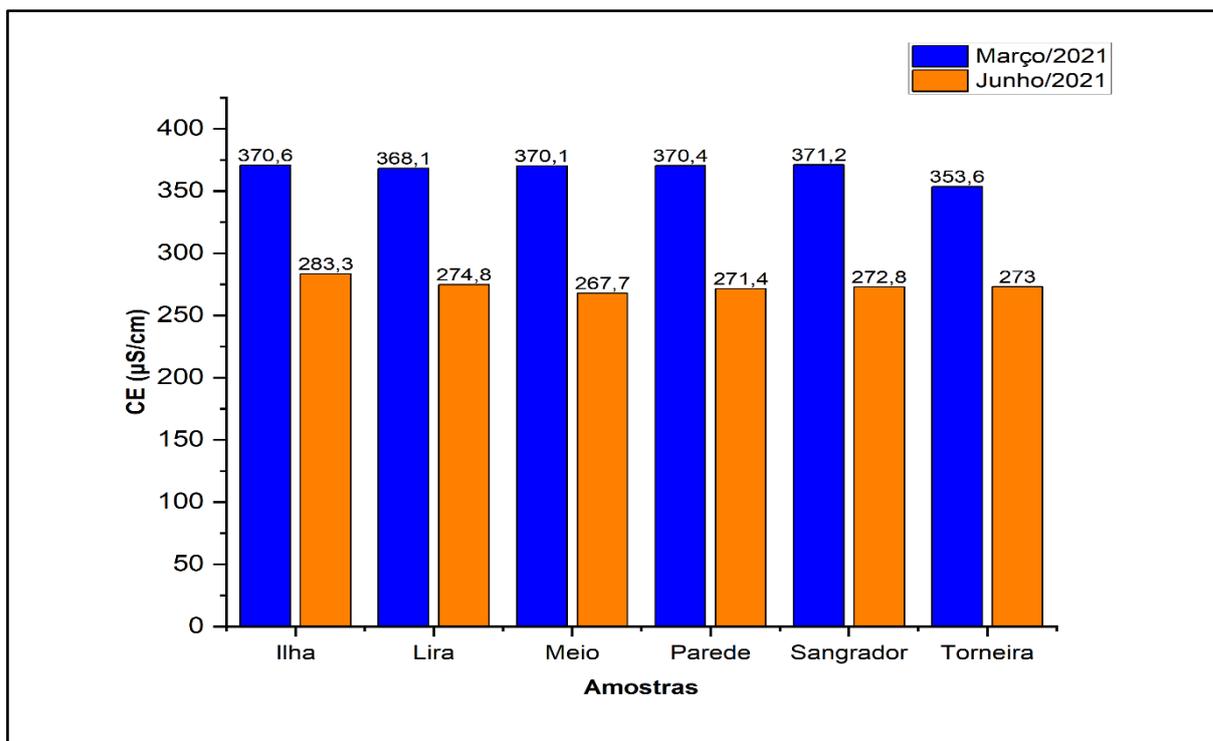
Os valores de Condutividade Elétrica (CE) das amostras coletadas em março de 2021 variam entre $353,6 \mu\text{S.cm}^{-1}$ e $371,2 \mu\text{S.cm}^{-1}$, em que o maior valor é referente a amostra denominada Sangrador, e o menor, a amostra denominada Torneira. Em contrapartida, os valores obtidos para as amostras coletadas no mês de junho/2021 são bastante inferiores, de modo que, o maior valor de CE entre elas é inferior a $353,6 \mu\text{S.cm}^{-1}$ (menor valor entre as amostras coletadas em março).

Dentre as amostras coletadas em junho/2021, a amostra denominada Ilha apresentou o maior valor, equivalente a $283,3 \mu\text{S.cm}^{-1}$ e a denominada Meio apresentou uma condutividade de $267,7 \mu\text{S.cm}^{-1}$ (menor valor medido).

Portanto, as medidas de CE das amostras colhidas em junho/2021 são inferiores às medidas das amostras coletadas no mês de março/2021. Além disso, todas as amostras coletadas nos dois períodos atendem ao valor máximo de CE em águas para o consumo, pois, embora o Ministério da Saúde não informe um valor máximo para padrão de potabilidade, o manual técnico nacional da Austrália informa que o valor máximo recomendado de CE em águas para o consumo humano é de $800 \mu\text{S.cm}^{-1}$ (WATERWATCH AUSTRALIA, 2005).

O gráfico 5 apresenta uma comparação entre os valores de CE nas amostras coletadas nos dois períodos.

Gráfico 5 – Comparação das medidas de CE para as amostras coletadas em março e junho de 2021



Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Os valores de CE medidos, assim como os de pH, podem relacionar-se com o volume do açude; pois, percebe-se que as amostras coletadas no mês de março/2021 apresentaram valores superiores às que foram coletadas em junho/2021 (visto que, no mês de março o açude apresentou um volume de água inferior ao mês de junho).

Ao analisar a CE em amostras de água provenientes do açude Bruscas, Nóbrega (2017) relata que os valores de CE estavam variando entre 531 a 557 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

Em seu trabalho, Silva, Santos e Velardez (2020) ao analisarem os parâmetros físico-químicos das águas do Bruscas, informam que, os valores de CE medidos para as amostras estão compreendidos entre 367 e 376 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

Levando em consideração o volume de água apresentado pelo açude Bruscas durante o período de coleta das amostras realizada por Nóbrega (2017) e por Silva, Santos e Velardez (2020), em que os volumes foram por volta de 7.050.974 e 10.780.358 m^3 respectivamente, percebe-se que, com o aumento do volume de água no açude, os valores medidos para a CE diminuiram.

Nos períodos de coleta das amostras analisadas neste presente trabalho, os volumes de água apresentados pelo açude Bruscas estavam ao redor de 16.105.969 e 16.425.161 m³ em março e junho respectivamente, o que corresponde a uma diferença de aproximadamente 0,83%.

De acordo com Löbler, Borba e Silva (2015), em tempos que o volume de água do reservatório encontra-se mais baixo devido à estiagem, provavelmente, os valores de CE serão elevados. Isso ocorre por causa da evaporação, que produz um aumento na concentração salina, fazendo com que a concentração de sais na água seja maior. Entretanto, em tempos chuvosos (em que o reservatório se encontra com maior volume de água) a concentração de sais tende a diminuir.

5.1.3 Turbidez

A tabela 4 apresenta os valores dos parâmetros de turbidez para amostras coletadas nos meses de março e junho de 2021.

Tabela 4 – Medidas de Turbidez para as amostras coletadas em março e junho de 2021

Amostras	Turbidez (NTU) março	Turbidez (NTU) junho
Máximo permitido pelo MS	5,0	
I (Ilha)	4,73	0,11
II (Lira)	3,27	0,14
III (Meio)	3,82	0,09
IV (Parede)	5,28	0,21
V (Sangrador)	3,12	0,15
VI (Torneira)	3,37	0,48

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Com relação ao parâmetro Turbidez, os valores para amostras coletadas em março/2021 são bastante elevados, isso, quando comparados com os valores apresentados pelas amostras coletadas no mês de junho/2021.

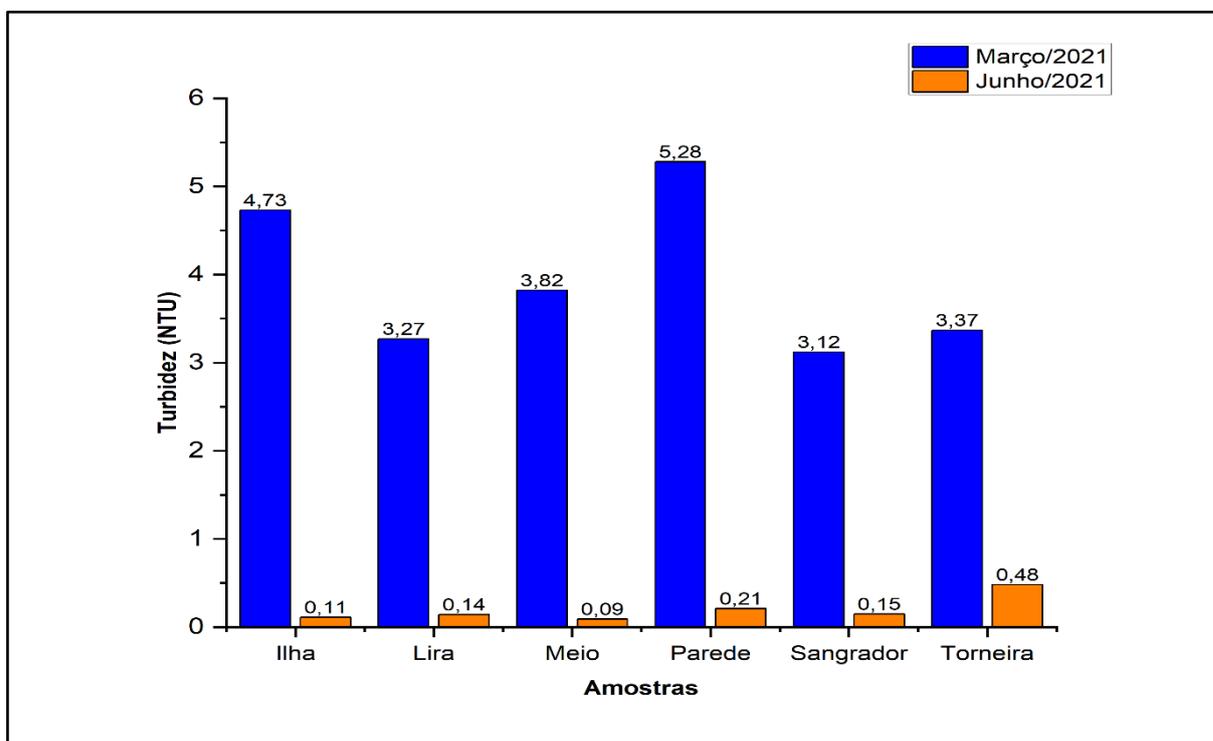
Dentre as amostras coletadas em março/2021, a amostra do Sangrador teve uma turbidez de 3,12 NTU, sendo este o menor valor; e a amostra da Parede apresentou uma turbidez de 5,28 NTU, sendo este o maior valor medido. Quando se compara os valores dessas amostras com as amostras coletadas nos mesmos pontos no mês de junho/2021, percebe-se uma grande diferença.

Das amostras coletadas em junho/2021, a amostra do Meio apresentou uma turbidez de 0,09 NTU, sendo este o menor valor, enquanto para a amostra da torneira foi obtido o maior valor turbidez, equivalente a 0,48 NTU.

Portanto, somente a amostra Parede coletada no mês de março/2021 não se encontra dentro do padrão de turbidez estabelecido pelo Ministério da Saúde em águas para o consumo humano, por apresentar valoração superior a 5 NTU. A turbidez das demais amostras, tanto as coletadas em março/2021 quanto em junho/2021 foram inferiores a 5 NTU, assim, estando aptas para o consumo.

O gráfico 6 apresenta uma comparação entre a turbidez das amostras coletadas nos meses de março e junho de 2021.

Gráfico 6 – Comparação das medidas de Turbidez para as amostras coletadas em março e junho de 2021



Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Os valores de turbidez das amostras coletadas em junho assemelham-se aos valores obtidos por Silva, Santos e Velardez (2020) no seu estudo das propriedades físico-químicas das águas do açude Bruscas, com exceção da amostra denominada Torneira. Entretanto, as medidas para o parâmetro turbidez nas amostras coletadas em março mostraram-se bastante elevadas.

A variação de turbidez entre as amostras dos dois períodos de coleta indica que, no mês de março a água do açude Bruscas apresentou uma quantidade elevada de substâncias dissolvidas, principalmente no ponto onde coletou-se a amostra denominada Parede, pois esta excede o valor máximo estabelecido pelo Ministério da Saúde.

Uma possível causa da alta quantidade de substâncias dissolvidas na água do açude é a frequência de chuvas no período próximo às coletas no mês de março. De acordo com Luíz, Pinto e Scheffer (2012), um alto nível de pluviosidade acaba por acarretar um aumento considerável nas concentrações de turbidez em águas, indicando uma quantidade elevada de materiais em suspensão, devido ao transporte de sedimentos para dentro do reservatório.

5.2 Caracterização do parâmetro: Dureza

A dureza total refere-se à presença de íons metálicos cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) na água; e, portanto, é constituída da soma das durezas de Ca^{2+} e Mg^{2+} (ESTEVAM; SILVA; SILVA, 2019).

O parâmetro dureza total é importante no monitoramento da qualidade de água; pois, embora a presença de Ca^{2+} e Mg^{2+} não ofereça grandes riscos à saúde humana, uma água com dureza muito elevada pode vir a provocar incrustações, corrosão e entupimentos de tubulações (KOSLOSKI *et al.*, 2015).

O Ministério da Saúde estabelece um valor máximo de 500 mg.L^{-1} para a dureza total em águas para o consumo humano (BRASIL, 2011; BRASIL, 2017).

De acordo com Libânio (2010) e Brasil (2006), a água pode ser classificada como: moles ou brandas, quando sua concentração de dureza total for inferior a 50 mg.L^{-1} ; moderadamente dura, entre 50 e 150 mg.L^{-1} ; dura, quando entre 150 e 300 mg.L^{-1} ; muito dura, se a concentração for superior a 300 mg.L^{-1} .

As tabelas 5 e 6 apresentam as concentrações de dureza para as amostras coletadas nos meses de março e junho, respectivamente.

Tabela 5 – Medidas de Dureza com 95% de confiança para as amostras coletadas em março/2021

Amostras	Dureza total (mg.L ⁻¹ CaCO ₃)	Dureza Ca ²⁺ (mg.L ⁻¹ CaCO ₃)	Dureza Mg ²⁺ (mg.L ⁻¹ MgCO ₃)
Máximo permitido pelo MS	500	—	
I (Ilha)	120 ± 16	97 ± 32	23 ± 7
II (Lira)	117 ± 17	86 ± 18	31 ± 6
III (Meio)	109 ± 16	70 ± 16	39 ± 8
IV (Parede)	114 ± 16	78 ± 17	36 ± 7
V (Sangrador)	112 ± 22	66 ± 18	46 ± 12
VI (Torneira)	98 ± 15	51 ± 14	47 ± 12

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Tabela 6 – Medidas de Dureza com 95% de confiança para as amostras coletadas em junho/2021

Amostras	Dureza total (mg.L ⁻¹ CaCO ₃)	Dureza Ca ²⁺ (mg.L ⁻¹ CaCO ₃)	Dureza Mg ²⁺ (mg.L ⁻¹ MgCO ₃)
Máximo permitido pelo MS	500	—	
I (Ilha)	178 ± 56	139 ± 75	32 ± 17
II (Lira)	170 ± 49	128 ± 41	35 ± 11
III (Meio)	174 ± 55	128 ± 41	39 ± 12
IV (Parede)	174 ± 46	128 ± 51	39 ± 15
V (Sangrador)	167 ± 44	123 ± 43	36 ± 12
VI (Torneira)	176 ± 50	137 ± 41	33 ± 9

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

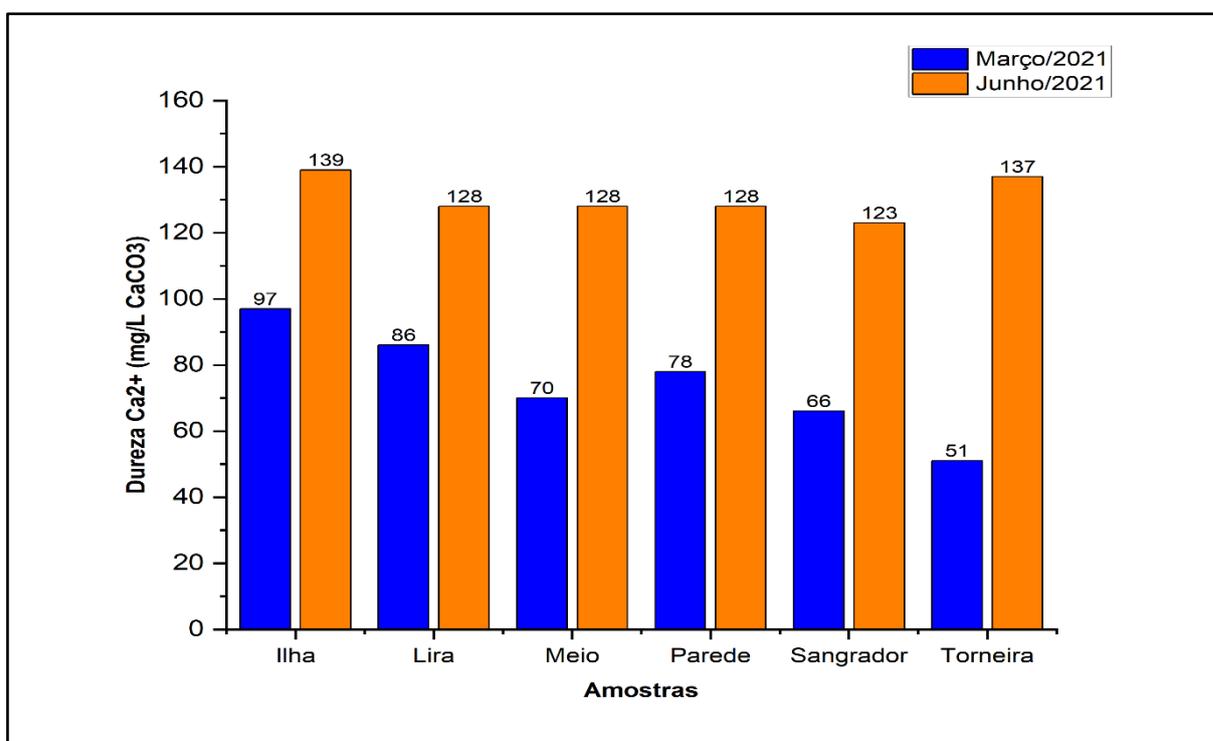
Os valores de dureza total para as amostras coletadas em junho de 2021 são superiores à dureza nas amostras coletadas em março/2021. Este aumento, em grande parte, se deve ao aumento da concentração de Ca²⁺, já que as variações nas concentrações de Mg²⁺ entre os dois períodos de coleta não foram tão expressivas.

As maiores concentrações de dureza total, Ca^{2+} e Mg^{2+} para as amostras coletadas em março/2021 são, respectivamente: $(120 \pm 16) \text{ mg.L}^{-1}$ (Ilha), $(97 \pm 32) \text{ mg.L}^{-1}$ (Ilha) e $(47 \pm 12) \text{ mg.L}^{-1}$ (Torreia). No entanto, para as amostras coletadas em junho/2021 as concentrações mais elevadas foram de $(178 \pm 56) \text{ mg.L}^{-1}$ (dureza total da amostra Ilha), $(139 \pm 75) \text{ mg.L}^{-1}$ (dureza Ca^{2+} da amostra ilha) e $(39 \pm 12) \text{ mg.L}^{-1}$ (dureza Mg^{2+} da amostra Meio).

Portanto, tendo em vista que as concentrações de dureza total foram inferiores ao limite de 500 mg.L^{-1} , estabelecido pelo Ministério da Saúde como padrão de potabilidade de água, todas as amostras encontram-se adequadas com relação ao parâmetro de dureza total, sendo classificadas como: águas moderadamente duras, e duras.

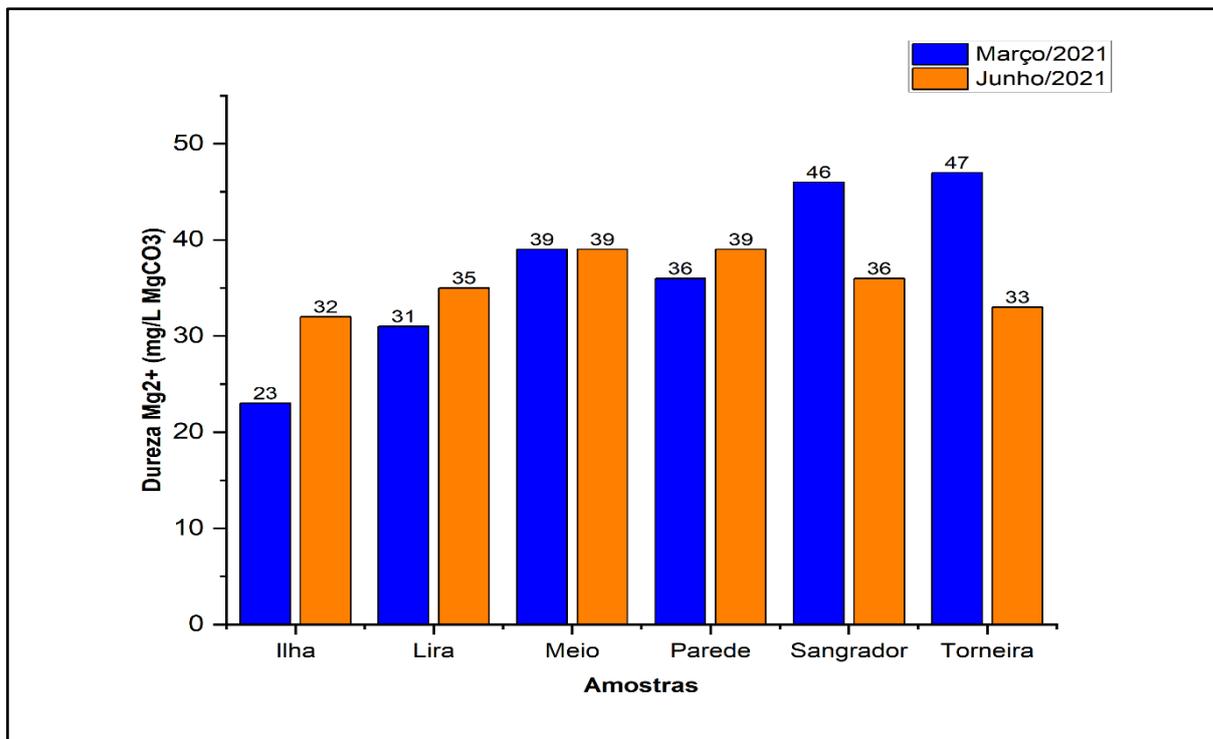
Os gráficos 7 e 8 apresentam, respectivamente, comparações entre as durezas de Ca^{2+} e dureza de Mg^{2+} para as amostras coletadas nos períodos de março e junho.

Gráfico 7 – Comparação da Dureza de Ca^{2+} nas amostras coletadas em março e junho de 2021



Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Gráfico 8 – Comparação da Dureza de Mg^{2+} nas amostras coletadas em março e junho de 2021



Fonte: Dados da pesquisa (2021).

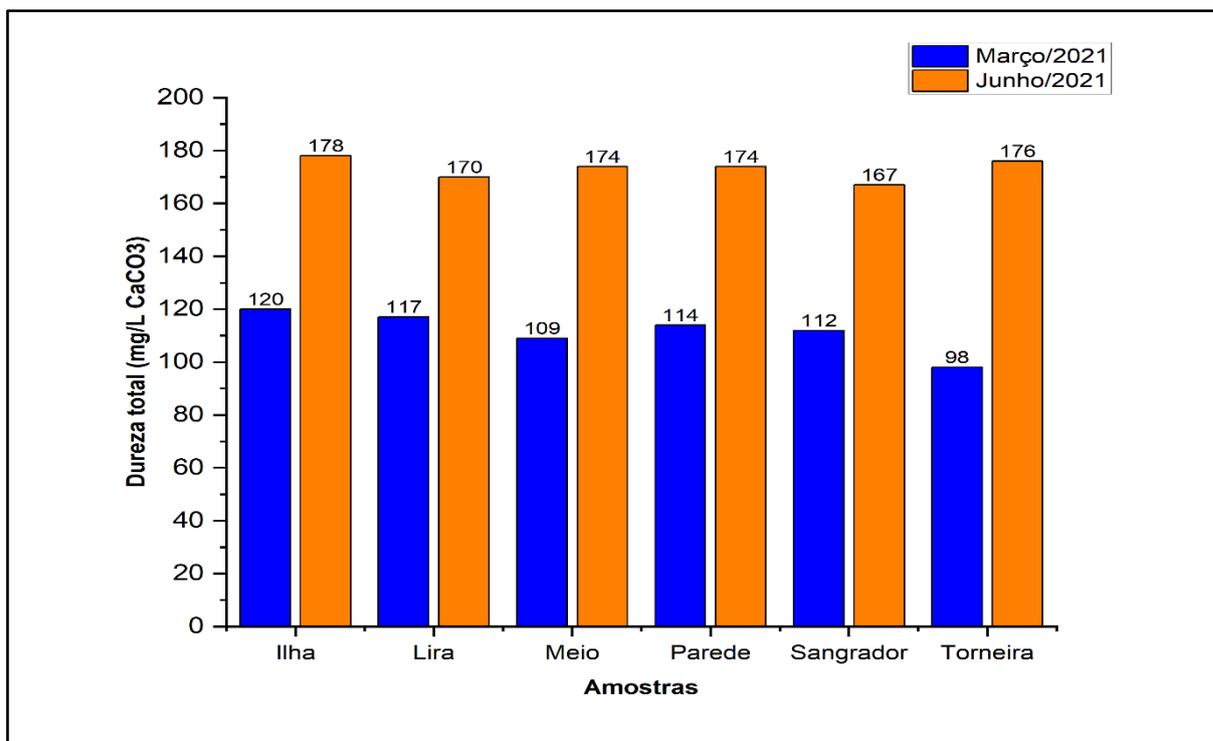
Referente às diferenças das concentrações de dureza total entre as amostras coletadas nos dois períodos, observa-se que, do primeiro período de amostragem para o segundo houve um aumento significativo na dureza total. No entanto, como já comentado anteriormente, o aumento da dureza total nas águas do açude Bruscas, decorre, principalmente, do aumento da dureza de Ca^{2+} .

É possível que o aumento da dureza tenha ocorrido em função das fortes chuvas próximo a data de coleta das amostras. Segundo Ferreira *et al.* (2014), em períodos chuvosos a dureza da água de açudes tende a aumentar devido ao escoamento superficial das águas das chuvas, que arrastam grandes quantidades de Ca^{2+} e Mg^{2+} , principalmente no semiárido, onde o solo é mais exposto.

De acordo com Abdalla *et al.* (2010), as concentrações elevadas da dureza de cálcio em tempos chuvosos, se dá principalmente pelo arraste de calcita, $CaCO_3$ (que é uma das principais fontes de Ca^{2+}) e da dolomita ($CaCO_3 \cdot MgCO_3$), que por sua vez, é fonte tanto de Ca^{2+} como também de Mg^{2+} .

O gráfico 9 apresenta uma comparação entre a dureza total para as amostras coletadas nos períodos de março e junho.

Gráfico 9 – Comparação da Dureza total nas amostras coletadas em março e junho de 2021



Fonte: Dados da pesquisa (2021).

5.3 Caracterização do parâmetro: Alcalinidade

A alcalinidade constitui um parâmetro de potabilidade que indica a qualidade da água, no que tange a acidez, alcalinidade ou neutralidade. Adicionalmente, a água é considerada ácida quando possui pH inferior a 7; básico, quando o pH é superior a 7; e neutra, quando o pH = 7 (SOUSA *et al.*, 2019).

De acordo com o Ministério da Saúde, na maioria dos casos, a alcalinidade em rios e lagos é decorrente da presença de bicarbonatos. Além disso, a decomposição da matéria orgânica, nos ambientes aquáticos, contribui para o aumento da concentração de alcalinidade (BRASIL, 2006).

O Ministério da Saúde não informa um valor máximo de alcalinidade total em águas para o consumo humano. Todavia, a Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP) informa que, em águas para consumo, os valores máximos de alcalinidade de hidróxidos, carbonatos, e bicarbonatos são respectivamente: 0,0, até 125, e até 250 mg.L⁻¹ CaCO₃, (FIESP, 2005).

As águas naturais normalmente apresentam alcalinidade na forma de bicarbonatos; a qual é compreendida numa faixa de pH entre 4,4 e 8,3 (PÁDUA, 2010).

Portanto, devido aos valores de pH, as titulações para alcalinidade de bicarbonatos são realizadas com NaOH como titulante.

A tabela 7 apresenta as medidas de alcalinidade para as amostras colhidas.

Tabela 7 – Medidas de Alcalinidade com 95% de confiança para as amostras coletadas em março e junho de 2021

Amostras	Alcalinidade (mg.L ⁻¹ CaCO ₃) março	Alcalinidade (mg.L ⁻¹ CaCO ₃) junho
Máximo permitido pelo MS	Não informado	
I (Ilha)	42 ± 6	52 ± 11
II (Lira)	31 ± 5	44 ± 12
III (Meio)	20 ± 3	28 ± 3
IV (Parede)	17 ± 2	21 ± 3
V (Sangrador)	19 ± 7	23 ± 5
VI (Torreia)	19 ± 3	23 ± 2

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

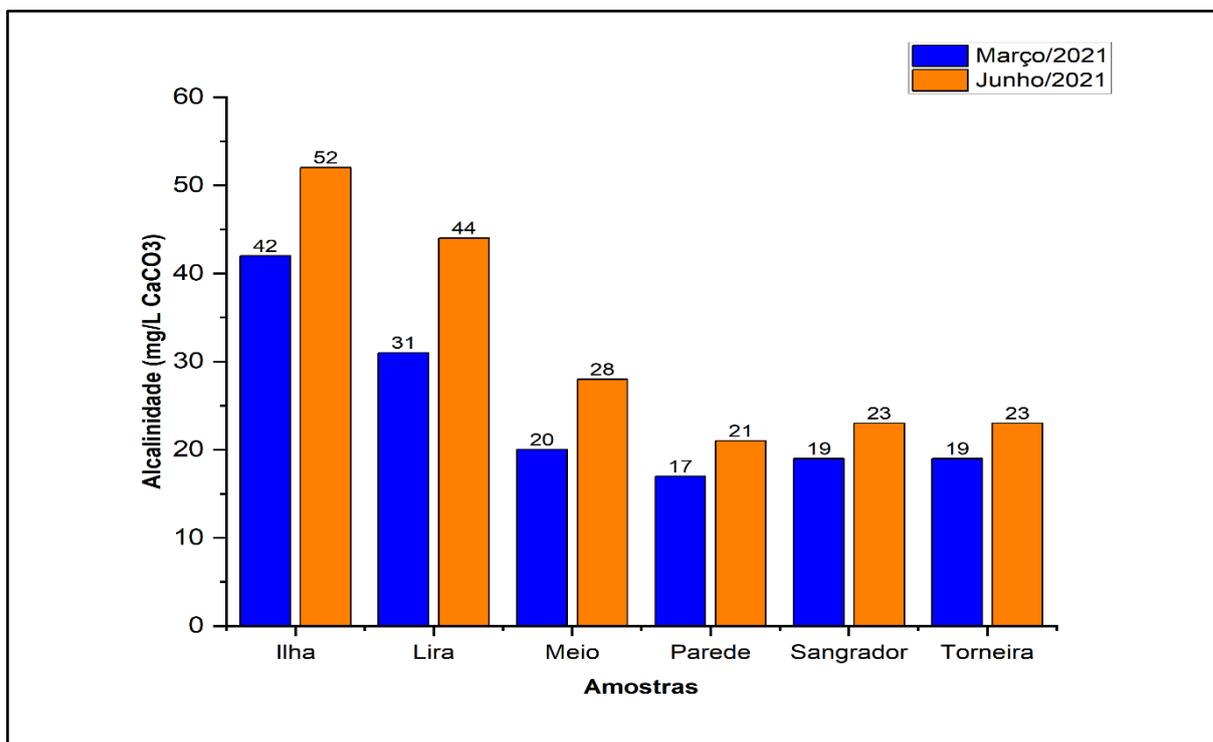
A partir dos dados descritos na tabela 7, pode-se observar que as concentrações de alcalinidade para as amostras são baixas.

Comparando-se as concentrações para as amostras de pontos iguais, obtidas a partir de titulações com NaOH, nota-se que, para a maioria, não houve grandes variações de valores. Entretanto, as amostras Ilha e Lira demonstraram maiores diferenças de concentração, de modo que, para a amostra Ilha, coletada em março o valor foi de (42 ± 6) mg.L⁻¹ e (52 ± 11) mg.L⁻¹ para a coletada em junho. Já para as amostras Lira, os valores foram: (31 ± 5) mg.L⁻¹ para a que foi colhida em março, e (44 ± 12) mg.L⁻¹ para a colhida em junho.

Visto que as alcalinidades das águas estudadas são baixas – algo de se esperar, uma vez que, as medidas de pH (na faixa de 5,62 a 7,21) apresentadas neste trabalho indicam que as águas do açude Bruscas, em sua maioria, têm um caráter ácido –, portanto, estão dentro do limite aceitável de 250 mg.L⁻¹ de CaCO₃, indicado pela FIESP, em alcalinidade de bicarbonatos para água potável.

O gráfico 10 apresenta comparações entre as medidas de alcalinidade, obtidas por meio de titulação com NaOH, para as amostras coletadas nos dois períodos.

Gráfico 10 – Comparação entre os valores de alcalinidade medidos, por titulação com NaOH, para amostras coletadas em março e junho de 2021



Fonte: Dados da pesquisa (2021).

5.4 Caracterização do parâmetro: Cloretos

O cloreto não é tóxico ao ser humano; no entanto, sua presença em altas concentrações em águas para o consumo pode atribuir um sabor, salobro, desagradável à estas. Assim sendo, este (cloreto) constitui um parâmetro de potabilidade, possuindo quantidade máxima aceitável definida (CETESB, 2019).

De acordo com Sousa et al. (2017), a análise de cloretos objetiva identificar o grau de mineralização da água a ser utilizada, e ainda, se esta encontra-se poluída. Águas com concentrações de cloretos muito elevadas além de terem o sabor alterado, são causadoras do aumento da corrosividade em tubulações.

Portanto, para que as águas utilizadas para o consumo humano não apresentem sabor desagradável, o MS estabelece um valor máximo permitido, em águas para o consumo humano de 250 mg.L⁻¹. (BRASIL, 2017).

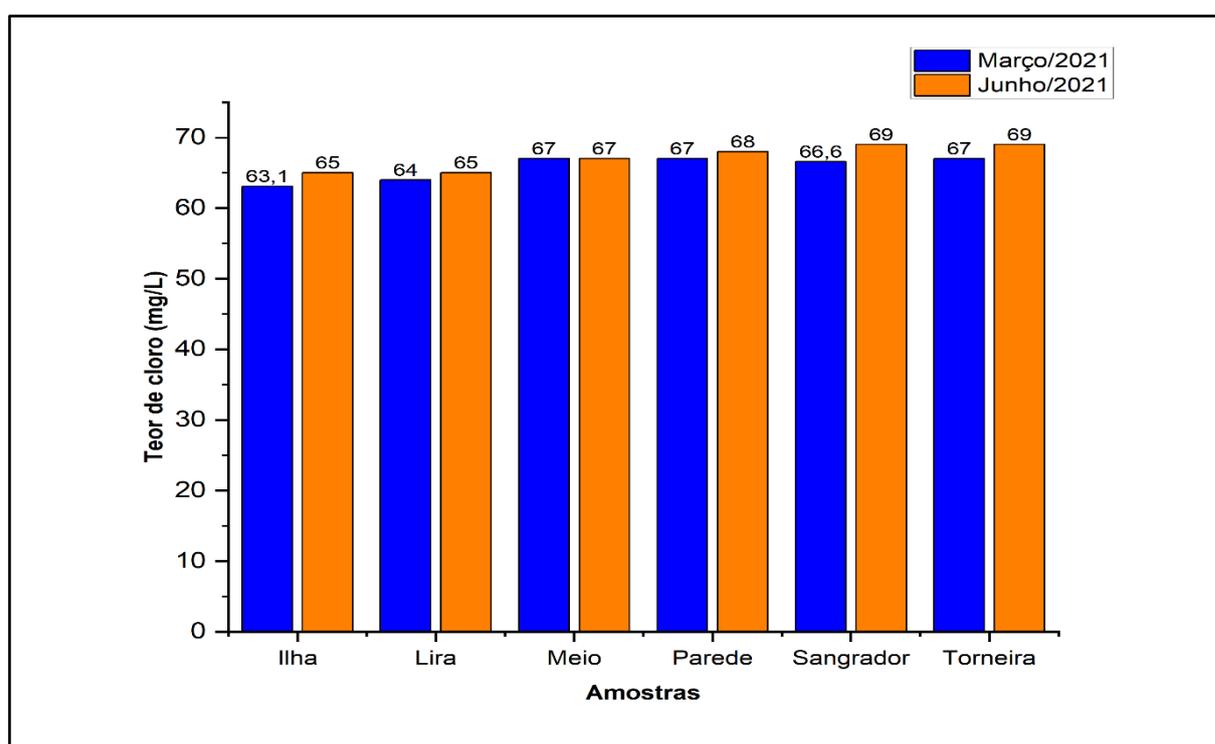
A tabela 8 e o gráfico 11 apresentam, respectivamente, o teor de cloro para as amostras de água, e uma comparação entre as concentrações obtidas.

Tabela 8 – Medidas de Cloretos com 95% de confiança para as amostras coletadas em março e junho de 2021

Amostras	Teor de Cloro (mg.L ⁻¹) em março	Teor de Cloro (mg.L ⁻¹) em junho
Máximo permitido pelo MS	250	
I (Ilha)	63,1 ± 0,7	65 ± 3
II (Lira)	64 ± 2	65 ± 3
III (Meio)	67 ± 3	67 ± 2
IV (Parede)	67 ± 7	68 ± 3
V (Sangrador)	66,6 ± 0,7	69 ± 2
VI (Torneira)	67 ± 3	69 ± 2

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Gráfico 11 – Comparação entre os teores de cloro apresentados pelas amostras em março e junho de 2021



Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Conforme observado na tabela e gráfico anteriores, as concentrações para o parâmetro cloretos são baixas nas amostras coletadas em ambos os períodos. Os maiores valores observados são: 67 mg.L⁻¹ (entre as coletadas em março) e 69 mg.L⁻¹ (entre as coletadas em junho).

Tais valores (abaixo de 100 mg.L⁻¹), são mais normais em águas subterrâneas do que em águas superficiais, a exemplo de açudes e lagos (LIMA *et al.*, 2015). Conforme apresentado por Silva, Santos e Velardez (2020) as águas provenientes do açude Bruscas em 2019 apresentaram um maior teor de cloro; nas quais o menor valor foi de 298 mg.L⁻¹, e o maior, de 686 mg.L⁻¹.

Portanto, fica evidente que, entre os anos de 2019 e 2021, as águas do açude Bruscas sofreram uma grande diminuição nas concentrações de cloretos. Adicionalmente, todas as amostras que em 2019 estavam com concentrações de cloretos superiores ao valor máximo de 250 mg.L⁻¹, estabelecido pelo MS como padrão de potabilidade, em 2021 (período de coletas realizadas para este presente trabalho), todas as amostras apresentaram teor de cloro inferiores ao valor máximo referido.

De acordo com Fernandes *et al.* (2005) e Loiola *et al.* (2012), em regiões áridas, normalmente, a salinidade da água está diretamente relacionada às concentrações de cloretos. Levando em consideração tal afirmação, pode-se, aqui, estabelecer uma relação entre a condutividade elétrica e o teor de cloro apresentados neste, e em outros trabalhos.

Conforme já apresentado anteriormente, os valores de CE diminuíram de um período (março) de coleta para o outro (junho), devido ao aumento do volume de água no açude; algo que ficou mais evidente quando comparado com os valores obtidos por Silva, Santos e Velardez (2020) e Nóbrega (2017), em seus trabalhos sobre as águas do açude Bruscas.

Portanto, considerando uma relação direta entre CE e o teor de cloro, o aumento do volume de água no reservatório interfere, também, na concentração de cloretos; de forma que, se o volume diminui, devido à evaporação, a concentração de íons cloretos aumentam, juntamente com a concentração salina; e, se o volume aumenta, devido às chuvas, as concentrações salinas e de cloretos diminuem (FERNANDES *et al.*, 2005).

5.5 Determinação das concentrações de Sódio e Potássio

O sódio e o potássio são metais alcalinos muito importantes para a manutenção do funcionamento do organismo humano. No entanto, o sódio quando ingerido em quantidades muito elevadas, pode oferecer certos riscos relacionados à hipertensão; em contrapartida, o potássio possui efeito anti-hipertensivo (AQUINO, 2011).

A Organização Mundial de Saúde estabelece as quantidades máximas de sódio (Na^+) e potássio (K^+) que podem ser ingeridas diariamente. Para o Na^+ o valor máximo é de 2 g/dia, enquanto para o K^+ não é estabelecido valor máximo, e sim, uma quantidade mínima de 3,5 mg/dia (NASCIMENTO *et al.*, 2017).

Em águas para o consumo humano o MS estabelece o valor máximo permitido de 200 mg.L^{-1} para o Na^+ , enquanto que, para o K^+ não é indicado um valor máximo (BRASIL, 2011; BRASIL, 2017).

5.5.1 Sódio (Na^+)

A tabela 9 apresenta as concentrações de sódio nas amostras de água coletadas nos diferentes períodos.

Tabela 9 – Medidas das concentrações de Sódio (Na^+) para as amostras coletadas em março e junho de 2021

Amostras	Na^+ (mg.L^{-1}) (março)	Na^+ (mg.L^{-1}) (junho)
Máximo permitido pelo MS	200	
I (Ilha)	58 ± 3	88 ± 2
II (Lira)	58 ± 1	101 ± 5
III (Meio)	83 ± 2	63 ± 2
IV (Parede)	128 ± 3	120 ± 3
V (Sangrador)	$87,2 \pm 0,6$	62 ± 2
VI (Torneira)	107 ± 6	100 ± 2

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

As concentrações de sódio para amostras iguais, coletadas em períodos distintos, variam bastante. No entanto, a maioria (i.e., quatro amostras) referentes ao mês de junho apresentaram valores menores, se comparados aos obtidos para as amostras coletadas em março.

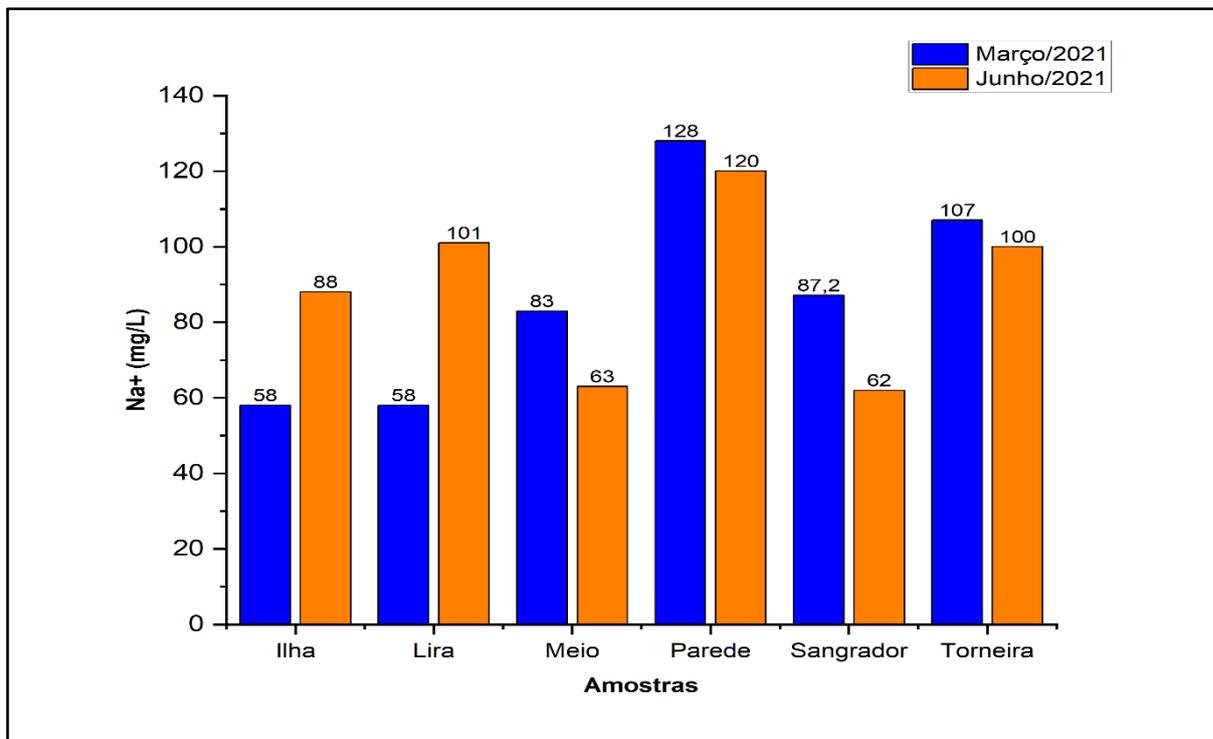
As amostras que apresentaram maiores concentrações de sódio foram: Parede (128 ± 3) mg.L⁻¹ e Parede (120 ± 3) mg.L⁻¹, referentes aos meses de março e junho, respectivamente. As que apresentaram menores concentrações foram: Ilha (58 ± 3) mg.L⁻¹ e Sangrador (62 ± 2) mg.L⁻¹, referentes aos períodos de coletas em março e junho, respectivamente.

As variações nos valores descritos na tabela 9 e no gráfico 12 estão associados ao acúmulo de água no açude; visto que, no mês de junho o volume foi superior ao apresentado em março. Nesse sentido, Eloi *et al.* (2014) afirma que, o aumento e/ou diminuição no volume de água de um reservatório influencia no teor salino, não apenas quantitativamente, mas também, qualitativamente; de forma que, com a diminuição no acúmulo de água a concentração salina e o sabor salobro aumentam. Entretanto, o aumento da quantidade de água acumulada causa diminuição na concentração e no sabor.

Os valores de concentrações de Na⁺ nas amostras coletadas nos meses de março e junho estão dentro do valor máximo permitido de 200 mg.L⁻¹, estabelecido pelo MS, em água potável. Portanto, em relação a este parâmetro, as águas do açude Bruscas encontram-se em boas condições.

O gráfico 12 apresenta uma comparação entre as concentrações obtidas.

Gráfico 12 – Comparação entre as concentrações de sódio (Na^+) medidas para as amostras coletadas em março e junho de 2021



Fonte: Dados da pesquisa (2021).

5.5.2 Potássio (K^+)

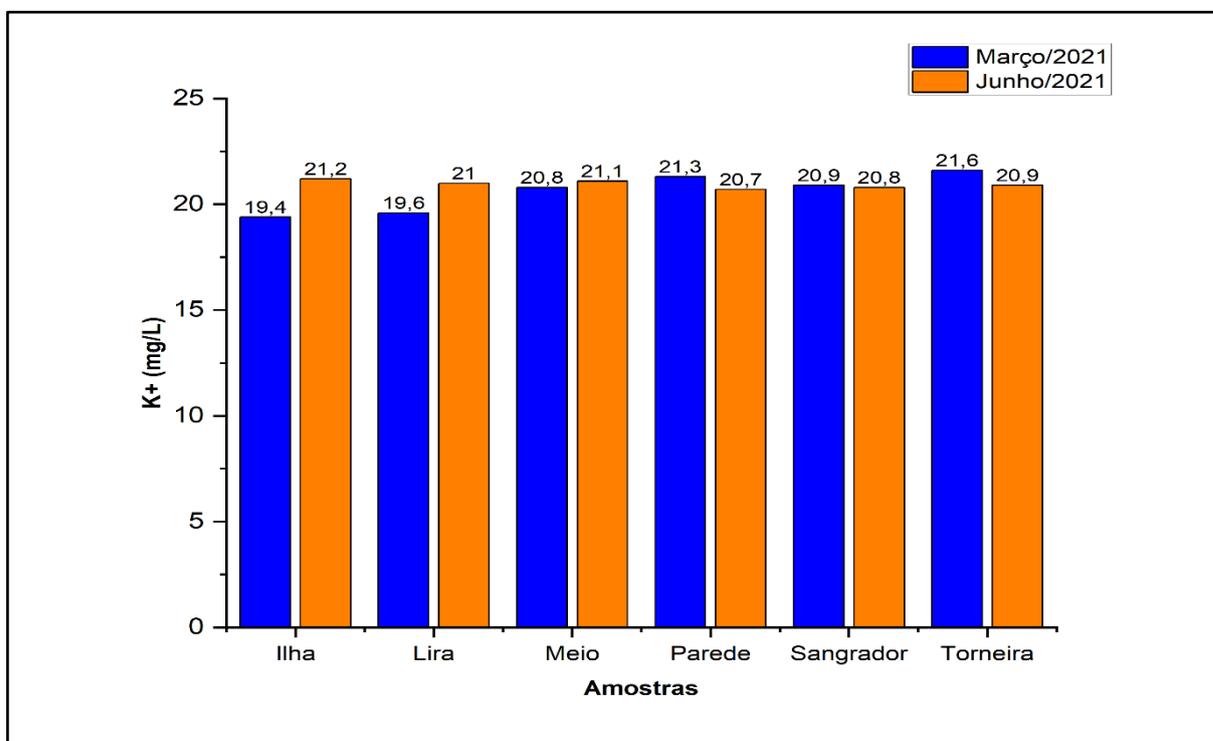
A tabela 10 e o gráfico 13 apresentam, respectivamente, as concentrações de potássio nas amostras de água coletadas nos diferentes períodos, e uma comparação entre as concentrações obtidas.

Tabela 10 – Medidas das concentrações de Potássio (K^+) para as amostras coletadas em março e junho de 2021

Amostras	K^+ ($mg.L^{-1}$) (março)	K^+ ($mg.L^{-1}$) (junho)
Máximo permitido pelo MS	Não informado	
I (Ilha)	19,4 ± 0,5	21,2 ± 0,2
II (Lira)	19,6 ± 0,2	21,0 ± 0,4
III (Meio)	20,8 ± 0,4	21,1 ± 0,6
IV (Parede)	21,3 ± 0,4	20,7 ± 0,4
V (Sangrador)	20,9 ± 0,4	20,8 ± 0,8
VI (Torneira)	21,6 ± 0,8	20,9 ± 0,3

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Gráfico 13 – Comparação entre as concentrações de potássio (K^+) medidas para as amostras coletadas em março e junho de 2021



Fonte: Dados da pesquisa (2021).

As concentrações de potássio descritas na tabela 10 e gráfico 13 não apresentam variações muito significativas. Para todas as amostras analisadas foi

obtido valores baixos, entre os quais, o maior é $(21,6 \pm 0,8)$ mg.L⁻¹, referente a amostra Torneira (coletada em março).

Em seu trabalho, Silva, Santos e Velardez (2020) obtiveram valores para as concentrações de K⁺ entre 15,5 e 17 mg.L⁻¹, em amostras de águas advindas do açude Bruscas. Tais valorações são bem próximas às concentrações apresentadas neste trabalho.

As baixas concentrações de K⁺ em águas de reservatórios, normalmente, deve-se ao fato do K⁺ ser assimilado rapidamente pelas plantas e incorporado em argilas (PARRON; MUNIZ; PEREIRA, 2011).

Embora o MS não imponha um valor máximo para concentrações de K⁺ em águas para o consumo humano, é importante não ingerir, regularmente, concentrações muito exacerbadas desse cátion. No entanto, é necessário que seja ingerido pelo menos a quantidade mínima de 3,5 mg/dia, recomendado pela OMS, devido aos benefícios que o potássio oferece contra a hipertensão (NASCIMENTO *et al.*, 2017).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao iniciar o trabalho de pesquisa, verificou-se a necessidade de realizar uma caracterização dos parâmetros físico-químicos das águas do açude Bruscas, localizado no município de Curral Velho – PB, uma vez que na cidade não há controle de qualidade de água visando determinar se tais águas estariam em conformidade com os Valores Máximos Permitidos (VMP) estabelecido pelo Ministério da Saúde por meio da Portaria n.º 5/2017. Para isso, foram realizadas medições dos parâmetros (pH, condutividade elétrica, alcalinidade, dureza, turbidez, cloretos e sódio e potássio), por meio das quais verificou-se que, com relação a dureza, sódio e potássio, condutividade elétrica e cloretos, todas as amostras analisadas estavam dentro dos VMP pelo Ministério da Saúde.

Entretanto, para o parâmetro pH, as amostras Ilha, Lira, Meio e Parede, coletadas em junho, apresentaram valores não compreendidos dentro do padrão estabelecido pelo MS, que é especificado na faixa de 6,0 a 9,5. Com relação à turbidez, a amostra Parede, coletada em março, ultrapassou o valor máximo de 5 NTU.

Com base nesses dados foi possível determinar que tais águas não se encontravam aptas para o consumo humano; e, portanto, não deveriam ser utilizadas para o abastecimento da população curral-velhense.

Cabe, ainda, enfatizar a importância e necessidade de serem realizadas análises das águas do açude Bruscas com mais frequência, uma vez que os resultados obtidos para algumas amostras variaram bastante em relação aos dois períodos de coleta (março e junho), em decorrência, principalmente, da estiagem e das fortes chuvas entre os períodos. Apesar da diferença entre os volumes dos dois períodos não ser muito grande, a diferença de precipitações é significativa, e acaba afetando os parâmetros.

Além disso, nota-se, também, a necessidade de analisar outros cátions – a exemplo de metais pesados com ferro e mercúrio que, quando acima do VMP, são danosos à saúde (WANDERMUREM, 2016) –, uma vez que, segundo alguns moradores da cidade, algumas terras nas proximidades do açude são ricas em ferro; e que, também, no passado já houve atividades de garimpo (nas quais se utiliza o mercúrio) em uma área próxima, por onde as águas das chuvas percorrem até chegarem ao açude Bruscas.

REFERÊNCIAS

ABDALLA, Kênia Victória Pereira *et al.* AVALIAÇÃO DA DUREZA E DAS CONCENTRAÇÕES DE CÁLCIO E MAGNÉSIO EM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA ZONA URBANA E RURAL DO MUNICÍPIO DE ROSÁRIO-MA. In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e Encontro Nacional de Perfuradores de Poços. **Águas Subterrâneas**. São Luís: Abas, 2010. p. 1-11. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22915>. Acesso em: 19 ago. 2021.

AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas. **Últimos volumes informados dos açudes**. AESA/UFCEG-LSI, 2021. Disponível em: [Últimos Volumes Informados dos Açudes – AESA](#). Acesso em: 26 jun. 2021.

AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas. **Meteorologia – Chuvas**. AESA/UFCEG-LSI, 2021. Disponível em: [Meteorologia – Chuvas – AESA](#). Acesso em 04 ago. 2021.

ALMEIDA, Ítala Farias. **Avaliação da qualidade de águas de abastecimento urbano de Juazeirinho-Pb: Águas Superficiais**. Dissertação. Curso de Ciência e Tecnologia Ambiental. Campina Grande, 2017.

Agência Nacional de Águas (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017**: relatório pleno. Brasília: ANA, 2017. www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conj2017_rel-1.pdf

Agência Nacional de Águas (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2018**: informe anual. Brasília: ANA, 2018. Disponível em: [Conjuntura2018 Introducao.9eec1927.pdf \(ana.gov.br\)](#). Acesso em: 20 jun. 2021.

Agência Nacional de Águas (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2019**: informe anual. Brasília: ANA, 2019. [Introducao.79d0b083.pdf \(ana.gov.br\)](#)

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2020**: informe anual. Brasília: ANA, 2020. Disponível em: [Conjuntura \(ana.gov.br\)](#). Acesso em: 23 jun. 2021.

Agência Nacional das Águas (Brasil). **Portal da qualidade das águas**. ANA, 2018. Disponível em: [Portal da Qualidade das Águas \(ana.gov.br\)](#). Acesso em: 20 jun. 2021.

APHA – AWWA – WEF. American Public Health Association; American Water Work Association; Water Environment Federation. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Public Health Assn: Washington, 2017.

AQUINO, Celina. **Água mineral pode ser prejudicial a hipertensos**. Estado de Minas, 2011. Disponível em: [Água mineral pode ser prejudicial a hipertensos - Tecnologia - Estado de Minas](#). Acesso em: 30 ago. 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria de Consolidação Nº 5/2017, 28/09/2017**. Brasília, DF, 2017. <https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2018/marco/29/PRC-5-Portaria-de-Consolida----o-n---5--de-28-de-setembro-de-2017.pdf>

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 14 dez. 2011. Seção 1, p. 39-46. 2011

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília: MS, 2006. (Série B. Textos Básicos de Saúde). [untitled \(saude.gov.br\)](#)

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. **Qualidade da água para consumo humano**: cartilha para promoção e proteção da saúde. Brasília: MS, 2018. Disponível em: [qualidade água consumo humano cartilha promocao.pdf \(saude.gov.br\)](#). Acesso em: 05 jun. 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. **Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021 (*)**. Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021--321540185>. Acesso em: 12 jun. 2021.

CARVALHO, Filipe Araújo de; FIGUEIREDO, Adriana de Carvalho; OLIVEIRA, Cristiane Ayala de. Qualidade da água mineral comercializadas em vários municípios brasileiros. **Revista Semiárido De Visu**, v. 4, n. 1, p. 32-40, 2016.

CASTRO, R. A. *et al.* DEGRADAÇÃO DO SOLO E INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DA ÁGUA: O CASO DA EROÇÃO URBANA DO BAIRRO JACU NA CIDADE DE AÇAILÂNDIA – MA. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA/REGIONAL CONFERENCE ON GEOMORPHOLOGY, 6., 2006, Goiânia. **Anais do VI SINAGEO/RCG**. Goiânia: Ufg, 2006. p. 1-8. Disponível em: <http://www.lsie.unb.br/ugb/sinageo/6/4/171.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2021.

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos - CGEE. **A Questão da Água no Nordeste**. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, Agência Nacional de Águas. Brasília, DF, 2012. Disponível em: [capa frente.pdf \(cgee.org.br\)](#). Acesso em: 28 maio 2021.

CETESB. **Apêndice E (Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de**

amostragem). São Paulo: CETESB, 2019. Disponível em: [Publicações e Relatórios | Águas Interiores \(cetesb.sp.gov.br\)](http://publicacoes.cetesb.sp.gov.br/). Acesso em: 25 jun. 2021.

COELHO, Silvio Carlos *et al.* Monitoramento da água de poços como estratégia de avaliação sanitária em Comunidade Rural na Cidade de São Luís, MA, Brasil. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, [S.L.], v. 12, n. 1, p. 156-167, 1 jan. 2017. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrográficas (IPABHi). <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1962>.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, Seção 1, p. 58-63. 2005. Disponível em: [MMA - Ministério do Meio Ambiente \(central3.to.gov.br\)](http://www.mma.gov.br/central3.to.gov.br). Acesso em: 28 maio 2021

DEL LAB. Delfini Indústria Comércio LTDA. Catálogo do turbidímetro microprocessado digital modelo DLT-WV. Araraquara/SP. Disponível em: [Araraquara .\(dellab.com.br\)](http://www.dellab.com.br). Acesso em: 21 jun. 2021.

EBERLIN, Marcos Nogueira. **Antevidência**: a química da vida revelando planejamento e propósito. São Paulo: Editora Mackenzie, 2020.

ELOI, Waleska Martins *et al.* Sazonalidade na qualidade da água de irrigação em açudes da bacia do rio Acaraú, Ceará. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, [S.L.], v. 8, n. 3, p. 247-255, 5 maio 2014. INOVAGRI. <http://dx.doi.org/10.7127/rbai.v8n300197>.

ESTEVAM, Marcelo; SILVA, Adriano Willian da; SILVA, Frederico Fonseca da. Análise física da água de entrada no sistema agroindustrial de curtume em Maringá-Paraná. **Ciência e Natura**, [S.L.], v. 41, n. 16, p. 1-9, 16 jul. 2019. Universidade Federal de Santa Maria. <http://dx.doi.org/10.5902/2179460x36610>.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Water for Sustainable Food and Agriculture**: A report produced for the G20 Presidency of Germany. Rome, 2017. Disponível em: [i7959e.pdf \(fao.org\)](https://www.fao.org/3/i7959e.pdf). Acesso em: 26 jun. 2021.

FAO. Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. **Agricultura Irrigada Sustentável no Brasil**: Identificação de Áreas Prioritárias. Brasília, 2017. Disponível em: [Agricultura irrigada sustentável no Brasil: identificação de áreas prioritárias \(fao.org\)](https://www.fao.org/3/i7959e.pdf). Acesso em: 27 jun. 2021.

FEITOSA, Edinilza Maria Anastácio; BARBOSA, Francisco Geraldo; FORTE, Cristiane Maria Sampaio. **Química geral I**. 3. ed. Fortaleza: EdUECE, 2016. 133 p.

FERNANDES, Maria Aparecida Belém *et al.* A ORIGEM DOS CLORETOS NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA CHAPADA DO APODI - CEARÁ. **Águas Subterrâneas**, [S.L.], v. 19, n. 1, p. 25-34, 27 set. 2005. Lepidus Tecnologia. <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v19i1.1349>.

FERREIRA, Paloma Mara de Lima *et al.* Qualidade físico-química da água para irrigação do Rio Piancó Piranhas Açu na cidade de Pombal – PB. **Revista Verde**, Pombal, v. 9, n. 3, p. 78-83, set. 2014. Disponível em: <http://oaji.net/articles/2015/2238-1445878726.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2021.

FIESP. Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. **Orientações para utilização de águas subterrâneas no estado de São Paulo**. Disponível em: [Layout 1 \(abas.org\)](#). Acesso em: 25 ago. 2021.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. **Caderno didático técnico para curso de gestão de sistemas de abastecimento de água em áreas rurais do Brasil**. Brasília: Funasa, 2020. [7d1db27c-6286-4589-b75a-0cfb8f7c16b6 \(funasa.gov.br\)](#)

FUNASA. 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. Disponível em: [85bbdcbc-8cd2-4157-940b-90b5c5bcfc87 \(funasa.gov.br\)](#). Acesso em: 23 jun. 2021.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. Brasília: 4ª ed. 2013. Disponível em: [manual pratico de analise de agua 2.pdf \(funasa.gov.br\)](#). Acesso em 28 jun. 2021.

GONTIJO, Geraldo Magela *et al.* **Uso conservativo da água na agricultura irrigada**. 2. ed. Brasília, DF: Emater-DF, 2019. 50 p.; il.

GOOGLE MAPS. **Açude Bruscas, Curral Velho - PB**. Google Maps, 2021. Disponível em: [Açude Bruscas - Google Maps](#). Acesso em: 04 jul. 2021.

GRAEBIN, Jênifer Thaís *et al.* **Avaliação da eficiência de métodos comerciais para a redução da dureza da água e desenvolvimento de método instrumental para a determinação da dureza total da água**. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, 8., 2019, Bento Gonçalves. **8º SICT**. Bento Gonçalves: Sict Res, 2019. Disponível em: https://eventos.ifrs.edu.br/index.php/Salao_IFRS/4salao/paper/viewFile/7816/3657. Acesso em: 30 jun. 2021.

IAS. Instituto Água e Saneamento. Municípios e saneamento. São Paulo - SP, 2020. Disponível em: [O saneamento em CURRAL VELHO | PB | Municípios e Saneamento | Instituto Água e Saneamento \(aguaesaneamento.org.br\)](#). Acesso em: 08 jul. 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Curral Velho**. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pb/curral-velho.html>. Acesso em: 26 jun. 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Curral Velho**. 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/curral-velho/panorama>. Acesso em: 08 set. 2021.

INSA. Instituto Nacional do Semiárido. **População do Semiárido estimada para 2014**. INSA, 2015.

KOSLOSKI, Vania Regina *et al.* **Determinação do método de dureza total em água**. Banas Qualidade, [S.L.], p. 100-103, maio 2015. Disponível em: http://resag.org.br/downloads/metodo_dureza_total.pdf. Acesso em: 20 ago. 2021.

LEONETI, Alexandre Bevilacqua. **Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI**. Rio de Janeiro: Rap, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rap/a/KCkSKLRdQVCm5CwJLY5s9DS/?format=pdf>. Acesso em: 13 mar. 2021.

LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. 4. ed. Campinas: Átomo, 2016.

LIBÂNIO, Macedo. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. 3. ed. Campinas: Átomo, 2010.

LIMA, Yuri Farias *et al.* ANÁLISE DE CLORETO NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO INSTITUTO FEDERAL CATARINENSE - CAMPUS CAMBORIÚ. In: Mostra Nacional de Iniciação Científica e Tecnológica Interdisciplinar, 8., 2015, Santa Rosa do Sul. **Anais do VIII MICTI**. Santa Rosa do Sul: Ifc, 2015. Disponível em: [Microsoft Word - Cloreto expandido H \(ifc.edu.br\)](#). Acesso em: 30 ago. 2021.

LÖBLER, Carlos Alberto; BORBA, Willian Fernando de; SILVA, José Luiz Silvério da. RELAÇÃO ENTRE A PLUVIOMETRIA E A CONDUTIVIDADE ELÉTRICA EM ZONA DE AFLORAMENTO DO SISTEMA AQUÍFERO GUARANI. **Ciência e Natura**, [S.L.], v. 37, n. 3, p. 115-121, 26 set. 2015. Universidade Federal de Santa Maria. <http://dx.doi.org/10.5902/2179460x15833>.

LOIOLA, Helena Gomes *et al.* Influência dos íons cloreto na qualidade das águas subterrâneas de Crateús-CE. In: Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação, 7., 2012, Palmas. **Anais do VII CONNEPI**. Palmas: Ifto, 2012. p. 1-7. Disponível em: <https://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/viewFile/272/1430>. Acesso em: 30 ago. 2021.

LORDELO, Lidiane Mendes Kruschewsky; PORSANI, José Milton; BORJA, Patrícia Campos. 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, 26 fev. 2018. Lepidus Tecnologia. <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v32i1.28896>. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28896>. Acesso em: 26 jun. 2021.

LUÍZ, Ângela Marli Ewerling; PINTO, Maria Ligia Cassol; SCHEFFER, Elizabeth Weinhardt de Oliveira. PARÂMETROS DE COR E TURBIDEZ COMO INDICADORES DE IMPACTOS RESULTANTES DO USO DO SOLO, NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TAQUARAL, SÃO MATEUS DO SUL-PR. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, [S.L.], v. 24, p. 290-310, 28 mar. 2012. Universidade Federal do Paraná. <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v24i0.26264>.

MEDEIROS FILHO, Carlos Fernandes de. **Abastecimento de Água**. Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Campina Grande – PB, 2009. Disponível em: [Abastecimento de água \(slideshare.net\)](http://www.slideshare.net/abastecimento-de-agua). Acesso em: 04 jul. 2021.

MENDONÇA, Jean Karlo Acosta; FLORES, Jéssica Soares. Desenvolvimento de uma metodologia simples para determinação da dureza da água. **ScientiaTec**, Porto Alegre, v. 4, n. 1, p. 133-142, jun. 2017.

MENEZES, José Carlos; MACHADO, Cristyano Ayres; NASCIMENTO, Robério Oliveira. **Uma análise científica da água**. V Colóquio Internacional “Educação e contemporaneidade”. São Cristóvão, 2011.

MS TECNOPON. Instrumentação Científica. **Manual de instruções de medidor de condutividade de bancada, medidor de condutividade portátil (microprocessados). mCA-150/mCA-150P, mCA 100**. Piracicaba/SP. Disponível em: tecnopon.com.br. Acesso em: 19 jun. 2021.

NASCIMENTO, Revenli Fernanda do *et al.* Determinação dos teores de sódio e potássio em refeições servidas em um restaurante universitário da região sul do Brasil. **Brazilian Journal Of Food Technology**. Campinas, p. 1-7. abr. 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjft/a/HDMszLFKwfCPRxDvrxCCxbr/?format=pdf>. Acesso em: 30 ago. 2021.

NÓBREGA, Laércia Jamilly Duarte Diniz. **Popularização da Ciência no Contexto da Educação Ambiental: Uma experiência no Município de Curral Velho**. 2017. 96 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional em Formação de Professores, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2018. Cap. 6. Disponível em: [Dissertacao-Laercia.pdf \(uepb.edu.br\)](http://uepb.edu.br/dissertacao-Laercia.pdf). Acesso em: 12 jul. 2021.

NOGUEIRA-DE-ALMEIDA, Carlos; RIBAS FILHO, Durval. Potencial hidrogeniônico da água e sua influência no organismo humano: um artigo de revisão. **International Journal Of Nutrology**, [S.L.], v. 11, n. 01, p. 16-23, set. 2018. Georg Thieme Verlag KG. <http://dx.doi.org/10.1055/s-0038-1670718>.

OCDE. Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. **Governança dos Recursos Hídricos no Brasil**. Paris, 2015. Disponível em: [Governança dos Recursos Hídricos no Brasil | READ online \(oecd-ilibrary.org\)](#). Acesso em: 27 jun. 2021.

OECD. Organisation for Economic Co-operation and Development. **Water Resources Governance in Brazil**. Paris: OECD, 2015. Disponível em: [Water Resources Governance in Brazil | READ online \(oecd-ilibrary.org\)](#). Acesso em: 11 jun. 2021.

OLIVEIRA, Sandra Eleonora Rodrigues de. **Água**: um recurso hídrico natural muito desperdiçado. 2011. Disponível em: <https://www.webartigos.com/artigos/agua-um-recurso-hidrico-natural-muito-desperdicado/68901/> . Acesso em: 25 maio 2021.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. 2018. Disponível em: [Objetivos de Desenvolvimento Sustentável | As Nações Unidas no Brasil](#). Acesso em: 07 jun. 2021.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos**. Água para um mundo sustentável. Relatório Executivo, 2015. Disponível em: [WWDR2015ExecutiveSummary POR web.pdf \(unesco.org\)](#). Acesso em: 12 jun. 2021.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Suplemento Fórum Mundial da Água**. Nações Unidas. FAO, Março de 2018.

PÁDUA, H.B de **Água - Parte II**. 2010. Artigo em Hypertexto. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2010_2/agua2/index.htm. Acesso em: 29/8/2021

PARRON, Lucilia Maria; MUNIZ, Daphne Heloisa de Freitas; PEREIRA, Claudia Mara. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água**. Embrapa Florestas: Colombo, 2011.

PHTEK. pHmetro de bancada microprocessado PHS-3B. Curitiba-PR. Detalhes técnicos em: http://www.microtechnicalab.com.br/produtos_phmetro.php. Acesso em: 19 jun. 2021.

QUEIROZ, Tadeu Miranda de; OLIVEIRA, Lizandra Carla Pereira de. Qualidade da água em comunidades quilombolas do Vão Grande, município de Barra do Bugres

(MT). **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S.L.], v. 23, n. 1, p. 173-180, fev. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522018166375>.

QUIMIS. Aparelhos científico LDTA. **Manual de Instruções do fotômetro de chama. Q498M**. Diadema/SP. 2011.

ROCHA, Paulo Sergio Gonçalves. **Análise da influência da turbidez em resultados de amostra de água subterrânea**. São Paulo, 2019. Disponível em: [Paulo-Sergio-Goncalves-Rocha-TCC-T2.pdf \(cetesb.sp.gov.br\)](http://Paulo-Sergio-Goncalves-Rocha-TCC-T2.pdf(cetesb.sp.gov.br)). Acesso em: 23 jun. 2021.

ROSA, Alexsandra Matilde Resende; GUARDA, Vera Lúcia de Miranda. **Gestão de recursos hídricos no Brasil: Um histórico**. Caxias do Sul: Direito Ambiental e Sociedade, v. 9, n. 2, 2019. Semestral.

SANTOS, Évany Silva dos; SILVA, Cicero Romerio Pereira da; VELARDEZ, Gustavo Fabián. IDENTIFICAÇÃO DE CÁTIOS E ÂNIOS DO AÇUDE BRUSCAS DO MUNICÍPIO DE CURRAL VELHO – PARAÍBA. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE MEIO AMBIENTE E CONGRESSO INTERNACIONAL DA DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO SOCIEDADE, 13., 2019, Campina Grande. **Anais do I CONIMAS e III CONIDS**. Campina Grande: Realize Eventos, 2019. Disponível em: https://editorarealize.com.br/editora/anais/conimas-e-conidis/2019/TRABALHO_EV133_MD4_SA39_ID731_18092019221502.pdf. Acesso em: 27 jul. 2021.

SATELLITES.PRO. Mapas online de países do mundo. 2021. Disponível em: [Brazil \(satellites.pro\)](http://Brazil(satellites.pro)). Acesso em 20 ago. 2021.

SENA, M.G.T. *et al.* VARIABILIDADE DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E DO pH NAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA REGIÃO SEMIÁRIDA. In: III INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, 3., 2015, Fortaleza, Ceará, Brasil. **Anais do III Inovagri International Meeting - 2015**. Fortaleza, Ceará, Brasil: Inovagri/Inct-Ei, 2015. p. 3664-3673. Disponível em: [VARIABILIDADE-DA-CONDUTIVIDADE-ELETRICA-E-DO-pH-NAS-AGUAS-SUPERFICIAIS-DA-REGIAO-SEMIARIDA.pdf \(researchgate.net\)](http://VARIABILIDADE-DA-CONDUTIVIDADE-ELETRICA-E-DO-pH-NAS-AGUAS-SUPERFICIAIS-DA-REGIAO-SEMIARIDA.pdf(researchgate.net)). Acesso em: 04 jul. 2021.

SHARMA, Harshit; SAXENA, Richa. **An Approach towards the Determination of Alkalinity in Water, Its Experimental Consideration & Comparison with Traditional Method: An Overview**. IRA-International Journal of Applied Sciences (ISSN 2455-4499), 5(3), 122-128. 2016. doi:<http://dx.doi.org/10.21013/jas.v5.n3.p3>

SILVA, André Carlos *et al.* GOVERNANÇA DA ÁGUA NO BRASIL: uma contribuição bibliométrica. **Holos**, [S.L.], v. 8, p. 147-155, 9 maio 2017. Instituto Federal de Educacao, Ciencia e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN). <http://dx.doi.org/10.15628/holos.2016.4814>.

SILVA, Cícero Romério Pereira da; SANTOS, Évany Silva dos; VELARDEZ, Gustavo Fabián. DETERMINAÇÃO DE CÁTIOS E ÂNIOS EM AMOSTRAS DE ÁGUA DO AÇUDE BRUSCAS DO MUNICÍPIO DE CURRAL VELHO - PB. **Educação, Ciência e Saúde**, [S.L.], v. 7, n. 2, p. 19-30, 30 dez. 2020. Biblioteca do Centro de Educacao e Saude (CES). <http://dx.doi.org/10.20438/ecs.v7i2.285>.

SKOOG; WEST; HOLLER; CROUCH. **Fundamentos de Química Analítica**. Tradução da 8ª edição norte-americana. São Paulo: CENGAGE Learning, 2005.

SOLÍS-CASTRO, Yuliana; ZÚÑIGA-ZÚÑIGA, Luis Alberto; MORA-ALVARADO, Darner A. La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica. **Revista Tecnología en Marcha**, [S.L.], v. 31, n. 1, p. 35 – 46, 2018. <https://doi.org/10.18845/tm.v31i1.3495>.

SOUSA, Cynthia Raquel do Nascimento Araújo de *et al.* ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DE TRÊS PROPRIEDADES RURAIS DO MUNICÍPIO DE FLORIANO-PIAUI. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, [S.L.], v. 9, n. 2, p. 17-23, 30 jun. 2019. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável. <http://dx.doi.org/10.21206/rbas.v9i2.3877>.

SUDEMA. Superintendência de Administração do Meio Ambiente Consulta de Processos. **Volume dos Açudes**. Portal da Cidadania - Paraíba, 2021. Disponível em: <https://portaldacidadania.pb.gov.br/MeioAmbiente/SUDEMA/Aesa/VolumeReservatorios>. Acesso em: 26 jun. 2021.

TUNDISI, José Galizia; MATSUMURA-TUNDISI, Takako. **A Água**. São Carlos: Scienza, 2020.

UNESCO. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. **Soluções baseadas na natureza para a gestão da água**. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos. [S.L.]: Onu-Água, 2018. Disponível em: [Relatório mundial das Nações Unidas sobre desenvolvimento dos recursos hídricos 2018: soluções baseadas na natureza para a gestão da água, resumo executivo; 2018 \(portalods.com.br\)](https://portalods.com.br/RelatorioMundialDasNacoesUnidasSobreDesenvolvimentoDosRecursosHidricos2018:solucoesbaseadasnanaturezaparagestodaagua,resumosexecutivo;2018). Acesso em: 27 jun. 2021.

VASCONCELOS, Mickaelon Belchior; CAJAZEIRAS, Claudio Cesar de Aguiar; SOUSA, Rafael Rolim de. APLICAÇÃO DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA ÁGUA NOS ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS DA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 23., 2019, Foz do Iguaçu. **Anais do XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Foz do Iguaçu: ABRhidro, 2019. Disponível em: [aplicação da condutividade elétrica.pdf \(cprm.gov.br\)](https://cprm.gov.br/aplicacao-da-condutividade-elétrica.pdf) Acesso em: 04 jul. 2021.

VIEIRA, Priscilla Silveira de Lima; RODRIGUES, Jocielys Jovelino; RIMAR, Karina Karla Pacheco Porpino. DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

DE ÁGUAS MINERAIS COMERCIALIZADAS EM JOÃO PESSOA - PB. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM CIÊNCIAS, 4., 2019, Campina Grande. **Anais do IV CONAPESC**. Campina Grande: Editora Realize, 2019. Disponível em: <https://www.editorarealize.com.br/artigo/visualizar/56737>. Acesso em: 13 ago. 2021.

VOLTOLINI, Lisiana Crivelenti *et al.* Uso da Água em Sistemas Agroflorestais: uma Breve Revisão da Literatura. In: AGROECOL, 2., 2018, Campo Grande. **Anais do AGROECOL 2018**. Campo Grande: Cadernos de Agroecologia, 2018. p. 1-10. Disponível em: <http://cadernos.aba-agroecologia.org.br/index.php/cadernos/article/view/2374/2078>. Acesso em: 26 jun. 2021.

WANDERMUREM, Adriana Valentim. **CONTAMINAÇÃO POR METAIS PESADOS EM ÁGUA, SEDIMENTOS E PEIXES DO AÇUDE ANTAS, PARANÁ/RN**. 2016. 62 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Naturais, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – Uern, Mossoró, 2016. Disponível em: https://www.uern.br/controledepaginas/mestrado-dissertacoes-defendidas/arquivos/2212adriana_final.pdf. Acesso em: 07 set. 2021.

WATERWATCH AUSTRALIA, **Waterwatch Australia national technical manual: module 6 - groundwater monitoring**. Department of the Environment and Heritage, Canberra, ACT, 2005. Disponível em: <http://nrmonline.nrm.gov.au/catalog/mql:2875>. Acesso em: 04 jul. 2021.

World Health Organization & United Nations Children's Fund (UNICEF). (2014). **Progress on sanitation and drinking water**. Geneva: World Health Organization, 2014. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/112727>. Acesso em: 27 maio 2021.

World Health Organization (WHO), **Guidelines for drinking-water quality**. 4th ed. 2011. Disponível em: [Publicações \(who.int\)](#). Acesso em 25 jun. 2021.

World Health Organization (WHO). **Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum**. Geneva: World Health Organization, 2017. [gdwq4-with-add1-title.pdf \(who.int\)](#)

World Health Organization (WHO) and UNICEF **Joint Monitoring Programme for Water Supply, Sanitation and Hygiene (JMP)**. Geneva and New York, 2017. Disponível em: [Programa de Monitoramento Conjunto da OMS/UNICEF para Abastecimento de Água, Saneamento e Higiene \(JMP\) - Atualização 2017 e Linhas de Base ODS | ONU-Água \(unwater.org\)](#). Acesso em: 10 jun. 2021.

World Health Organization (WHO). **Protecting surface water for health: Identifying, assessing and managing drinking-water quality risks in surface-water catchment**. Geneva: World Health Organization, 2016.