



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E
PESQUISA**



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE
NÍVEL MESTRADO**

MAYARA MENDES GONÇALVES DE OLIVEIRA

**GERENCIAMENTO, QUALIDADE E USO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NO CAMPUS
SÃO CRISTÓVÃO, DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

**SÃO CRISTÓVÃO – SE
2024**

MAYARA MENDES GONÇALVES DE OLIVEIRA

**GERENCIAMENTO, QUALIDADE E USO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NO
CAMPUS SÃO CRISTÓVÃO, DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SERGIPE**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA, da Universidade Federal de Sergipe, como requisito para a obtenção do título de Mestra em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Linha de pesquisa: Planejamento e Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Ariovaldo Antonio Tadeu Lucas.

MAYARA MENDES GONÇALVES DE OLIVEIRA

**GERENCIAMENTO, QUALIDADE E USO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA
NO CAMPUS SÃO CRISTÓVÃO, DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SERGIPE**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA, da Universidade Federal de Sergipe, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestra em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Aprovada em 27 de março de 2024

Documento assinado digitalmente
 **ARIOVALDO ANTONIO TADEU LUCAS**
Data: 15/07/2024 11:33:57-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Ariovaldo Antônio Tadeu Lucas
(UFS – SE) PRESIDENTE

Prof. Dr. Genésio Tamara Ribeiro
(UFS – SE) EXTERNO AO PROGRAMA

Prof. Dr. Gregório Guirada Faccioli
(UFS -SE) INTERNO

SÃO CRISTÓVÃO – SE
2024

Este exemplar corresponde a versão final da Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente concluído pelo Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Sergipe (UFS).

Documento assinado digitalmente
 **ARIOVALDO ANTONIO TADEU LUCAS**
Data: 15/07/2024 11:35:55-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Ariovaldo Antonio Tadeu Lucas – Orientador do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Sergipe (UFS)

É concedida ao Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Sergipe (UFS), responsável pelo Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente, permissão para disponibilizar, reproduzir cópia desta Dissertação e emprestar ou vender tais cópias.

Documento assinado digitalmente
 MAYARA MENDES GONCALVES DE OLIVEIRA
Data: 10/07/2024 15:19:41-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Mayara Mendes Gonçalves de Oliveira
Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA)
Universidade Federal de Sergipe (UFS)

Prof. Dr. Ariovaldo Antonio Tadeu Lucas
Orientador do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente
(PRODEMA)
Universidade Federal de Sergipe (UFS)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaria de agradecer ao meu pai e a minha vó, que não mediram esforços para que eu pudesse cursar este mestrado. Sem a ajuda de vocês, nada disso seria possível e se fosse, com certeza seria muito mais difícil. Eu amo muito vocês! Agradeço também a minha mãe por todos os ensinamentos e por ter depositado tanto em mim. Mesmo não estando mais neste plano, estaria muito orgulhosa.

Agradeço ao meu orientador pela paciência, por se disponibilizar a todo o tempo, pelas instruções e por ter acreditado em mim. Agradeço aos professores Gregório e Genésio por terem aceitado ser a banca da minha qualificação e por terem direcionado melhor o meu trabalho. Agradeço ao Sr. Gilvan, que pacientemente se disponibilizou para me mostrar os poços do Campus e me auxiliou na coleta de água. Agradeço ao Carlos, Janaína e Ednilson por terem sido tão solícitos todas as vezes que precisei de informações, de contatos e até mesmo de um local para análise da água. Muita gratidão. O mestrado foi sem dúvida uma etapa desafiadora, mas com o auxílio de vocês, se tornou possível e real. Muito obrigada a todos.

RESUMO

A água subterrânea é um recurso natural fundamental não só para os seres vivos como também para o meio ambiente, pois atende demandas de abastecimento para fins de consumo e utilização, mantém os solos úmidos e proporciona garantia do fluxo de base dos corpos hídricos, mantendo-os perenes em temporadas de seca ou de estiagem. Tendo em vista a possibilidade de utilizar os poços ativos da Universidade, é necessário que haja um gerenciamento da água subterrânea do Campus e é necessário também que a água captada esteja de acordo com os parâmetros qualitativos previstos em legislação. Portanto, o objetivo deste estudo foi realizar uma análise do gerenciamento hídrico subterrâneo no Campus São Cristóvão (UFS), avaliar a qualidade da água dos poços ativos e constatar se a água avaliada se enquadra nas normas estabelecidas pela legislação. O percurso metodológico deste trabalho foi dividido em caracterização do local de estudo, análise do gerenciamento de água subterrânea do Campus São Cristóvão (UFS), coleta e avaliação das amostras de água dos poços e análise físico-química e microbiológica da água dos poços. Com base nos resultados obtidos foi possível observar a inexistência de um gerenciamento das águas subterrâneas do Campus São Cristóvão, corroborando com a literatura, uma vez que existe a escassez de estudos sobre gerenciamento de água subterrânea em instituições de ensino. Com relação a avaliação da qualidade da água para fins de consumo humano, pode-se afirmar que nenhum dos poços estudados apresentaram resultados em conformidade com a Portaria do Ministério da Saúde nº 888/2021. Referente a água destinada à dessedentação de animais, pode-se concluir que somente o poço 5 apresentou qualidade físico-química e microbiológica suficiente, podendo ser utilizado para consumo animal. Os resultados obtidos para água destinada à irrigação mostraram que somente a água dos poços 5 e 6 apresentam potencial para o fim em questão. Por fim, a partir da análise realizada em menção a água para fins de recreação, pode-se concluir que nenhum dos poços apresenta potencial de qualidade.

Palavras – chave: Água de poços; Avaliação da água subterrânea; Gestão hídrica subterrâneo.

ABSTRACT

Groundwater is a fundamental natural resource not only for living beings but also for the environment, as it meets supply demands for consumption and use, keeps soils moist and provides a guarantee of the base flow of water bodies, maintaining them. perennials in dry or dry seasons. In view of the possibility of using the University's active wells, it is necessary to manage the Campus's underground water and it is also necessary that the water collected is in accordance with the qualitative parameters set out in legislation. Therefore, the objective of this study was to carry out an analysis of underground water management at Campus São Cristóvão (UFS), evaluate the quality of water from active wells and determine whether the evaluated water meets the standards established by legislation. The methodological path of this work was divided into characterization of the study site, analysis of groundwater management at Campus São Cristóvão (UFS), collection and evaluation of water samples from wells and physical-chemical and microbiological analysis of water from wells. Based on the results obtained, it was possible to observe the lack of groundwater management at the São Cristóvão Campus, corroborating the literature, since there is a scarcity of studies on groundwater management in educational institutions. Regarding the physical-chemical and microbiological evaluation, it can be stated that the physical-chemical and microbiological parameters of water for human consumption do not comply with Ministry of Health Ordinance No. 888/2021. Regarding water intended for animal watering, it can be concluded that only well 5 presented sufficient physical-chemical and microbiological quality and could be used for animal consumption. The results obtained for water intended for irrigation showed that only water from wells 5 and 6 has potential for the purpose in question. Finally, based on the analysis carried out regarding water for recreational purposes, it can be concluded that none of the wells have quality potential.

Keywords: Well water; Assessment of groundwater; Underground water management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Planta dos poços artesianos do Campus São Cristóvão (UFS).....	39
Figura 2 - Poço 1. Localizado aos fundos do edifício da Prefeitura.....	41
Figura 3 - Poço 2. Localizado em frente ao auditório da ADUFS.....	41
Figura 4 - Poço 3. Localizado ao lado do Departamento de Ciências Sociais.....	42
Figura 5 - Poço 4. Localizado ao lado do Departamento de Engenharia Civil.....	42
Figura 6 - Poço 5. Localizado ao lado da Didática 7.	43
Figura 7 - Poço 6. Localizado em frente à entrada de pedestres.....	43
Figura 8 - Frascos utilizados para a coleta da água.....	44
Figura 9 - Estrutura Organizacional dos Sistemas Administrativo e Acadêmico.	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABAS	Associação Brasileira de Águas Subterrâneas
ABRHidro	Associação Brasileira de Recursos Hídricos
ANA	Agência Nacional de Águas
CE	Condutividade Elétrica
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
NMP	Número Mais provável
OD	Oxigênio Dissolvido
ONU	Organização das Nações Unidas
PDI	Plano de Desenvolvimento Institucional
PEI	Plano Estratégico Institucional
pH	Potencial Hidrogeniônico
STD	Sólido Total Dissolvido
SUDENE	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
UFS	Universidade Federal de Sergipe
UTN	Unidades de Turbidez Nefelometria
VMP	Valor Máximo Permitido
VRQ	Valor de Referência de Qualidade

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVO	13
2.1	Objetivo geral	13
2.2	Objetivo específico	13
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
3.1	Marcos Ambientais: Água	14
3.2	Histórico e Legislação da água subterrânea no Brasil	16
3.3	Gestão de uso dos recursos hídricos subterrâneos	22
3.4	Qualidade da água subterrânea	28
3.5	Parâmetros de qualidade da água	30
3.5.1	Sólidos totais dissolvidos	30
3.5.2	Cor	30
3.5.3	Turbidez	31
3.5.4	Potencial hidrogeniônico (pH)	32
3.5.5	Cloreto	32
3.5.6	Ferro	33
3.5.7	Fluoreto	33
3.5.8	Nitrato	34
3.5.9	Sódio	34
3.5.10	Sulfato	35
3.5.11	Coliformes totais	35
3.5.12	Coliformes fecais	36
4	METODOLOGIA	37
4.1	Caracterização da área de estudo	37
4.2	Análise do gerenciamento de água subterrânea do Campus São Cristóvão (UFS)	40
4.3	Coleta e avaliação das amostras de água dos poços	40
4.4	Análise físico-química e microbiológica da água dos poços	45
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
5.1	Análise do gerenciamento de água subterrânea do Campus São Cristóvão (UFS)	45
5.2	Resultados da Análise físico-química e microbiológica da água dos poços	52
6	CONCLUSÕES	64
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
	APÊNDICE	80

1 INTRODUÇÃO

A água é um bem essencial e possui diversas utilidades, a exemplo do abastecimento hídrico (LORDELO; PORSANI; BORJA, 2018; TAVARES et al., 2019), atividades agropecuárias (TORRES; DE ASSIS; LOSS, 2018; MONTOYA; FINAMORE, 2021), geração de energia (DIAS, 2019; DOS SANTOS GONÇALVES et al., 2020), recreação (MELO; MELO; MELO, 2020; MOREIRA; APARECIDO; ROCHA, 2020), além de ser fonte de renda para diversas populações ribeirinhas (DE QUEIROZ; SOARES; NETO, 2018; DA COSTA RODRIGUES; PALHETA, 2019).

Em Se tratando de água subterrânea, o recurso mantém os solos úmidos e proporciona garantia do fluxo de base dos corpos hídricos, mantendo-os perenes em temporadas de seca ou de estiagem, podendo ser categorizadas pela sua distribuição no subsolo, onde se encontram em profundidades variadas e se alastram, preenchendo por completo as lacunas vazias do subsolo, saturando-os. As camadas saturadas são conhecidas como aquíferos.

Estima-se que os aquíferos abriguem cerca de 97% da água doce e líquida do planeta, caracterizando-se como o maior reservatório de água potável existente (HIRATA, 2019). De acordo com Gomes, Pena e Queiroz (2022), existem 27 aquíferos no Brasil, sendo que estes compreendem aproximadamente 48% da extensão territorial. O território brasileiro possui dois dos maiores aquíferos do planeta, sendo eles o Guarani, situado nas regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste, e o Alter do Chão, localizado na Região Norte.

No bojo histórico, a extração da água subterrânea no Brasil em comunidades vem ocorrendo desde os primórdios dos tempos coloniais, devido ao seu elevado padrão de qualidade físico-química e microbiológica (da COSTA et al., 2018). Entretanto, a convicção de que os mananciais subterrâneos estavam naturalmente assegurados, acarretou o descuido da manutenção de fatores que podem ajudar a conservar a qualidade destes recursos. De acordo com Santos (2017, p. 15) “As ações antrópicas que mais podem influenciar a água são: lançamento de cargas de esgoto no solo e nos sistemas hídricos; alteração do uso do solo rural e urbano e modificações no sistema fluvial. [...] Além disso, o destino final do esgoto doméstico industrial em fossas e tanques, a disposição inadequada de resíduos sólidos e a utilização de agrotóxicos podem favorecer ainda mais a contaminação das águas subterrâneas”.

Dada a importância deste recurso, estudos recentes mostram que o

gerenciamento da água subterrânea é fundamental, visto que sua exploração indiscriminada, a perfuração aleatória de poços sem outorgas, a expansão da ocupação dos territórios e as falhas existentes na fiscalização e na aplicação de penalidades para àqueles que causem a contaminação dos aquíferos, põe em risco a qualidade dos mananciais subterrâneos (de VARGAS., et al., 2022; HERRMANN RUGGIERO, 2022). Nesse sentido, Duca e Da Silva Pimentel (2017, p. 43) afirmam que “o ato de gerir está intimamente ligado com o preceito de planejamento que, dentre outros aspectos, busca a utilização plena dos recursos hídricos, dessa forma, o gerenciamento deve ser eficiente e preconiza o desenvolvimento socioeconômico, alinhado à postura de proteção dos sistemas naturais, considerados como frágeis e de vital importância para qualquer sociedade”. Para Lopes Barroso Pinto et al (2017), a gestão dos recursos hídricos deve andar em concordância com o viés da sustentabilidade, relacionando aspectos econômico, social e ambiental para que se supra a demanda de água das gerações atuais sem comprometer as gerações futuras.

Apesar de se configurar como importante instrumento com a finalidade de formular documentos e diretrizes, a gestão hídrica subterrânea também enfrenta algumas problemáticas, dificultando sua elaboração e sua implementação. A correlação entre os aspectos associados às disponibilidades e demandas de águas, como quantidade, qualidade usos, é de suma importância para a consolidação da gestão integrada dessas águas. É válido ressaltar que trabalhos envolvendo a gestão dos recursos hídricos passaram a ganhar maior notoriedade somente a partir da década de 1990 (DUCA; DA SILVA PIMENTEL, 2017) e que existem poucos trabalhos científicos na área de gestão e planejamento dos mananciais hídricos subterrâneos em Instituições Públicas de Ensino.

Nessa perspectiva, as inquietações que motivaram a elaboração desse trabalho partem da defasagem no uso dos poços ativos do Campus São Cristóvão. Hoje, a água disponível no Campus é oriunda, em maior volume, da Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO) pois a maioria dos poços perfurados se encontram inativos. Os poços que estão em atividade, são utilizados exclusivamente para irrigação.

Os usos preponderantes que constam na Resolução Conama 396/2008 (consumo humano, dessedentação de animais, irrigação e recreação) contemplam a realidade do Campus São Cristóvão, pois nele há demanda de água para consumo, há um hospital veterinário além da existência de projetos ativos dentro da Universidade que cuidam do manejo de animais que por lá são abandonados; a água destinada para

fins de recreação poderia estar sendo utilizada para o abastecimento das piscinas do parque aquático pertencente ao Departamento de Educação Física. Portanto, tendo em vista a possibilidade de utilizar os poços ativos para além da irrigação, é necessário que haja um gerenciamento da água subterrânea do Campus e é necessário também que a água captada esteja de acordo com os parâmetros previstos pela legislação, sendo de fundamental importância a análise físico-química e microbiológica do recurso em questão.

De acordo com Oliveira (2020), a utilização da água subterrânea captada de poços traz diversas vantagens, a exemplo de redução do espaço necessário para o armazenamento da água e autonomia no abastecimento. Ao contrário do que ocorre com as águas superficiais, a exploração dos recursos hídricos subterrâneos não produz resíduos sólidos, como os lodos provenientes do tratamento de água, o que proporciona economia para a companhia distribuidora de água, além de evitar passivos ambientais (BERTOLO et al., 2015). Frente a tudo o que foi mencionado, ainda pode-se considerar que o aumento significativo do consumo das águas subterrâneas para atividades diversas está relacionado também ao barateamento da conta de água (REBOUÇAS, 2002; MARION, 2009).

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

O objetivo deste estudo foi realizar uma análise do gerenciamento hídrico subterrâneo no Campus São Cristóvão (UFS), com a finalidade de avaliar a qualidade da água dos poços ativos do Campus e constatar se a água avaliada se enquadra nas normas estabelecidas pela legislação.

2.2 Objetivo específico

- Averiguar a existência de um plano de gerenciamento de água subterrânea dentro do Campus;
- Avaliar a qualidade físico-química e microbiológica da água subterrânea.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Marcos Ambientais: Água

A década de 1970 foi marcada pelo início de uma série de conferências em esferas internacionais e nacionais que objetivavam abarcar questões relacionadas à água, pensando em formas de enfrentar os desafios já existentes e os conjecturados para as gerações futuras. O primeiro evento internacional realizado foi a Conferência da Água das Nações Unidas, ocorrido na Argentina, em Mar del Plata no ano de 1977. Durante esse encontro, o chamado Plano de Ação de Mar del Plata foi adotado, contendo uma série de resoluções e recomendações abrangendo uma ampla gama de questões e atividades relacionadas aos recursos hídricos. Entretanto, esse plano revelou-se pouco eficaz ao ser colocado em prática. Pode-se afirmar que, apesar de todos os esforços que envolveram mudanças quanto à utilização da água, não foram traçadas estratégias para retificar possíveis problemáticas que viessem a surgir (DA CUNHA, 2002).

Ainda em 1977, no Brasil, estava sendo fundada em 19 de outubro, a Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRHidro), entidade profissional sem fins lucrativos cujo propósito se pautava em impulsionar o avanço na gestão dos recursos hídricos, promover a pesquisa científica e apoiar o ensino técnico e universitário. A ABRHidro fomenta eventos, gera informações que apoiam a tomada de decisões para a resolução de questões setoriais e intersetoriais, e contribui para aprimorar a política nacional de Gestão das Águas por meio de sua participação em diversas instâncias decisórias. O último evento realizado pela Associação foi o XXV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, que ocorreu entre 19 e 24 de novembro de 2023, em Aracaju, Sergipe. Sob o título "Água e Sociedade: Resiliência, Inovação e Participação", o Simpósio abordou amplamente a temática dos recursos hídricos em diversas dimensões. Os tópicos incluíram desde planejamento e gestão até processos hidráulicos e hidrologia urbana, englobando também a proteção de mananciais e a recuperação ambiental de bacias (ABRHIDRO, 2023).

Em 1978, foi criada a Associação Brasileira de Águas Subterrâneas (ABAS), organização estabelecida no estado de São Paulo. Seu principal objetivo é promover a exploração sustentável da água subterrânea. A relevância deste recurso se deve a diversos motivos, sendo que a temática em questão tem sido amplamente debatida, especialmente devido à sua vital importância e à iminente ameaça de escassez (ABAS, 2023). A ABAS é promotora do Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, cujo

objetivo principal é promover a troca de conhecimentos, experiências e avanços tecnológicos relacionados ao uso, gestão, pesquisa e proteção das águas subterrâneas no contexto brasileiro. O evento costuma reunir especialistas, acadêmicos, profissionais da área e representantes de órgãos governamentais para discutir temas relevantes, apresentar pesquisas, compartilhar práticas recomendadas e abordar desafios relacionados à água subterrânea.

Após o surgimento da ABAS, os recursos hídricos só estariam novamente sendo colocados como pauta principal em 1992, quando ocorreu a Conferência Sobre Água e Meio Ambiente, promovida pela Organização das Nações Unidas (ONU). Motivada pela criação do Relatório Brundtland e pela popularização da ideia de desenvolvimento sustentável, essa conferência teve como objetivo a elaboração de políticas públicas pautadas em sustentabilidade para o uso da água (FRACALANZA; JACOB; EÇA, 2013).

No final da década de 1990, em 1997, foi realizado o 1º Fórum Mundial da Água, sediado em Marrakech, no Marrocos. O tema central do evento se baseou em uma perspectiva voltada para a água, a vida e o ambiente. De acordo com Zorzi, Turatti e Mazzarino (2016), os tópicos de maior relevância abordados durante o evento incluíram o reconhecimento da necessidade básica humana, o sistema de gestão pública, a preservação dos ecossistemas, a igualdade de gênero, a cooperação entre o governo e a sociedade civil, e a eficiente gestão do fluxo de água.

Já em 2015, na cidade de Nova Iorque, Estados Unidos, ocorreu a Cúpula das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável, onde foi estabelecido 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), subdivididos em 169 Metas. A reunião dos representantes dos diversos países determinou que os ODS devem orientar as políticas nacionais e as atividades de cooperação internacional até o ano de 2030 (JANNUZZI et al., 2020). No que tange a água, por meio do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 6 e suas metas, busca-se alcançar o acesso universal e equitativo à água potável e segura (6.1). Além disso, visa atingir o acesso universal ao saneamento e à higiene, eliminando a defecação a céu aberto, com especial atenção para as necessidades das mulheres, meninas e daqueles em situação de vulnerabilidade (6.2). Outras metas incluem a melhoria da qualidade da água, reduzindo a poluição e o volume de águas residuais não tratadas (6.3); o aumento da reciclagem e reutilização da água, bem como a eficiência no uso, visando garantir o abastecimento de água doce e reduzir a escassez hídrica (6.4); a implementação da gestão integrada dos recursos hídricos (6.5); a

proteção e restauração dos ecossistemas relacionados à água (6.6); e a ampliação da cooperação internacional e fortalecimento da participação das comunidades locais para aprimorar a gestão de água e saneamento (6.a e 6.b) (IPEA, 2018).

Em 2022, como parte das ações comemorativas ao Dia Internacional da Água, a Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura (Unesco) divulgou o Relatório Global das Nações Unidas sobre o Avanço dos Recursos Hídricos 2022, intitulado "Águas subterrâneas: revelando o invisível". De acordo com este documento, as águas subterrâneas são responsáveis por cerca da metade do volume de água coletada para uso doméstico em escala mundial e aproximadamente um quarto do total de água retirado para atividades de irrigação (UNESCO, 2022).

3.2 Histórico e Legislação da água subterrânea no Brasil

A demarcação cronológica do histórico da água subterrânea no Brasil pode ser estabelecida por cinco fases de acordo com Rebouças (1998). No primeiro momento, tem-se a fase empírica, onde a extração de água subterrânea para o abastecimento de comunidades nos remonta ao período do Brasil Colônia, evidenciada pela existência de cacimbões em fortes militares e em outras diversas edificações daquela época. Pesquisas realizadas por historiadores do colonialismo, apontam que a seleção do local para estabelecer povoados era precedida por um levantamento das fontes de água e a identificação dos lugares mais apropriados para a construção de poços (PONTES, LASTORIA, PEREIRA, 2007). Ainda neste contexto histórico, foram elaboradas estratégias na tentativa de solucionar o déficit hídrico em locais que apresentavam escassez de água, principalmente na região do semiárido brasileiro.

Com o aumento da densidade demográfica, povoados e vilarejos deram espaço a grandes centros urbanos onde a água captada do subsolo passou a ser utilizada como uma fonte complementar e, em determinadas regiões, principal fonte para usos diversos. Para garantir o acesso a esse recurso, houve a necessidade de investimento em tecnologias que auxiliassem na perfuração de poços mais profundos e na implementação de sistemas de bombeamento eficazes. É importante ressaltar que, enquanto as águas subterrâneas eram extraídas para o abastecimento e o consumo das comunidades afetadas pela escassez hídrica no nordeste, nas regiões Sudeste e Sul, elas eram destinadas para atender as demandas crescentes da indústria e da urbanização (REBOUÇAS, 1998).

A fase de licença real foi marcada pela chegada da Corte Portuguesa ao Brasil, ocorrendo o estabelecimento de uma regulamentação que exigia autorização para ter acesso à águas subterrâneas. Foi determinado também, que amostras das camadas geológicas alcançadas durante a perfuração do poço e um relatório detalhado sobre o processo deveriam ser enviados ao Museu Imperial, localizado na capital do Rio de Janeiro.

Durante o Primeiro Reinado, a captação de águas subterrâneas ainda estava sujeita a licenças concedidas pela Coroa Real. Uma medida de destaque tomada durante este contexto histórico foi a autorização, em 1831, para a perfuração de poços artesianos no Nordeste, com o objetivo de fornecer água aos que sofriam com a escassez devido às secas. Já no Segundo Reinado, o país entrou em um momento de modernização. Para alcançar esse objetivo, era crucial atualizar o estabelecimento dos sistemas de abastecimento de água.

Na terceira fase, denominada pelo autor de “extrativismo não controlado”, ocorreu a ruptura da regulamentação estabelecida na fase de licença real, através do Decreto 24.643 de 10 de julho de 1934, que decreta a criação do Código de Águas. Este código estabelece que o proprietário de um terreno tem o direito de captar as águas subterrâneas que estejam sob a superfície de sua propriedade, utilizando poços ou galerias, desde que a extração não traga danos nem desvie o curso natural das águas.

Em seguida, veio a fase de combate as secas, marcada pelo significativo progresso no entendimento da geologia que influencia a presença das águas subterrâneas na região Nordeste. Apesar da evolução no âmbito da geologia, a perfuração de poços ainda era amplamente conduzida de maneira rudimentar até meados da década de 1950. Somente estruturas de maior relevância tinham a vantagem de contar com a orientação de geólogos, engenheiros e outros especialistas.

Por fim, tem-se a fase científica-tecnológica, em que ocorreu a disseminação do curso de geologia nas universidades de diversos estados do país, as pesquisas produzidas pela Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), desempenharam um importante papel na confecção de trabalhos científicos acerca das águas subterrâneas. Em 1978 foi criada a Associação Brasileira de Águas Subterrâneas (ABAS) e seu surgimento foi motivado devido à aos significativos impactos nas áreas econômicas e sociais que a água subterrânea proporciona. Este recurso é utilizado para abastecer a população, atender às necessidades da indústria e viabilizar a irrigação. A Associação se fortaleceu a medida em que foi integrando diferentes âmbitos como

técnicos, prestadores de serviços, fabricantes, fornecedores de materiais, consultores, docentes e pesquisadores da área.

Em termos atuais, devido ao aumento da conscientização e à crescente demanda por água, juntamente com a diminuição da disponibilidade de água superficial, as águas subterrâneas têm ganhado cada vez mais destaque nas discussões e, como resultado, estão sendo regulamentadas de forma mais abrangente. No que tange os aspectos legais da água subterrânea no Brasil, as leis que regem a gestão dos recursos hídricos foram direcionadas primordialmente para as águas superficiais, especificamente no que diz respeito ao regulamento do uso desses recursos. Em 1934, estabelecido pelo Decreto 24.643 foi publicado o Código de Águas, se apresentando como a primeira menção legal às águas subterrâneas em território brasileiro. O título IV, capítulo único, faz alusão a esse tipo recurso nos artigos:

Art. 96. O dono de qualquer terreno poderá apropriar-se por meio de poços, galerias, etc. das águas que existam debaixo da superfície de seu prédio contanto que não prejudique aproveitamentos existentes nem derive ou desvie de seu curso natural águas públicas dominicais, públicas de uso comum ou particulares.

Parágrafo único. Se o aproveitamento das águas subterrâneas de que trata este artigo prejudicar ou diminuir as águas públicas dominicais ou públicas de uso comum ou particulares, a administração competente poderá suspender as ditas obras e aproveitamentos.

Art. 97. Não poderá o dono do prédio abrir poço junto ao prédio do vizinho, sem guardar as distâncias necessárias ou tomar as precisas precauções para que ele não sofra prejuízo.

Art. 98. São expressamente proibidas construções capazes de poluir ou inutilizar para o uso ordinário a água do poço ou nascente alheia, a elas preexistentes.

Art. 99. Todo aquele que violar as disposições dos artigos antecedentes, é obrigado a demolir as construções feitas, respondendo por perdas e danos.

Art. 100. As correntes que desaparecerem momentaneamente do solo, formando um curso subterrâneo, para reaparecer mais longe, não perdem o caráter de coisa pública de uso comum, quando já o eram na sua origem.

Art. 101. Depende de concessão administrativa a abertura de poços em terrenos do domínio público (BRASIL, 1934. p. 15).

Após o estabelecimento do Código de águas, foram criadas a Lei Federal 7.841, de 08 de agosto de 1945, estabelecendo o Código de Águas Minerais; o Decreto Lei 227 de 28 de fevereiro de 1967 e o Decreto-Lei de 02 de julho de 1968, que estabelecem o Código de Mineração; a Lei Federal 6.938 de 31 de agosto de 1981, que instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente; a Constituição Federal de 1988 e a Lei 9.433 de 08 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei.

Dentre a legislação anteriormente mencionada, lê-se em ênfase a criação da Política Nacional do Meio Ambiente, pois através desta e da adesão de outras ferramentas para equilibrar a oferta e a procura pelo uso da água, foi reconhecido que as águas subterrâneas não estavam inseridas adequadamente nesse marco jurídico (DE OLIVEIRA SILVA, et al., 2008). A partir desta necessidade, discussões sobre o Projeto Aquífero Guarani em 1999 ganharam destaque entre pesquisadores da área. Um marco importante deste período foi a criação, em 2000, da Câmara Técnica Permanente de Águas Subterrâneas do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), juntamente com a aprovação da Resolução CNRH nº 15 em 2001. Essa resolução incorporou muitas das aspirações que estavam presentes em um Projeto de Lei Federal que havia sido discutido por mais de 15 anos e, posteriormente, arquivado no Congresso Nacional.

Em 20 de março de 2002, foi criada a Resolução Conama nº 303, que dispõe sobre parâmetros, definições e limites de áreas de preservação permanente. Nesta resolução, as águas subterrâneas são mencionadas no Art. 2º:

Art. 2º Para os efeitos desta Resolução, são adotadas as seguintes definições: I - nível mais alto: nível alcançado por ocasião da cheia sazonal do curso d'água perene ou intermitente; II - nascente ou olho d'água: local onde aflora naturalmente, mesmo que de forma intermitente, a água subterrânea (CONAMA, 2002. p. 87).

No ano seguinte, a Resolução Conama nº 335 de 3 de abril de 2003 dispôs sobre o licenciamento ambiental em cemitérios, locais que podem representar potenciais fontes de poluição da água subterrânea. No entanto, a Resolução pouco menciona as

águas subterrâneas e, hoje, o que se consta sobre essas águas em seu texto, foi modificado pela Resolução Conama nº 368/2006. A atualização alterou os artigos:

Art. 3º, § 1º É proibida a instalação de cemitérios em Áreas de Preservação Permanente ou em outras que exijam desmatamento de Mata Atlântica primária ou secundária, em estágio médio ou avançado de regeneração, em terrenos predominantemente cársticos, que apresentam cavernas, sumidouros ou rios subterrâneos, bem como naquelas que tenham seu uso restrito pela legislação vigente, ressalvadas as exceções legais previstas.

Art. 5º, § 1º Para os cemitérios horizontais, em áreas de manancial para abastecimento humano, devido às características especiais dessas áreas, deverão ser atendidas, além das exigências dos incisos de I a VI, as seguintes: (parágrafo acrescentado pela Resolução nº 368/06) I - a área prevista para a implantação do cemitério deverá estar a uma distância segura de corpos de água, superficiais e subterrâneos, de forma a garantir sua qualidade, de acordo com estudos apresentados e a critério do órgão licenciador (CONAMA, 2003. p. 741 e 742).

Alguns anos depois, em 2010, o Conselho Nacional de Recursos hídricos, estabeleceu diretrizes e critérios a serem adotados para o planejamento, a implantação e a operação de Rede Nacional de Monitoramento Integrado Qualitativo e Quantitativo de Águas Subterrâneas, através da Resolução nº 107, de 13 de abril de 2010.

Até recentemente, a abordagem para a regulamentação das águas subterrâneas era descentralizada, com a ideia de que cada estado deveria tratar dessas questões por conta própria. Isso resultou em uma falta de orientação nacional e diretrizes unificadas para lidar com questões relacionadas aos recursos hídricos subterrâneos, sendo necessário, portanto, a criação de normas orientadoras abrangentes em nível nacional para as águas subterrâneas. Dessa forma, em 03 de abril de 2008, a Resolução CONAMA 396 foi criada visando estabelecer a classificação e as diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas. O artigo 3º do capítulo II classifica as águas subterrâneas em:

I - Classe Especial: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses destinadas à preservação de ecossistemas em unidades de conservação de proteção integral e as que contribuam diretamente para os trechos de corpos de água superficial enquadrados como classe especial; II - Classe 1: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que não exigem tratamento para quaisquer usos preponderantes devido às suas características hidrogeoquímicas naturais; III - Classe 2: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção

desses, sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidro geoquímicas naturais;

IV - Classe 3: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, para as quais não é necessário o tratamento em função dessas alterações, mas que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeoquímicas naturais;

V - Classe 4: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que somente possam ser utilizadas, sem tratamento, para o uso preponderante menos restritivo; e

VI - Classe 5: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, que possam estar com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, destinadas a atividades que não têm requisitos de qualidade para uso (CONAMA, 2008. p. 310).

A Resolução CONAMA nº 396 estabelece o enquadramento como um alvo ou finalidade de qualidade da água a ser atingido ou preservado em um aquífero ou em um grupo de aquíferos. A determinação da classe se dá com base no valor de referência de qualidade (VRQ) e no valor máximo permitido (VMP), para atender aos usos preponderantes estabelecidos.

No que tange normas e padrões de potabilidade no Brasil, desde a década de 1970 o Ministério da Saúde é responsável pelo estabelecimento. A atualização mais recente que abarca a potabilidade, foi publicada em 2021, denominada como Portaria 888 de 04 de maio, com a finalidade de alterar o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/GM/MS, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (BRASIL, 2021). Dentre as alterações mais significativas, é possível ressaltar modificações nos textos das definições, revisões nas atribuições das autoridades públicas e dos responsáveis pelos sistemas de abastecimento de água, ajustes nos escopos analíticos de monitoramento e em seus VMPs.

Em Sergipe, a legislação da água subterrânea envolve leis, decretos e resoluções cujo objetivo é regulamentar o uso, e proteger o recurso em questão. Aspectos como outorga de direitos de uso, monitoramento da qualidade da água, e medidas para prevenir a contaminação são abordados nas legislações ambientais descritas abaixo:

- Lei nº 3.870 de 25 de setembro de 1997: dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, cria o Fundo Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Estadual de

Gerenciamento de Recursos Hídricos;

- Lei nº 4.600 de 13 de setembro de 2002: que altera o art. 12, inciso IV, e o art. 13 da Lei nº 3.870, de 25 de setembro de 1997, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, cria o Fundo Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos;

- Lei nº 6.964 de 12 de julho de 2010: dispõe sobre o Fundo Estadual de Recursos Hídricos – FUNERH, criado pela Lei nº 3.870, de 25 de setembro de 1997, e alterado pela Lei nº 4.600, de 13 de setembro de 2002;

- Lei nº 6.968 de 25 de outubro de 2010: acrescenta dispositivos ao art. 4º da Lei nº 6.964, de 12 de julho de 2010, que dispõe sobre o Fundo Estadual de Recursos Hídricos – FUNERH, criado pela Lei nº 3.870, de 25 de setembro de 1997, e alterada pela Lei nº 4.600, de 13 de setembro de 2002.

- Decreto nº 18.099 de 26 de março de 1998: dispõe sobre o Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CONERH/SE;

- Decreto nº 18.456 de 03 de dezembro de 1999: Regulamenta a outorga de direito de uso de recursos hídricos;

- Decreto nº 18.931 de 03 de julho de 2000: corrige os valores de custos operacionais do Anexo único do Decreto nº 18.456, de 03 de dezembro de 1999, que regulamenta a outorga de direito de uso de recursos hídricos;

- Decreto nº 18.806 de 12 de maio de 2000: homologa o Regimento Interno do Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CONERH/SE.

- Decreto nº 19.079 de 05 de setembro de 2000: Regulamenta o Fundo Estadual de Recursos Hídricos – FUNERH.

- Resolução nº 001 de 19 de abril de 2001: dispõe sobre critérios para a Outorga de Recursos Hídricos;

- Resolução nº 013 de 07 de dezembro de 2011: Aprova o Plano Estadual de Recursos Hídricos.

3.3 Gestão de uso dos recursos hídricos subterrâneos

No Brasil, a gestão dos recursos hídricos tem a função de coordenar de maneira sustentável e eficaz o uso das águas e cabe a Agência Nacional de Águas (ANA), autarquia federal, se encarregar de gerir os recursos hídricos em todo o território nacional (ANA, 2017). Portanto, a gestão das águas é responsabilidade do Sistema de

Gestão de Recursos Hídricos (Art. 32 da Política Nacional de Recursos Hídricos), Conselho Nacional de Recursos Hídricos, a Agência Nacional de Águas, os Conselhos de Recursos Hídricos, os Comitês de Bacias Hidrográficas, Órgãos do poder público que estejam relacionados com a gestão da água, e as Agências de Água (BRASIL, 1997).

Em Sergipe, o órgão encarregado de gerenciar os recursos hídricos é a Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Sustentabilidade (SEDURBS), por meio da Superintendência Especial de Recursos Hídricos e Meio Ambiente (SERHMA). A SEDURBS promove no Estado as seguintes competências no âmbito da gestão dos recursos hídricos:

- I. promover o uso racional da água e o desenvolvimento sustentável;
- II. formular políticas e diretrizes para o gerenciamento dos recursos hídricos do Estado;
- III. coordenar, supervisionar e planejar as atividades concernentes aos recursos hídricos do Estado;
- IV. funcionar como Secretaria Executiva do Conselho Estadual de Recursos Hídricos, prestando-lhe, inclusive, o necessário apoio administrativo e técnico;
- V. promover estudos de engenharia e economia dos recursos hídricos do Estado;
- VI. implantar e manter o Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos do Estado;
- VII. coordenar a elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos e encaminhá-lo à aprovação do Conselho Estadual de Recursos Hídricos;
- VIII. acompanhar a execução de obras previstas nos planos de utilização múltipla dos recursos hídricos;
- IX. instruir os expedientes provenientes do Conselho Estadual de Recursos Hídricos e dos Comitês de Bacia Hidrográfica;
- X. analisar as solicitações e expedir outorga de direito de uso dos recursos hídricos, efetuando sua fiscalização e aplicando sanções de acordo com a regulamentação desta lei;
- XI. analisar projetos e conceder licença técnica para construção de obras hídricas, sem prejuízo da licença ambiental obrigatória;
- XII. manter intercâmbio e integração com órgãos de operação e monitoramento

da rede hidrométrica e de dados hidrometeorológicos;

- XIII. elaborar relatório anual sobre a situação dos recursos hídricos do Estado;
- XIV. incentivar os usuários dos recursos hídricos a se organizarem sob a forma de Comitês de Bacia Hidrográfica.

Tendo em vista a necessidade de gerenciamento da água, de acordo com Gomes e Cavalcante (2009), uma proposta de gestão hídrica subterrânea em um Campus deve estar fundamentada solidamente em três pilares que se complementam, sendo eles: se pautar em uma legislação, cadastrar e caracterizar os poços que serão avaliados e gerenciar a água em questão. A legislação se trata das diretrizes que devem ser respeitadas para que se tenha um maior controle das questões que envolvem a água subterrânea em questão; o cadastramento e a caracterização dos poços que serão avaliados é realizado para se coletar dados acerca de estrutura e georreferenciamento; o gerenciamento das águas pode ser realizado após a coleta dos dados mencionados anteriormente e seguirá cinco fases: monitoramento mensal das águas, caracterização da qualidade da água, levantamento de potenciais fontes de poluição, levantamento das demandas e ofertas do Campus e custo de exploração da água subterrânea.

No tocante aos usos da água subterrânea, existe uma gama de atividades as quais as mesmas podem ser destinadas a fim de suprir as demandas da população. Seus usos podem variar entre abastecimento doméstico (CHAVES et., 2020), agricultura (ALVES FERREIRA; OHNUMA JÚNIOR; DOS SANTOS SALOMÃO, 2022) e abastecimento público urbano (CASTANHEIRA, 2021), de acordo com dados do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (CPRM, 2018). No entanto, a Resolução Conama 396/2008 traz em seu texto os usos preponderantes da água subterrânea, que se dividem em: consumo humano, dessedentação de animais, irrigação e recreação.

A água subterrânea desempenha um papel crucial no abastecimento para o consumo humano, uma vez que apresenta um menor risco de contaminação em comparação à águas superficiais. Isso se deve ao processo de percolação da água através das camadas do solo, que atuam como filtros naturais, reduzindo a concentração de contaminantes no local. No entanto, uma vez contaminada, esta água perde sua qualidade essencial, podendo desencadear sérios problemas de saúde pública.

Um dos critérios microbiológicos essenciais relacionados padrões de potabilidade é a inexistência de contaminação por bactérias do grupo coliforme. Esse parâmetro ganha destaque como indicador da presença de microrganismos responsáveis

pela propagação de doenças transmitidas pela água. Epidemias dessas enfermidades são frequentemente observadas tanto em ambientes urbanos quanto rurais, sendo a contaminação da água de consumo a principal causa. No entanto, essa problemática pode ser mitigada, desde que a população tenha acesso a fontes de água potável e receba informações pertinentes sobre as precauções necessárias (GURGEL; DA SILVA; SILVA, 2020).

Nessa perspectiva, Coelho et al. (2016) ressaltam que diversos perigos estão ligados ao consumo de água contaminada, destacando a necessidade urgente de seu tratamento para uso humano e atividades relacionadas à higiene pessoal ou de objetos pessoais. A prática mais disseminada de tratamento de água é a desinfecção, que muito embora não elimine completamente os microrganismos, reduz consideravelmente sua quantidade, podendo ser realizada por meio de métodos físicos, químicos, biológicos ou fotoquímicos. Dentre as desinfecções mais utilizadas, a utilização o cloro é a técnica mais prevalente em sistemas de tratamento de água, a fim de prevenir epidemias (SCHEFFLER et al., 2022).

É importante salientar que o acesso à água em quantidade suficiente e qualidade apropriada para consumo é uma garantia do cidadão, como estabelecido nos incisos I e III da lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional dos Recursos Hídricos:

- I - A água é um bem de domínio público;
- III - em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais (BRASIL, 1997).

Nesse sentido, denomina-se “água potável” o recurso considerado seguro para consumo humano, ou seja, é próprio para ser ingerido e utilizado em atividades cotidianas sem representar riscos à saúde. Para ser considerada potável, a água deve atender a padrões e critérios de qualidade estabelecidos por órgãos reguladores e autoridades de saúde. A legislação que abarca as normas de qualidade da água para consumo humano no Brasil segue a Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde, que institui os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (REZENDE et al., 2023).

De acordo com a ANA (2021), a segunda principal utilização da água no Brasil é destinada ao fornecimento urbano para consumo humano, contribuindo com 23% do consumo total. Essa utilização está concentrada principalmente em áreas urbanas

densamente povoadas, o que resulta em uma pressão crescente sobre os mananciais e os sistemas de produção de água. Esse cenário eleva a complexidade e a interdependência das soluções relacionadas ao abastecimento de água.

Além de poder ser utilizada para consumo humano, a água subterrânea pode vir a atender às demandas hídricas dos animais, desempenhando um papel crucial como uma fonte confiável e, muitas vezes, indispensável para sua dessedentação. Presente em aquíferos subterrâneos, essa reserva hídrica nas profundezas do solo se revela como uma opção valiosa em situações em que outras fontes superficiais podem ser limitadas ou sazonais. Em termos de Brasil, estudos recentes apontam que a água subterrânea é utilizada por muitas comunidades, principalmente no semiárido, para a dessedentação de animais (LOPES et al., 2020; DE OLIVEIRA; SANTANA; DE REZENDE, 2021; JUNG et al., 2023).

De acordo as Diretrizes de qualidade da água da África do Sul (DWAF, 1996), a demanda hídrica de animais é afetada por diversos fatores fisiológicos e ambientais. Estes fatores incluem estágio de desenvolvimento fisiológico, gestação, lactação, atividade física, tipo de alimentação, consumo de matéria seca, ingestão de sal inorgânico e índices de temperatura e umidade. Portanto, a água fornecida aos animais é fundamental para garantir um desenvolvimento satisfatório na produção animal.

No entanto, se os produtores rurais não implementarem um controle de qualidade no consumo de água pelos animais, isso pode resultar, a curto ou longo prazo, na disseminação de infecções por meio da transmissão de patógenos pela água. Isso, por sua vez, pode levar a uma redução significativa na produção animal (MARIN et al., 2021). Ainda de acordo Marin et al (2021), existem avaliações que constataam a presença de microrganismos nos bebedouros de animais, com a finalidade de controlar as condições sanitárias do local.

A água destinada à dessedentação animal deve atender aos critérios de qualidade estabelecidos pelos órgãos regulamentadores, como o Conama e a Anvisa.

De acordo com a ANA (2023), 87% da demanda de água destinada à dessedentação de animais em 2021, totalizou 143 metros cúbicos por segundo. A quantidade de água consumida na pecuária, por exemplo, varia conforme a espécie animal, sendo importante levar em consideração alguns fatores sobre como o tamanho do animal e seu estágio de desenvolvimento fisiológico podem vir a desempenhar um papel crucial na exigência hídrica, sendo também influenciados pelas condições ambientais e práticas de manejo.

No que tange a irrigação, pode-se afirmar que essa prática representa a maior utilização de recursos hídricos no Brasil e globalmente, sendo responsável por cerca da metade da água retirada no país. Em sua essência, a irrigação desempenha um papel crucial ao complementar os padrões de chuvas, tornando possível o cultivo em áreas que enfrentam uma maior escassez de água, como é o caso do Semiárido, ou em regiões sujeitas a períodos específicos de estiagem, como ocorre na região central do Brasil. De acordo com o último relatório denominado de “Conjuntura dos Recursos Hídricos”, publicado em 2023 pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA).

Os recursos hídricos subterrâneos desempenham um papel fundamental na prática da irrigação, pois ao utilizar a água armazenada em aquíferos, é possível suprir as demandas hídricas das plantações e de jardins, contribuindo para a manutenção de vida da planta e para o aumento da produtividade. Dessa maneira, as águas utilizadas para irrigação são submetidas a avaliações criteriosas antes de seu emprego, considerando diversos fatores como a preservação da integridade do sistema de irrigação, a minimização dos riscos de salinização do solo, a atenção para evitar problemas como eutrofização, toxicidade e degradação da estrutura do solo, entre outros. A qualidade da água pode ser influenciada pela composição iônica de sais, especialmente os de cloreto, como sódio, cálcio, magnésio e potássio (DE SOUZA OLIVEIRA et al., 2022).

Dados retirados do Atlas Irrigação (ANA, 2021), o território brasileiro abrange uma extensão de 8,5 milhões de hectares (Mha) destinados à irrigação. Dentro desse total, 35% correspondem à fertirrigação com água de reuso (2,9 Mha), enquanto os restantes 65% são dedicados à irrigação utilizando água de mananciais (5,5 Mha). Em Sergipe, no ano de 2021, a irrigação foi o setor que mais demandou água, totalizando a quantidade de 8,13 m³/s (ANA, 2022).

Por fim, a água subterrânea também pode ser utilizada para recreação. A prática recreativa e de lazer com as águas, tanto nas áreas costeiras quanto no interior do Brasil, é uma ocorrência comum que varia de acordo com as características de cada região, incluindo os regimes climáticos e hidrológicos locais (ANA, 2022). Segundo a ANA (2019), o território brasileiro ocupa vantajosa posição em relação aos seus corpos d'água, uma vez que detém aproximadamente 12% da disponibilidade global de água doce destinada ao consumo humano, bem como para atividades como irrigação e lazer. Destaca-se também a expansão contínua do ecoturismo, concentrando-se em atrações naturais como cachoeiras, corredeiras, poços e nascentes dos cursos d'água. Esse tipo de

atividade exige a preservação da vegetação natural e a manutenção de uma excelente qualidade da água.

De acordo com a ANA (2022), a utilização da água para atividades recreativas necessita de condições apropriadas de balneabilidade. A balneabilidade refere-se à avaliação das condições sanitárias das águas destinadas à recreação de contato primário, que envolve o contato direto e prolongado com a água, momento em que os banhistas podem ingerir quantidades consideráveis de água. No entanto, as águas destinadas à recreação frequentemente abrigam uma combinação de microrganismos patogênicos e não patogênicos, bem como componentes químicos provenientes de várias atividades humanas. Por isso é necessário conhecer a qualidade da água, uma vez que várias enfermidades estão associadas a padrões inadequados de qualidade da água (LUSTOSA et al., 2019).

No que tange aos aspectos legais, a Resolução Conama 274 de 29 de novembro de 2000 vai definir os critérios de balneabilidade no Brasil. As águas destinadas à recreação, de acordo com a Resolução, serão classificadas em “próprias” ou “impróprias”. As águas tidas como próprias, poderão ser enquadradas em excelente, muito boa ou satisfatória (CONAMA, 2000).

3.4 Qualidade da água subterrânea

Os debates em torno da qualidade da água têm sido fomentados por pesquisadores de diversas áreas a fim de formular medidas que possam prevenir a degradação dos mananciais subterrâneos. De acordo com Dos Anjos Garcia, Moreno e Fernandes “O desenvolvimento sem um planejamento ambiental adequado é um fator preocupante, já que se sabe que ainda há poucas regiões no mundo livre dos problemas da perda de fontes potenciais de água, da degradação da qualidade da água e da poluição das fontes superficiais e subterrâneas” (DOS ANJOS GARCIA; MORENO; FERNANDES, 2015, p. 3).

Em se tratando de qualidade da água, é necessário mencionar a presença de substâncias particuladas e dissolvidas na água, que podem exercer influência direta ou indireta em seus diversos usos. Portanto, a qualidade de uma água é o fator que assegura a sua adequação para usos específicos ou uma variedade de aplicações, sendo representada por propriedades inerentes, frequentemente passíveis de mensuração. Para manter a conformidade com os requisitos estabelecidos, critérios ou padrões são definidos, com o propósito de manter as características intrínsecas da água dentro de

limites determinados.

De acordo com Paludo (2014, p. 23) “A qualidade da água é definida por sua composição física, química e bacteriológica. As características desejáveis e necessárias dependem de como e para que ela será utilizada. Para o consumo humano, há a necessidade de uma água pura e saudável, livre de matéria suspensa visível, cor, gosto, de organismos capazes de provocar enfermidades de quaisquer substâncias orgânicas ou inorgânicas que possam produzir efeitos fisiológicos prejudiciais no ser humano”. Nesse sentido, o monitoramento da qualidade da água é fundamental e requer maior vigilância por parte das autoridades legais, pois uma vez contaminada, a água torna-se um veículo de transmissão de doenças infecciosas e parasitárias, trazendo danos à saúde da população.

Devido às suas características hidrogeológicas e por estarem no subsolo, as águas subterrâneas estão menos propensas a contaminação e às variações ambientais, no entanto, a crescente demanda pelo recurso e o aumento do grau de degradação se tornaram problemáticas preocupantes e por isso tornaram-se assuntos importantes em uma escala mundial (CERÓN et al., 2021).

As águas que compõe os aquíferos, em sua essência, costumam apresentar alta qualidade natural e, na maioria das vezes, não é necessário que haja um tratamento após sua captação, diferentemente do que ocorre com águas superficiais. No entanto, a qualidade da água de mananciais subterrâneos está atrelada a alguns aspectos, como as propriedades do solo e o tipo de circulação dos recursos hídricos subterrâneos por meio dos diferentes tipos de rochas e topografia. Os fatores que podem modificar a composição natural de águas extraídas de aquíferos estão relacionados a elementos químicos que vão sendo agregados à água a medida que rochas vão sendo intemperizadas, ou seja, fracionadas em minerais menores (HIRATA, 2019) e também das atividades antrópicas exercidas na região (HIRATA, 2019; CECCONELLO; CENTENO; LEANDRO, 2020), pois em meados da década de 1960, a expansão imobiliária nos grandes centros urbanos brasileiros aumentou a quantidade de dejetos descartados no meio ambiente, ocasionando o aumento da degradação dos aquíferos do país.

A degradação das águas subterrâneas está associada majoritariamente ao despejo indiscriminado de dejetos industriais e de esgotos domésticos no solo. A ausência de saneamento básico em locais carentes de estrutura urbana, provoca o despejo da água poluída diretamente no solo ou a canalização irregular para os cursos

d'água adjacentes (SILVA, 2017; HIRATA, 2019).

Para além de dejetos, poluentes emergentes a exemplos dos fertilizantes e dos agrotóxicos manejados no setor da agricultura também podem impactar diretamente os aquíferos (ISMAEL; ROCHA, 2029; MILIOLI et al., 2022; SILVA et al., 2022; QUEIROZ et al., 2023), pois em contato com o solo os compostos orgânicos, nitratos, sais e metais pesados são absorvidos podendo ocasionar a contaminação das águas subterrâneas. A problemática que envolve a ocorrência de agrotóxico nos aquíferos está relacionada à dificuldade em retirar este micropoluido da água, pois tratamentos convencionais não conseguem removê-lo completamente. Por isso, investir em técnicas avançadas de tratamento de água pode surtir efeito no processo de retirada desse tipo de poluente das águas (BACK, et al., 2019).

3.5 Parâmetros de qualidade da água

3.5.1 Sólidos totais dissolvidos

Os sólidos totais dissolvidos presentes na água incluem substâncias inorgânicas e elementos dissolvidos, os quais normalmente representam a maior parte, ou seja, cerca de 95% do peso total dos sólidos na água. Nos corpos d'água naturais, encontramos compostos químicos que abrangem ânions, como carbonatos, cloretos, sulfatos e nitratos, bem como cátions, tais como o sódio, o potássio, o cálcio e o magnésio. A quantidade de sais presentes na água é ditada pela estrutura geológica na qual o corpo d'água está situado (BRAGA et al., 2021).

De acordo com Da Silva et al (2017), os sólidos totais dissolvidos incluem partículas com um diâmetro menor que 10^{-3} μm que, independentemente de filtração, continuam presentes na água. Existem algumas formas pelas quais os sólidos se aderem à água, podendo ocorrer de maneira natural, como resultado de processos erosivos, a presença de organismos e detritos orgânicos, ou de forma causada pelo ser humano, como o descarte de resíduos e esgoto. Segundo a Resolução CONAMA 396 de 03 de abril de 2008, o valor máximo permitido para sólidos totais dissolvidos é de 1.000 mg/L (CONAMA, 2008). No entanto, a Portaria 888 de 4 de maio de 2021, considera 500 mg/L o valor máximo permitido para água destinada a consumo humano.

3.5.2 Cor

A coloração da água pode ser definida como a tonalidade visual que a água apresenta quando observada. Portanto, a cor de uma amostra d'água vai variar de acordo com o grau de redução de intensidade da luz ao atravessá-la, em razão da existência de sólidos dissolvidos, em especial a matéria em estado coloidal orgânica e inorgânica. De acordo com a CETESB (2009):

Dentre os colóides orgânicos, podem ser mencionados os ácidos húmicos e fúlvicos, substâncias naturais resultantes da decomposição parcial de compostos orgânicos presentes em folhas, dentre outros substratos. Também os esgotos domésticos se caracterizam por apresentarem predominantemente matéria orgânica em estado coloidal, além de diversos efluentes industriais, que contêm taninos (efluentes de curtumes, por exemplo), anilinas (efluentes de indústrias têxteis, indústrias de pigmentos etc.), lignina e celulose (efluentes de indústrias de celulose e papel, da madeira etc.). Há também compostos inorgânicos capazes de causar cor na água. Os principais são os óxidos de ferro e manganês, que são abundantes em diversos tipos de solo. Alguns outros metais presentes em efluentes industriais conferem-lhes cor, mas, em geral, íons dissolvidos pouco ou quase nada interferem na passagem da luz. O problema maior de cor na água é, em geral, o estético, já que causa um efeito repulsivo na população. É importante ressaltar que a coloração, realizada na rede de monitoramento, consiste basicamente na observação visual do técnico de coleta no instante da amostragem (CETESB, 2009. p. 1).

A unidade de medida para expressar a cor é representada em unidade de Hazen (uH). O valor máximo permitido para água de abastecimento público estabelecido pela Portaria de nº 888, de 04 de maio de 2021, do Ministério da Saúde é de 15 uH (BRASIL, 2021).

3.5.3 Turbidez

A turbidez é a quantidade de feixes de luz que atravessam a água. Nas situações em que ocorre a diminuição de intensidade dos feixes de luz ao atravessá-la, em virtude da presença de sólidos suspensos e matéria orgânica, pode-se concluir que a turbidez da água está alta (CETESB, 2009). O método utilizado para determinar a turbidez é o nefelométrico e costuma ser empregado em ações de monitoramento da qualidade da água.

A problemática que envolve uma alta turbidez da água está relacionada ao comprometimento da fotossíntese de vegetações e de organismos aquáticos, acarretando

prejuízos na cadeia alimentar subaquática.

De acordo com a portaria 888 do Ministério da Saúde, o valor máximo permitido para turbidez é de 5,0 uT (Unidades de turbidez) (BRASIL, 2021).

3.5.4 Potencial hidrogeniônico (pH)

Por desempenhar um papel significativo em vários equilíbrios químicos inerentes aos processos naturais e às etapas unitárias de tratamento de água, o pH emerge como um parâmetro crucial em muitas investigações relacionadas ao saneamento ambiental. A influência do pH nos ecossistemas aquáticos naturais é direta, manifestando-se por meio de seus efeitos na fisiologia de diversas espécies. Além disso, seu impacto indireto é igualmente relevante, uma vez que, em condições específicas de pH, pode contribuir para a precipitação de elementos químicos prejudiciais, como metais pesados. Em outras circunstâncias, as condições de pH podem influenciar as solubilidades de nutrientes (CETESB, 2009).

Variações no pH de corpos d'água que se encontram no subsolo podem ocorrer naturalmente, decorrentes da dissolução de rochas, absorção de gases atmosféricos, processos de fotossíntese e/ou através da oxidação da matéria orgânica. Além disso, podem ser causadas pela atividade humana, incluindo o descarte de resíduos domésticos e industriais (BEZERRA et al., 2018). Segundo a Portaria 2.914/2011, é sugerido que o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5 (BRASIL, 2021).

3.5.5 Cloreto

O cloreto é um ânion representado pela sigla Cl⁻ e está presente na água subterrânea devido ao intemperismo de rochas. De acordo com a Cetesb (2009),

Concentrações acima de 250 mg/L causam sabor detectável na água, mas o limite depende dos cátions associados. Os consumidores podem, no entanto, habituarem-se a uma concentração de 250 mg/L, como é o caso de determinadas populações árabes adaptadas ao uso de água contendo 2.000 mg/L de cloreto. No caso do cloreto de cálcio, o sabor só é perceptível em concentrações acima de 1.000 mg/L (CETESB, 2009. p. 9).

A qualidade das águas subterrâneas estabelecida pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), através da Resolução 396/2008, inclui a análise do teor de ânions cloreto e determina o valor máximo permitido de 250mg/L de cloreto na água

destinada para consumo humano. A ingestão de uma água que apresenta valores acima do VMP pode apresentar riscos para a saúde como problemas neurológicos, pois a entrada de íons cloreto em determinados neurônios está associada à função inibitória da glicina e a algumas ações dos receptores nervosos (DA SILVA et al., 2013). Além dos danos aos seres humanos, a presença de grande quantidade de cloreto pode causar interferência em ambientes aquáticos, uma vez que causa variações na pressão osmótica em microrganismos.

O VMP de cloreto na água para fins de irrigação é de 1.000 – 7.000 mg/L e para recreação é de 400 mg/L (CONAMA, 2008). Para fins de dessedentação de animais não foi estabelecido um VMP, portanto, será utilizado o valor de 250 mg/L, estipulado pela Portaria 888/21.

3.5.6 Ferro

O ferro é um elemento químico pertencente à tabela periódica, representado pelo símbolo Fe, possui número atômico 26 e representa um dos parâmetros químicos de qualidade da água. A presença do ferro confere à água uma tonalidade amarelada, provoca manchas em roupas, proporciona um sabor marcante em adstringência e amargor, além de poder desencadear formações de depósitos em tubulações e do crescimento de ferro-bactérias, resultando na contaminação da água dentro do sistema de distribuição (CETESB, 2009).

O ferro é considerado um parâmetro de potabilidade e baseado na Resolução Conama 396/2008, seu valor máximo permitido em águas destinadas ao consumo humano, é de 0,3 mg/L; para irrigação o VMP é de 5 mg/L e para recreação é 0,3 mg/L. Para o uso preponderante “dessedentação de animais” o valor máximo permitido de Ferro na água é de 0,3 mg/L, estabelecido pela Portaria 888/21.

3.5.7 Fluoreto

Fluoreto refere-se ao íon negativo do flúor. Quando o flúor ganha um elétron, forma o íon fluoreto (F^-). O flúor é o mais eletronegativo de todos os elementos da tabela periódica e devido à sua alta reatividade, raramente se expressa em sua forma elementar; ocorrendo predominantemente como fluoreto (CETESB, 2009). A movimentação do fluoreto até os aquíferos ocorre através de lixiviação do Flúor no solo.

Ainda de acordo com a Cetesb (2009), o corpo humano absorve praticamente a

totalidade do fluoreto ingerido através da água, ao passo que o flúor presente nos alimentos não é completamente assimilado, atingindo apenas cerca de 25% em certos casos, como na ingestão de peixes e carnes. Uma vez absorvido, o fluoreto se dispersa rapidamente pelo organismo, sendo majoritariamente retido nos ossos, enquanto uma pequena porção se fixa nos dentes. A excreção do fluoreto ocorre principalmente através da urina, sendo sua eliminação influenciada por diversos fatores, como o estado de saúde da pessoa e seu nível de exposição a essa substância.

Segundo a Resolução Conama 396/2008, o VMP de cloreto nas águas subterrâneas utilizadas para consumo humano é de 1,5 mg/L, 2 mg/L para dessedentação de animais e 1 mg/L para irrigação. Para o uso preponderante “recreação”, não foi determinado o VMP de fluoreto na água, portanto será utilizado o valor de 1,5mg/L, estabelecido pela Portaria 888/21.

3.5.8 Nitrito

Os nitratos, compostos químicos originados do nitrogênio, estão naturalmente presentes na água e no solo em pequenas quantidades. No entanto, quando ocorre a adição de matéria orgânica ao solo, como acontece no uso de fossas sépticas e sistemas de esgoto, ocorre um significativo aumento na quantidade de nitrogênio. O nitrogênio em questão passa por processos de biotransformação e, eventualmente, se converte no nitrato, que por ser altamente solúvel em água, podem chegar até às águas subterrâneas (BRAGA et al 2018). Segundo Da Fonseca Santos e Da Silva (2021), o nitrato pode ser considerado a substância poluente mais amplamente disseminada nas fontes de água subterrânea, representando uma séria ameaça à disponibilidade de água potável em todo o mundo. Portanto, a detecção de níveis elevados deste composto em corpos d'água é um indicativo de contaminação, uma vez que o nitrato é o produto final da oxidação do nitrogênio e sua presença sugere uma poluição de longo alcance.

A resolução Conama 396/2008 estabelece os valores máximos permitidos de nitrato em águas destinadas ao consumo, dessedentação de animais e recreação em 10mg/L, 9 mg/L e 10 mg/L, respectivamente. Para irrigação não foi estabelecido um valor máximo para o composto.

3.5.9 Sódio

É comum que ocorra, em águas naturais, a presença do sódio, uma vez que este elemento é um dos mais prevalentes na Terra e seus sais possuem alta solubilidade em meio aquoso, sendo expresso predominantemente em formato iônico (Na⁺). No entanto, altas concentrações deste elemento químico na água podem ser indicativo de descargas de esgoto na localidade. (CETESB, 2009).

O valor máximo permitido de sódio na água subterrânea destinada ao consumo humano, de acordo com a Resolução 396/2008 é de 200 mg/L; já para a água destinada a recreação é de 300 mg/L. É importante ressaltar que esta resolução não traz o VMP do sódio em águas subterrâneas cujo usos sejam para irrigação e para dessedentação de animais. Portanto, para fins de interpretação dos resultados, o valor máximo permitido para estes usos será de 200 mg/L, baseado na Portaria 888/2021.

3.5.10 Sulfato

O íon sulfato é amplamente distribuído na natureza, sendo originado pela dissolução de solos e rochas, bem como pela oxidação de sulfetos em águas naturais. O controle do sulfato na água tratada é crucial devido aos efeitos laxativos associados à sua ingestão. No contexto do abastecimento industrial, o sulfato pode causar incrustações em caldeiras e trocadores de calor. Em sistemas de esgoto, particularmente em áreas com baixa declividade propícias ao acúmulo de matéria orgânica, o sulfato pode ser transformado em sulfeto, resultando na liberação de gás sulfídrico. Isso não apenas ocasiona problemas de corrosão em coletores de esgoto de concreto, mas também gera odores desagradáveis e representa um risco tóxico (CETESB, 2009).

A Resolução Conama 396/2008 traz em seu corpo os valores máximos permitidos para o sulfato na água subterrânea para consumo humano, dessedentação de animais e recreação, sendo respectivamente, 250 mg/L, 1.000 mg/L e 400 mg/L. O VMP para irrigação não foi estabelecido nesta resolução, portanto, nesta dissertação, será adotado o valor estabelecido pela Portaria 888/21 de 250 mg/L.

3.5.11 Coliformes totais

Os coliformes totais são constituídos por bactérias que se apresentam como bastonetes gram-negativos, são anaeróbios facultativos e têm a capacidade de realizar a fermentação da lactose, resultando na produção de gás. Atualmente, é conhecido que esse grupo engloba pelo menos três gêneros distintos, nomeadamente *Escherichia*, *Enterobacter* e *Klebsiella* (DE OLIVEIRA et al., 2015). Bactérias pertencentes ao

conjunto dos coliformes totais são empregadas como marcadores para avaliar a contaminação bacteriológica da água. Para além de serem detectadas nas fezes, essas bactérias podem estar presentes no ambiente, em locais com elevada quantidade de material orgânico, solo ou vegetação em estado de decomposição. É válido ressaltar que se uma análise revelar a presença de coliformes totais, não se pode confirmar automaticamente a contaminação da água por microrganismos patogênicos, mas indica uma probabilidade significativa (BASTOS, 2013).

Em conformidade com as normativas estabelecidas pela Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde, a água destinada ao consumo humano deve demonstrar a inexistência de bactérias pertencentes ao conjunto dos coliformes totais em uma amostra de 100 ml.

3.5.12 Coliformes fecais

Também conhecidos como coliformes termotolerantes, são frequentemente usados como indicadores de contaminação fecal em testes microbiológicos de água e alimentos. A presença dessas bactérias em níveis elevados na água sugere a possibilidade de contaminação por esgoto ou dejetos humanos ou animais, o que pode indicar um risco potencial para a saúde pública. Portanto, a detecção de coliformes termotolerantes em água potável é um indicativo de que a água pode estar contaminada com patógenos que podem causar doenças (RIBEIRO et al., 2019).

De acordo com a Resolução CONAMA 396 de 03 de abril de 2008, as águas para uso humano devem estar isentas de coliformes termotolerantes em uma amostra de 100ml. Para dessedentação de animais, a contagem de microrganismos pelo número mais provável (NMP) não pode exceder o valor máximo permitido (VMP) DE 200 em uma amostra de 100ml; para recreação, é permitido até 1.000 microrganismos em 100ml. Não existe valor máximo permitido de coliformes termotolerantes para águas subterrâneas destinadas para fins de irrigação.

A *Escherichia coli* é considerada uma bactéria preponderante no subgrupo dos coliformes termotolerantes e é exclusivamente de origem fecal. Demonstra a habilidade de fermentar lactose e manitol, gerando ácido e gás, além de produzir indol a partir do triptofano. Apresenta características como teste de oxidase negativo, ausência de hidrólise de ureia e expressão de atividade das enzimas β -galactosidase e β -glucuronidase. Esse microorganismo, é abundantemente encontrado tanto em fezes

humanas quanto em fezes de animais de sangue, sendo raramente identificado na ausência de contaminação fecal. Portanto, a presença da *E. coli* na água é o indicador mais apropriado de poluição fecal em águas doces (CETESB, 2009).

4 METODOLOGIA

4.1 Caracterização da área de estudo

A área estudada corresponde ao Campus São Cristóvão da Universidade Federal de Sergipe, situado no Bairro Roza Elze e no município de São Cristóvão, estado de Sergipe. De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), São Cristóvão localiza-se no Leste Sergipano, possui 438,037 km² de extensão territorial e estima-se um total de 92.090 pessoas residindo na região (IBGE, 2023).

Com relação aos aspectos relacionados aos recursos hídricos superficiais, o município se insere nas bacias hidrográficas do rio Vaza-Barris e a do rio Sergipe. A drenagem dos corpos d'água também é constituída pelos rios Comprido, Pitanga, Poxim-mirim, Poxim-açu, Pratal e Paramopama. Com relação aos recursos hídricos subterrâneos, pode-se dizer que o município de São Cristóvão apresenta três tipos de domínios hidrogeológicos, sendo eles as Formações Superficiais Cenozoicas, as Bacias Sedimentares e os Metassedimentos.

As Formações Superficiais Cenozoicas são predominantes na localidade e tem um comportamento de “aquífero granular”, possuindo porosidade primária, alta permeabilidade em locais que apresentam terreno arenoso, propiciando condições ótimas de armazenamento e fornecimento de água; as Bacias Sedimentares são formadas por rochas sedimentares variadas, se apresentam como os maiores reservatórios de água subterrânea, e formam aquífero do tipo granular. Em regiões que apresentam clima semiárido, a perfuração de poços profundos pode vir a ser uma solução para o abastecimento de água das populações que ali residem. Já os Metassedimentos/metavulcanitos, são classificados como “aquífero fissural”. Apresentam porosidade secundária e portanto, a ocorrência da água subterrânea se dá através de fraturas e/ou fendas, ou seja, os reservatórios de água são menores em extensão e descontínuos. Por conta disto, a água captada de poços dessa localidade é em suma, salinizada, e portanto, se caracterizam por possuir baixo potencial hidrogeológico (BOMFIM; COSTA; BENVENUTI, 2002).

De acordo com o relatório técnico de perfuração dos poços tubulares do Campus São Cristóvão (UFS), disponibilizado pelo Departamento de Gestão Ambiental e Segurança do Trabalho da Universidade Federal de Sergipe, a formação rochosa que se encontra no Campus é basicamente sedimentar, que, de acordo com Damasceno (2017), representam agregados consolidados de pedaços de rochas e de matéria orgânica. Essas rochas, que compõem apenas 5% da camada externa do nosso planeta, têm uma espessura de aproximadamente 16 km. Ainda de acordo com a autora, a classificação das rochas sedimentares pode ser feita com base na origem dos sedimentos que as constituem, dividindo-as em categorias clásticas e químicas. As rochas clásticas, ou terrígenas, resultam da acumulação de materiais provenientes de processos erosivos e transportados na forma de partículas. Já as rochas químicas são compostas por materiais originados por precipitação química, podendo ter origem inorgânica ou orgânica.

Tendo em vista que a habilidade de permeabilidade oferecida pelos constituintes presentes nos solos e/ou regiões formadas por rochas sedimentares (ERTEL; LOBLER; DA SILVA, 2012), pode-se então concluir que a captação de água subterrânea pode ser uma alternativa viável para fins diversos no Campus São Cristóvão (UFS), que, segundo Matias (2014), é considerado o maior dentre os outros campi pertencentes à Instituição, apresenta maior número de cursos de graduação e pós-graduação e possui dezenove poços que estão distribuídos em toda sua extensão, como representado na Figura 1, ilustrada pela Divisão de Projetos e Orçamento da Universidade Federal de Sergipe (DOFIS). Para fins de delimitação da pesquisa, foram selecionados somente os poços em atividade. Portanto, seis poços foram avaliados.

4.2 Análise do gerenciamento de água subterrânea do Campus São Cristóvão (UFS)

Para a realização desta análise foi utilizada a pesquisa documental como procedimento técnico, que, de acordo com Gil (2002), se aproxima conceitualmente da pesquisa bibliográfica, no entanto, diverge principalmente no que tange a natureza das fontes. Na pesquisa bibliográfica são utilizados documentos que passaram por um crivo científico e, na maioria das vezes, foram publicados, enquanto na pesquisa documental, são utilizados dados brutos sem nenhum tipo de tratamento prévio.

Dessa forma, realizou-se uma coleta de informações para avaliar as condições das águas subterrâneas que alimentam os poços no Campus da UFS, reunindo todos os dados disponíveis sobre os poços perfurados. A pesquisa documental ocorreu utilizando informações fornecidas pelo Departamento de Gestão Ambiental e Segurança do Trabalho da Universidade Federal de Sergipe e se baseou na adaptação da metodologia utilizada por Gomes e Cavalcante (2009), sendo consideradas informações sobre o gerenciamento da água subterrânea no Campus São Cristóvão (UFS).

4.3 Coleta e avaliação das amostras de água dos poços

As coletas da água dos poços foram realizadas em dois momentos. A primeira coleta ocorreu no dia 19 de outubro de 2023 e a segunda coleta, no dia 06 de dezembro de 2023. A metodologia de coleta seguiu percursos distintos, pois houve poços que necessitaram do auxílio de chave grifo para afrouxar a porca do cano e acessar a água; outros poços possuíam um cano com registro e em um dos poços a água foi coletada através de uma mangueira.

Para fins de melhor organização da dissertação, os poços selecionados foram designados de acordo com a ordem cronológica de coleta. Portanto, a localização do poço 1 corresponde ao fundo do edifício da prefeitura (Figura 2); o poço 2 se encontra em frente ao auditório da Associação dos Docentes da Universidade Federal de Sergipe - ADUS (Figura 3); o poço 3 está localizado ao lado do Departamento de Ciências Sociais (Figura 4); poço 4, ao lado do Departamento de Engenharia Civil (Figura 5); poço 5, ao lado da Didática 7 (Figura 6) e o poço 6 se encontra na entrada de pedestres (Figura 7).

Figura 2 - Poço 1. Localizado aos fundos do edifício da Prefeitura, no Campus de São Cristóvão, UFS.



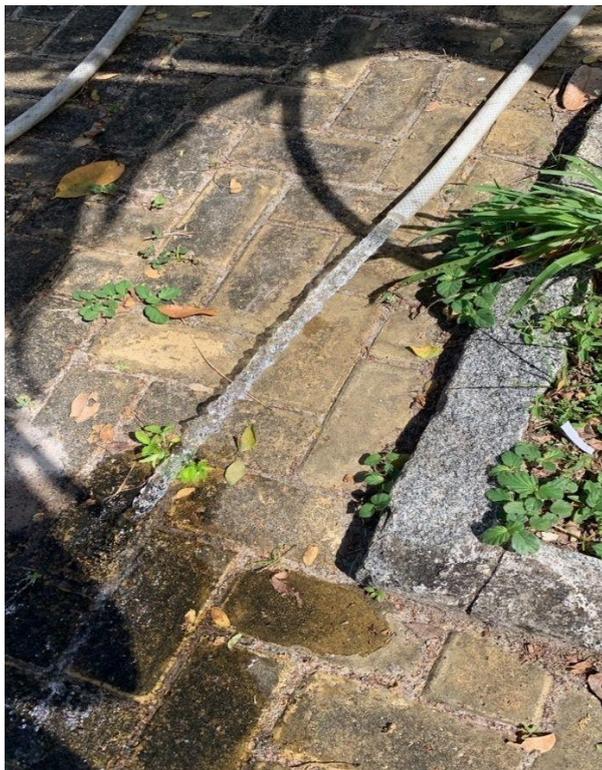
Fonte: Autora (2023).

Figura 3 - Poço 2. Localizado em frente ao auditório da ADUFS, no Campus de São Cristóvão, UFS.



Fonte: Autora (2023).

Figura 4 - Poço 3. Localizado ao lado do Departamento de Ciências Sociais, no Campus de São Cristóvão, UFS.



Fonte: Autora (2023).

Figura 5 - Poço 4. Localizado ao lado do Departamento de Engenharia Civil, no Campus de São Cristóvão, UFS.



Fonte: Autora (2023).

Figura 6 - Poço 5. Localizado ao lado da Didática 7, no Campus de São Cristóvão, UFS.



Fonte: Autora (2023).

Figura 7 - Poço 6. Localizado em frente à entrada de pedestres, no Campus de São Cristóvão, UFS.



Fonte: Autora (2023).

Os recipientes utilizados para a coleta da água foram disponibilizados pela DESO, sendo que o material dos frascos de coleta para análises físico-químicas é constituído em plástico e os frascos de coleta para análise microbiológica são constituídos de vidro (Figura 8) e foram previamente autoclavados, para que não ocorresse possibilidade de contaminação.

Figura 8 - Frascos utilizados para a coleta da água, no Campus de São Cristóvão, UFS.



Fonte: Autora (2023).

Tanto na primeira etapa da coleta quanto na segunda, em menção aos parâmetros físico-químicos, os recipientes de coleta foram lavados com a própria amostra e coletou-se 450 mL de água de cada poço. Realizada a coleta, os recipientes foram devidamente identificados com o nome da responsável pelas amostras, número do poço, data da coleta e a finalidade do exame, que no caso da pesquisa em questão, se trata de água subterrânea. Com relação a análise microbiológica, foram utilizados frascos estéreis para a coleta. Foi coletado 250 mL de água e, em seguida, os frascos foram identificados com as especificações anteriormente mencionadas. Após a coleta, as amostras foram encaminhadas para a Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO), onde foram realizadas as análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água referentes aos parâmetros cor, dureza, pH, turbidez, sólidos totais dissolvidos,

cloreto, ferro, fluoreto, nitrato, sódio, sulfato, coliformes totais e *E. coli*.

4.4 Análise físico-química e microbiológica da água dos poços

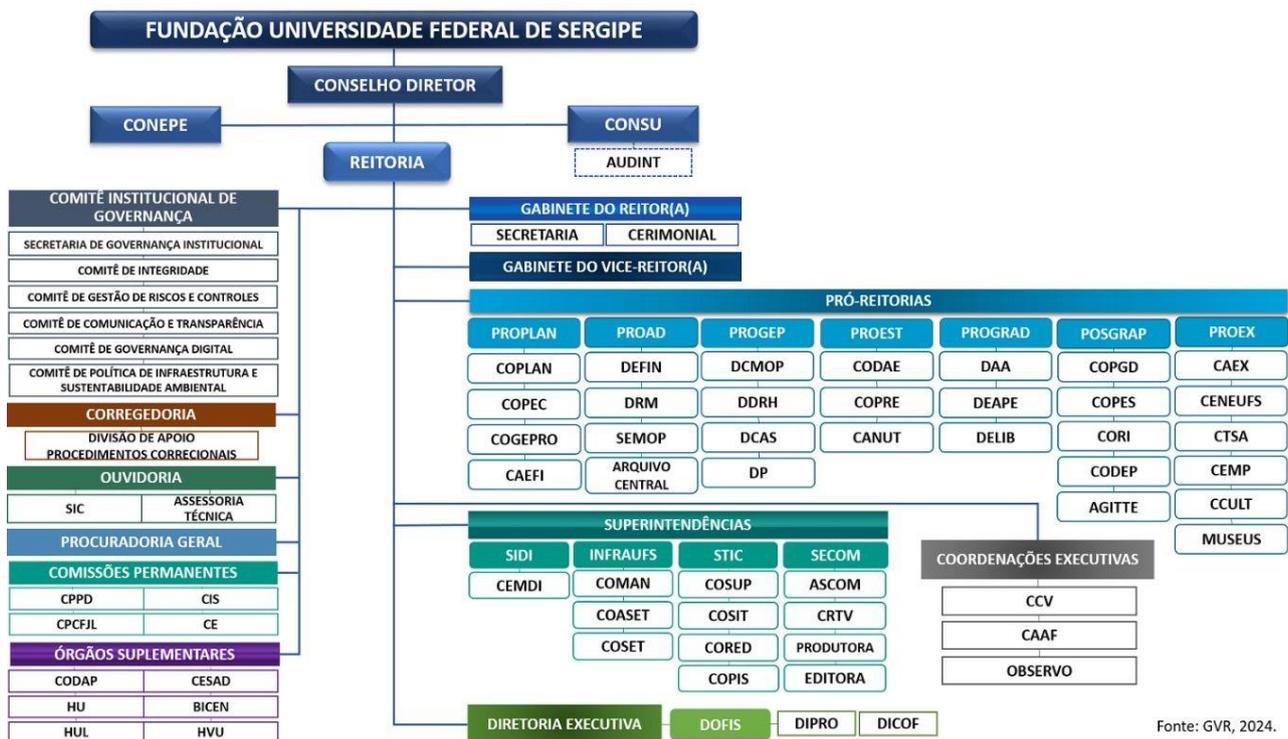
Para a análise dos resultados foram utilizadas a Resolução CONAMA nº 396 de 3 de abril de 2008 como base para os usos da água em dessedentação de animais, irrigação e recreação, a Portaria 888 de 04 de maio de 2021 como base para consumo humano e a bibliografia de Ayers e Westcot (1985) para definir a faixa de pH ideal para irrigação. Portanto, a bibliografia acima citada foi utilizada como modelo comparativo com os resultados obtidos através da análise da água, pois constam nelas os parâmetros analisados, bem como seus valores máximos permitidos (VMP). Dessa forma, foi possível concluir se a água subterrânea do Campus São Cristóvão – UFS possui qualidade potencial para ser destinada a um ou mais usos preponderantes, sendo eles: consumo humano, dessedentação de animais, irrigação e recreação.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise do gerenciamento de água subterrânea do Campus São Cristóvão (UFS)

A estrutura organizacional da Universidade Federal de Sergipe pode ser observada através do organograma representado pela Figura 9. As configurações das estruturas organizacionais dos setores administrativo e acadêmico são fundamentadas nos documentos normativos da Universidade, evidenciando, principalmente, o Estatuto UFS, o Regimento Interno da Reitoria e os regimentos internos dos Centros/Campi.

Figura 9 - Estrutura Organizacional dos Sistemas Administrativo e Acadêmico.



Fonte: GVR, 2024.

Fonte: Universidade Federal de Sergipe (2024).

O órgão responsável pelos poços freáticos no Campus é a Superintendência de Serviços de Infraestrutura (INFRAUFS), que através da Coordenação de Gestão Ambiental e Segurança do Trabalho (COASET) impulsiona, articula e supervisiona de maneira integrada as políticas e ações referentes às condições ambientais da UFS. Dessa forma, a partir de informações obtidas através de uma pesquisa documental realizada com dados disponibilizados pela COASET, pode-se observar que a Universidade possui 19 poços georreferenciados, no entanto, somente seis deles estão ativos; a UFS São Cristóvão não faz análise de qualidade da água dos poços ativos tampouco dos poços inativos, diferentemente da realidade da Universidade Federal de Santa Maria, no Rio Grande do Sul, onde existiam quatro poços inativos mas que, mesmo assim, possuíam análises físico-químicas realizadas (MOREIRA et al., 2005);

Além de não existir avaliação da qualidade da água do Campus, também não é realizado o monitoramento do recurso em questão. Este cenário é desafiador, visto que o monitoramento regular da água subterrânea é essencial para assegurar a qualidade, a disponibilidade sustentável e a preservação desse recurso. De acordo com Genaro (2022), existe uma gama de vantagens em se implementar o monitoramento da água subterrânea, como: o cálculo do equilíbrio hídrico fundamentado em parâmetros mais

robustos; Projeções de recarga, porosidade eficaz e reservas renováveis para os aquíferos; Avaliação da permanência das águas subterrâneas, a partir das respostas do nível d'água e das vazões dos cursos d'água em relação a um evento de recarga; Estabelecimento da relação entre os cursos d'água e o fluxo subterrâneo.

Os poços da Universidade não possuem outorga, haja visto a não obrigatoriedade que consta no Art. 8 do Decreto nº 18.456 de 03 de dezembro de 1999, Art. 8º - independem de outorga pelo poder público:

- I - o uso de recursos hídricos para satisfação das necessidades de pequenos núcleos populacionais, distribuídos no meio rural;
- II - as derivações, captações e lançamentos considerados insignificantes, tanto do ponto de vista de volume quanto de carga poluente;
- III - as acumulações de volumes de água consideradas insignificantes.

De acordo com o Boletim Progestão nº 23 (ANA, 2020), a implantação completa e eficiente da outorga de direito de uso de recursos hídricos sempre representou um desafio. Esse desafio é agravado pela falta de informações sobre a disponibilidade e demanda hídrica, pela ausência de uma base cartográfica digital georreferenciada, pela fiscalização deficiente e pela resistência dos usuários em entender a importância desse mecanismo para a gestão adequada dos recursos hídricos estaduais escassos. Além disso, a inexistência de um sistema informatizado para armazenar os dados contribui para essa dificuldade. Portanto, é necessário implementar também os outros instrumentos previstos na lei de recursos hídricos para que a outorga de direito de uso funcione plenamente.

Não existe inspeção periódica, tampouco manutenção preventiva dos poços do Campus, salvo em poços ativos, quando surge algum problema de funcionamento nos mesmos. Tendo em vista a inexistência de manutenções frequentes nos poços, pode-se prever inúmeros problemas futuros uma vez que a manutenção regular é uma prática fundamental para garantir a qualidade da água, a sustentabilidade hídrica e a durabilidade do sistema. Estabelecer um serviço contínuo para a operação e manutenção de poços, onde a supervisão sistemática tenha prioridade sobre intervenções corretivas ou emergenciais de natureza aleatória, demanda a criação de programas apropriados. Isso deve ser fundamentado na padronização de critérios e procedimentos, na implementação da infraestrutura requerida e na coordenação eficaz das equipes responsáveis (ROCHA; JORBA, 2007).

Ainda de acordo com Rocha e Jorba (2007), a operação e manutenção dos poços pode ser subdividida em três etapas: pré-operação, operação programada e manutenção. Na pré-operação, é realizado o levantamento de informações básicas sobre os poços, a fim de obter dados suficientes para a escrita do relatório padrão. Neste relatório deverá conter instruções sobre testes e análises como vazão explorável, hidrodinâmica do aquífero e análises físico-químicas. Após obter os resultados dos testes é possível então estabelecer as condições de operação, momento em que se inicia a operação programada. A operação programada é caracterizada pela frequência nas medições de atividades dos poços e de seus sistemas de bombeamento, ocorrendo controle diário, mensal e anual. É válido ressaltar a importância da escrita de relatórios contendo todas as informações obtidas através das medições, sendo que através da ficha anual, será concluído se o programa foi satisfatório ou não. A etapa de manutenção é demarcada pelo programa de manutenção, onde são realizados controles diários, mensais, semestrais e anuais. Caso o controle diário acuse algum tipo de adversidade, é identificado o problema para que se identifique as causas a fim de aplicar soluções. Após a avaliação dos resultados, caso o problema tenha sido resolvido, as fichas são atualizadas, e, portanto, segue-se o ciclo de controle.

Além disso, a implementação de um programa de manutenção preventiva em poços impede a ocorrência de questões como a escassez no fornecimento de água (DE MELO, 2006). Assim, para garantir que o poço mantenha suas condições operacionais ideais, torna-se crucial realizar manutenções regulares. A ausência dessas práticas pode resultar na diminuição da quantidade e na redução da qualidade da água extraída (DE OLIVEIRA SILVA; VIANA; DA SILVA, 2021).

Ao buscar informações acerca de procedimentos de correção em casos de problemas com quantidade ou qualidade da água no Campus, foi possível constatar a inexistência de métodos que visassem a resolução da problemática em questão. A problemática que abarca o abastecimento de água, seja em relação à quantidade ou qualidade, gera crescente preocupação entre as autoridades responsáveis e uma parcela expressiva da população.

A Universidade não realiza testes de bombeamento para verificação da taxa de recuperação dos poços. Isso implica em possíveis prejuízos, uma vez que os testes de bombeamento constituem um dos métodos mais eficazes para adquirir informações sobre as características do aquífero, tais como condutividade hidráulica, transmissividade e capacidade de armazenamento (MIGUEL; CAMPOS, 2024). Um

teste de bombeamento consiste na retirada de água de um poço ao longo de um intervalo de tempo, enquanto são registradas as variações no rebaixamento do nível da água em relação ao tempo. Essa avaliação, quando devidamente conduzida, permite a dedução dos parâmetros hidrodinâmicos do aquífero, a formulação da equação de desempenho do poço para distintos períodos de extração, a mensuração da capacidade produtiva do poço, o dimensionamento do equipamento de extração, o padrão de extração e a determinação da posição do crivo da bomba.

A UFS não possui um sistema de tratamento de água para garantir a potabilidade do recurso extraído no Campus. Para Follmann et al., (2016), existem motivos que contribuem para a ausência e a não disseminação de sistemas de tratamento de água, tais como o custo associado equipamentos e materiais, a inacessibilidade a tecnologias e a defasagem de legislações. É válido ressaltar que o tratamento de águas subterrâneas pode ser realizado por meio de diversas tecnologias, sempre adaptando-se à condição inicial da água e ao padrão de qualidade desejado como resultado final (DE SOUSA; CAVALCANTI; ANACLETO, 2008; MARCELINO et al., 2017; DA SILVA et al., 2023).

Não existe iniciativa de conservação de água subterrânea no Campus, diferentemente do que ocorre no Campus da Universidade Federal de Santa Maria, no Rio Grande do Sul. O estudo de Marion (2009), realizou uma avaliação da vulnerabilidade das águas subterrâneas no Campus da UFSM e os resultados encontrados através desta pesquisa podem ser dados valiosos para elaboração de um plano de conservação de águas subterrâneas.

Segundo Carneiro (2016), para contribuir para a preservação da água, é necessário que se implemente práticas visando a economia desse recurso, resultando em economias substanciais, tanto em termos de água quanto de custos associados. Essas medidas podem envolver a adoção de dispositivos de baixo consumo, a implementação de intervenções como a redução de perdas por vazamentos, a introdução de tecnologias alternativas, a realização de ações educativas, entre outras. As práticas relacionadas às iniciativas de conservação da água, abrangem programas que promovem a conservação e o uso racional da água, agindo tanto na oferta quanto na demanda desse recurso.

Com relação aos usos da água subterrânea dentro do Campus, pode-se inferir que o recurso é destinado basicamente para irrigação. O poço 1 é utilizado para suprir demandas de água do biotério e do horto; as didáticas 1, 2, 3, 4, são irrigadas pelo poço 2; o poço 3 é utilizado para irrigar a praça da democracia; o poço 4 é responsável por

atender as necessidades de irrigação do jardim da reitoria; as didáticas 5 e 6 tem parte dos seus jardins irrigados pelo poço 6, que supre também a irrigação do jardim da entrada do Campus.

A Universidade possui um único documento referente aos poços e se trata do relatório técnico de perfuração dos poços tubulares do Campus São Cristóvão (UFS). O relatório traz informações estruturais como profundidade, nível estático, nível dinâmico, vazão, aquífero, as rochas encontradas no subsolo do local perfurado, o tipo de perfuratriz utilizada na perfuração do poço, bem como, análise físico-química.

Dos seis poços estudados, todos possuem 20 m de profundidade, o que segundo Amaral et al., (2003) indica a vulnerabilidade à contaminação desse tipo de fonte, especialmente no período úmido, devido à rápida infiltração de microrganismos em direção ao lençol freático, junto ao fato de que o nível da água, nesse período, se aproxima da superfície do solo.

Os níveis estáticos variaram entre 1 m e 4 m, os valores dos níveis dinâmicos se mantiveram padronizados em 18 m e os valores de vazão variaram entre 2 m³/h e 10,1 m³/h. De acordo com o relatório, o aquífero pode ser classificado como livre e as rochas, sedimentares.

Os Aquíferos livres se manifestam quando a pressão da água na superfície da zona saturada alcança um equilíbrio com a pressão atmosférica, possibilitando comunicação livre. Esses aquíferos são os mais frequentes e amplamente utilizados pela população, embora também enfrentem desafios significativos relacionados à contaminação (MOREIRA, 2005). Tendo em vista o mencionado, ainda pode-se reiterar que a qualidade da água pode estar associada à profundidade dos poços. Compreende-se que a profundidade pode diminuir a probabilidade de contaminação por substâncias que tenham maior resistência em penetrar o solo (CAPPI et al., 2012; DE OLIVEIRA SILVA; VIANA; DA SILVA, 2021).

Os parâmetros físico-químicos analisados pelo laboratório de análise de água ACQUAPISCINA foram: amônia, cloretos, condutividade elétrica, cor aparente, dureza total, ferro total, pH, sólidos totais dissolvidos e turbidez. É válido ressaltar que não foi realizada análise microbiológica e que os valores de referências utilizados pelo laboratório seguiram a Portaria nº 518 de 25 de março de 2004, que estabelecia os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

Dos poços ativos, conferidos ao presente trabalho, somente dois possuem laudo

de análise laboratorial, o poço 2 e o poço 9. O poço 2 foi perfurado em 4 de setembro de 2010 e a coleta da água para análise físico-química foi realizada no dia 14 de setembro de 2010 às 08hs 16min. De acordo com os resultados obtidos, a água do poço 2 foi considerada insatisfatória, tendo em vista que os parâmetros cor aparente, ferro total, pH e turbidez se encontravam fora do limite permissível (Tabela 1). Já o poço 9 foi perfurado em 11 de setembro de 2010 e a coleta da água foi realizada em 14 de setembro de 2010 às 08hs 21min. Através dos resultados obtidos, pôde-se constatar que os parâmetros fora dos valores permissíveis foram cor aparente, ferro total, pH e turbidez (Tabela 2).

Tabela 1. Boletim de análise referente ao poço 2.

Tipo de análise: Físico-química		
Parâmetros	Valores encontrados	Valores permissíveis
Amônia (mg-/L N)	0,04	1,50
Cloretos (p.p.m Cl ⁻)	135,80	250
Condutividade elétrica (µS/cm)	203,70	1.500
Cor aparente (PCU Unid. Co/Pt)	40,00	15
Dureza total (ppm CaCO ₃)	30,06	500
Ferro Total (p.p.m Fe)	0,76	0,30
pH	4,72	6,0 – 9,0
Sólidos totais dissolvidos (mg/L)	138,50	1.000
Turbidez (UNT)	8,24	5

Valores de referência segundo Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde.

Fonte: Relatório técnico de perfuração dos poços tubulares, (2010).

Tabela 2. Boletim de análise referente ao poço 9.

Tipo de análise: Físico-química		
Parâmetros	Valores encontrados	Valores permissíveis
Amônia (mg-/L N)	0,05	1,50
Cloretos (p.p.m Cl ⁻)	135,80	250
Condutividade elétrica (µS/cm)	198,80	1.500
Cor aparente (PCU Unid. Co/Pt)	20,00	15
Dureza total (ppm CaCO ₃)	29,06	500
Ferro Total (p.p.m Fe)	0,70	0,30
pH	5,13	6,0 – 9,0

Sólidos totais dissolvidos (mg/L)	135,20	1.000
Turbidez (UNT)	8,11	5

Valores de referência segundo Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde.

Fonte: Relatório técnico de perfuração dos poços tubulares, (2010).

Além do relatório de perfuração, existe também o Plano Estratégico Institucional (PEI), que se trata do produto do planejamento estratégico das organizações públicas. No contexto da Universidade Federal de Sergipe, optou-se por uma abordagem que consolida, anualmente, as iniciativas estratégicas da instituição em um único documento. Esse registro, apresentado de maneira simplificada, atua como um complemento ao Plano de Desenvolvimento Institucional (PDI).

Dentre os macroprocessos de Gestão da Infraestrutura e Logística Sustentável apresentados no Plano Estratégico Institucional, foram elaboradas algumas ações cujo objetivo era reduzir o consumo de água tratada para fins não potáveis mediante utilização de poços freáticos em 2023, tais como 1) Solicitar a realização de campanha de conscientização com o Objetivo de reduzir o consumo de água; 2) Substituir os vasos sanitários de coluna de água por vasos acoplados; 3) Substituir torneiras tradicionais por torneiras de pressão 4) Utilizar os poços artesianos para irrigação das áreas externas.

5.2 Resultados da Análise físico-química e microbiológica da água dos poços

Para fins de melhor ilustração, os resultados obtidos através da análise da água foram comparados com os Valores Máximos Permitidos pela Portaria 888/2021, em menção a água para consumo humano e pela Resolução Conama 396/2005 para a água destinada à irrigação, dessedentação de animais e recreação (Tabela 3).

Tabela 3. Resultado da análise da água subterrânea extraída no Campus São Cristóvão referente aos valores máximos permitidos para fins de consumo humano, dessedentação de animais, irrigação e recreação.

Parâmetros	Unidades	Coleta 1						VMP*			
		Poço 1	Poço 2	Poço 3	Poço 4	Poço 5	Poço 6	Consumo humano	Dessedentação de animais	Irrigação	Recreação
STDs	mg/L	204	222	264	244	240	346	1.000	1.000	1.000	1.000
Cor	uH	9,60	13	6,90	23,90	20,10	35	15	-	-	-
Turbidez	uT	1,43	0,45	1,79	1,74	4,57	3,51	5	-	-	-
pH	-	6,13	6,30	5,77	6,73	6,92	7	6 a 9	-	6,5 – 8,4	-
Cloreto	mg/L	25,57	41,20	46,16	54,83	26,89	50,75	250	-	1.000 – 7.000	40
Ferro	mg/L	3,50	0,51	0,78	0,45	0,48	3,50	0,3	-	5	0,3
Fluoreto	mg/L	0,05	0,04	0,01	0,01	0,56	0,06	1,5	2	1	-
Nitrato	mg/L	3,14	0,11	0,01	0,14	0,73	0,07	10	90	-	10
Sódio	mg/L	15,23	23,06	27,32	23,49	13,75	36,88	200	2.000	-	300
Sulfato	mg/L	24,81	31,13	41,13	19,40	69,16	56,28	250	1.000	-	250
Coliformes termotolerantes	UFC/100 mL	2.600	1	590	1.850	15	420	Ausência	200/100	-	1.000/100
<i>E. coli</i>	UFC/100 mL	0	0	0	0	0	0	Ausência	200/100	-	800/100

Parâmetros	Unidades	Coleta 2						VMP*			
		Poço 1	Poço 2	Poço 3	Poço 4	Poço 5	Poço 6	Consumo humano	Dessedentação de animais	Irrigação	Recreação
STDs	mg/L	108	116	128	168	128	184	1.000	1.000	1.000	1.000
Cor	uH	14,20	7,10	15,90	22,80	64,30	96,30	15	-	-	-
Turbidez	uT	3,07	0,34	4,74	5,04	3,41	5,12	5	-	-	-
pH	-	7,26	6,35	6,11	6,76	6,79	6,12	6 a 9	-	6,5 – 8,4	-
Cloreto	mg/L	24,07	37,19	47,20	51,99	57,51	41,02	250	-	1.000 – 7.000	40
Ferro	mg/L	0,66	0,30	0,53	0,76	1,11	3,81	0,3	-	5	0,3
Fluoreto	mg/L	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,08	1,5	2	1	-
Nitrato	mg/L	2,63	0,04	0,02	0,74	0,24	1,52	10	90	-	10
Sódio	mg/L	13,02	19,29	24,80	20,44	32,82	21,42	200	2.000	-	300
Sulfato	mg/L	24,24	28,64	38,66	19,59	48,15	21,87	250	1.000	-	250
Coliformes termotolerantes	UFC/100 mL	620	480	72	350	14	48	Ausência	200/100	-	1.000/100
<i>E. coli</i>	UFC/100 mL	38	0	0	0	0	0	Ausência	200/100	-	800/100

* Valor máximo permitido
UFC – Unidade Formadora de Colônias

Em se tratando da água subterrânea para consumo humano, o parâmetro sólidos totais dissolvidos, atendeu ao padrão estabelecido pela Portaria 888/2021 em todas as amostras, apresentando valores abaixo de 500 mg/L. Através dos resultados deste estudo, pode-se inferir que Santos (2017), obteve resultados semelhantes para STDs que variaram entre 146 mg/L e 283 mg/L. Da Silva et al (2017), avaliaram os parâmetros físico-químicos da água utilizada para consumo humano em poços artesianos na cidade de Remígio, Paraíba, e também apresentaram valores de sólidos totais dissolvidos similares, variando entre 180,6 mg/L e 268,3 mg/L. Ambas as conclusões exibem números significativamente abaixo do limite máximo estipulado pela legislação vigente de potabilidade para o referido parâmetro.

O valor máximo permitido referente ao parâmetro “cor” pela Portaria MS Nº 888/21 é de 15 uH como padrão de aceitação para consumo humano. Através dos resultados obtidos pode-se observar que os poços 1, 2 e 3 atendem os VMPs exigidos, no entanto, os poços 4, 5 e 6 apresentam valores além do permitido. Para Bastos (2013), a cor da água, uma vez apresentando aparência desfavorável, é motivo de rejeição por parte do consumidor. No entanto, isso não implica em ameaças à saúde humana. Esses níveis elevados podem estar associados à presença de uma grande quantidade de substâncias dissolvidas na água, presença de ferro e manganês, decomposição de matéria orgânica, além da possível presença de esgoto na localidade (SOUZA et al., 2004).

Todos os poços avaliados apresentaram valores de turbidez abaixo de 5 uT, conforme previsto na legislação, e esse resultado pode ser corroborado por Santos (2013). Para a autora, no que se refere às águas subterrâneas, geralmente não são observados problemas significativos de turbidez, conforme evidenciado pelos resultados obtidos. Mendes et al., (2013) encontraram valores semelhantes aos apresentados neste trabalho, com turbidez média de 2,38 uT.

Os resultados obtidos de pH através deste estudo, indicam que a água está dentro dos VMPs pela Portaria 888/21, no entanto, o poço 3 apresenta valor abaixo do permitido, caracterizando a água moderadamente ácida. O pH é um indicador que reflete a concentração de íons hidrogênio (H⁺), fornecendo informações se a água é ácida, neutra ou alcalina. De acordo com Braga et al., (2018), o pH das águas subterrâneas costuma situar-se, em geral, entre 5,5 e 8,5. Este é um parâmetro de avaliação crucial e é necessário contínuo monitoramento para aprimorar a qualidade da água subterrânea que será destinada a um fim.

Santos (2013), encontrou resultados similares aos deste estudo, quando seus dados de pH revelaram que dentre as três amostras analisadas, somente duas estavam em concordância com o intervalo de pH estabelecido pelas normas legais. Essas normas indicam que a água destinada ao consumo humano deve situar-se entre pH 6,0 e 9,5. A amostra que demonstrou estar fora desses parâmetros, foi considerada ligeiramente ácida para o consumo humano.

As concentrações de cloretos presentes nas amostras estão dentro dos limites considerados normais, conforme estabelecido pela legislação em vigor, não apresentando ameaças à saúde humana. Normalmente, as águas subterrâneas contêm concentrações de cloretos que são tipicamente inferiores a 100 mg/L (DE LIMA; FRANÇA; LOIOLA, 2014; RUPIAS, 2020). Concentrações acima de 250 mg/L, conferem a água o sabor salgado (FUNASA, 2013).

As análises de água dos poços apresentaram teores de ferro acima dos valores máximos permitidos, variando entre 0,4 mg/L e 3,65 mg/L. Apesar de o ferro ser reconhecido como um elemento essencial para a saúde humana, sua presença em concentrações elevadas pode acarretar complicações em diversos processos fisiológicos do organismo, além de causar inconvenientes na vida diária (DA SILVA et al., 2023). Do Carmo e De Oliveira (2020), constataram que, dentre as 494 análises de água proveniente de poços perfurados entre os anos de 2003 e 2013 em uma região de domínio de rochas sedimentares, 152 demonstraram elevadas concentrações de ferro.

Com relação ao parâmetro fluoreto, pode-se observar que todos os poços apresentaram valores de acordo com a portaria vigente. Rocha et al., (2023) avaliaram a qualidade das águas de cinco aquíferos localizados na Bacia Hidrográfica do Rio Piauí, no estado de Sergipe e concluiu que todas as amostras apresentaram valores abaixo dos VMPs estabelecidos, corroborando com os resultados deste estudo. De acordo com Maahs e Vieira (2022), no tocante à água para consumo, a inclusão do flúor é uma questão um tanto debatida. Enquanto a presença de fluoreto na água desempenha um papel significativo no combate à cárie dentária, o excesso desse íon na ingestão pode resultar em fluorose e potencialmente desencadear outras doenças ou problemas de saúde.

Resultados acerca das concentrações de nitrato correspondem a valores aceitáveis de acordo com a Portaria 888/21, ratificando assim, que a presença natural de nitrato nas águas subterrâneas é reduzida (TEDESCO; OLIVEIRA; TROJAN, 2021).

No entanto, pode ocorrer a elevação devido ao uso excessivo de fertilizantes nitrogenados e à descarga de substâncias.

A ingestão de nitrato através das fontes de abastecimento de água está associada a potenciais danos, tais como a meta-hemoglobinemia, também conhecida como "síndrome do bebê azul". Essa condição é uma enfermidade que se manifesta pela redução de oxigênio na corrente sanguínea, resultando em alteração da coloração da pele do bebê, que adquire tonalidade azulada. Além disso, a absorção em grande quantidade de nitratos na água pode também estar relacionada ao desenvolvimento de câncer gástrico, decorrente da formação de nitrosaminas com propriedades carcinogênicas (LAUTHARTTE et al., 2016; DA FONSECA SANTOS; DA SILVA, 2021).

A análise referente as quantidades de sódios nas amostras de água apresentaram-se dentro dos VMPs, variando entre 14,12 mg/L e 32,82 mg/L. O sódio desempenha um papel crucial no contínuo aumento da salinidade das águas naturais do ponto de vista catiônico. Geralmente, observa-se um acréscimo gradual nos níveis de sódio nas águas subterrâneas, começando na zona de recarga e avançando em direção às áreas mais confinadas ou saídas naturais dessas águas. A concentração de sódio varia em geral entre 0,1 e 100 mg/L nas águas subterrâneas, e entre 1 e 150 mg/L em águas doces naturais. Nas águas dos oceanos, a média alcança 11.100 mg/L, podendo atingir até 100.000 mg/L em salmouras naturais (RUPIAS, 2020).

As médias de concentração de sulfato na água coletada variaram entre 24,52 mg/L e 48,15 mg/L e estão bem abaixo do valor máximo permitido pela Portaria 888/21. Quando a água de fornecimento possui níveis elevados de sulfato, torna-se necessário que haja a realização de uma análise sanitária na região de captação dessa água (MENDES et al., 2013). Segundo Júnior (2020), os níveis de sulfato encontrados em águas naturais podem oscilar entre 2 e 80 mg/L.

A regulamentação contida na Portaria nº 888/2021 define os critérios microbiológicos para a água destinada ao consumo humano, exigindo a inexistência de coliformes totais e *Escherichia coli* em 100 mL das amostras de água analisadas. No entanto, através dos resultados obtidos, pode-se observar que todos os poços avaliados apresentaram presença de coliformes totais e somente no poço 1, foram encontradas 19 unidades formadoras de colônias de *E. coli* em 100 ml de água. O indicador de coliformes totais reflete as condições de higiene, enquanto o índice de coliformes fecais é utilizado como um marcador de contaminação proveniente de fezes, avaliando a

presença de condições sanitárias inadequadas (FRANCO et al., 2020). De acordo com a DWAF (1996), os coliformes fecais, especialmente a *Escherichia coli*, são os indicadores bacterianos mais comuns para detectar a poluição fecal. Essa categoria de indicadores é empregada na avaliação da qualidade de efluentes de água bruta destinada ao abastecimento de água potável, água tratada para consumo, água utilizada em irrigação e aquicultura, além das águas recreativas. De acordo De Oliveira et al., (2015), uma maneira de garantir a qualidade, preservação e conservação dos recursos hídricos é por meio da utilização de bioindicadores, que são organismos vivos ou comunidades cujas funções revelam a presença e os tipos de alterações ambientais que podem impactar o meio. Uma vez presente na água, estes organismos podem vir a desencadear problemas de saúde pública, pois diversas doenças podem ser veiculadas através da água (CORREIA et al., 2021; DO PRADO et al., 2021; MEDEIROS; NAVONI, 2023).

Como ilustrado na tabela 3, é possível observar que a água para fins de dessedentação de animais apresentou resultados dos sólidos totais dissolvidos bem abaixo do limite imposto pela Resolução 396/2008. Para Palhares (2014), a avaliação dos sólidos totais dissolvidos oferece informações sobre a quantidade de minerais presentes, tais como cálcio, magnésio, enxofre, sódio e cloro. Os animais têm a capacidade de ingerir água com elevada concentração desses sólidos por alguns dias sem impactar negativamente seu desempenho. A tolerância dos animais a essa condição varia conforme a espécie, a idade, a demanda hídrica, a estação do ano e o estado fisiológico. O principal efeito clínico associado ao excesso de minerais na água é a ocorrência de diarreia.

A Resolução Conama 396/2008 não especifica os VMPs para cor, turbidez, pH, cloreto e ferro. No entanto, através de análise da cor da água, pode-se inferir a presença de fenômenos, como a eutrofização. Tanques utilizados para a dessedentação de animais podem estar sujeitos a este processo que é caracterizado pela tonalidade verde da água, que também pode exibir nuances de vermelho e azul, além da existência de áreas com aspecto oleoso. Conforme o nível de eutrofização, os animais podem diminuir o consumo, e, em alguns casos, pode ocorrer mortalidade devido à toxicidade associada à presença de determinadas algas (PALHARES, 2014).

No que diz respeito à turbidez, De acordo com De Salis (2013), é crucial atentar para o padrão deste parâmetro, a fim de assegurar a qualidade microbiológica da água. Isso se deve ao fato de que a presença de patógenos, como o *Cryptosporidium* spp., está correlacionada à turbidez e portanto, quanto maior for o seu resultado, maior a

probabilidade deste microrganismo estar presente. Em animais, pode ocasionar a criptosporidiose, com incidência significativa em rebanhos bovinos (TEMBUE et al., 2006) em cães (FERRAZ et al., 2021), em suínos (BREGONDE et al., 2020) e em cabras (OLIVEIRA et al., 2023).

Os íons de cloreto podem ser encontrados em praticamente todos os tipos de corpos hídricos, originando-se da dissolução de diversos sais, como, por exemplo, o cloreto de sódio. Portanto, a mensuração da concentração de cloretos na água tem como objetivo proporcionar uma maior percepção acerca do nível de mineralização ou evidências de contaminação (OLIVEIRA; CAMPOS; MEDEIROS, 2010; SANTOS FILHO; GOMES; COSTA, 2019). A ingestão de água com altas quantidades de cloreto de sódio, pode acarretar problemas nos rins, modificação do equilíbrio eletrolítico dentro das células e a pressão no organismo podem resultar em uma variante de desidratação, além de tornar difícil a ingestão de água pelos animais.

O ferro representa o metal mais presente na crosta terrestre, sendo localizado em solos e minerais, predominantemente na forma de óxido férrico de baixa solubilidade. De acordo com Gama et al., (2004), geralmente, o ferro está ligado ao manganês, conferindo à água um sabor adstringente e amargo, uma coloração amarelada e tornando-se turva quando atinge concentrações acima de 0,3 mg/L. Em altas concentrações, pode ser potencialmente tóxico para animais (PALHARES, 2014).

Na avaliação das quantidades de fluoreto na água dos poços, foram constatados valores dentro dos VMPs permitidos pela Resolução Conama 396/2008 (2 mg/L). Os valores variaram entre 0,02 mg/L e 0,07 mg/L. Para Alejandra Herrero (2016), o fluoreto causa impactos danosos em concentrações superiores a 2 mg/L, resultando na redução da longevidade de vacas e por isso, cresce a demanda por substituição de animais.

Quando se avalia a qualidade da água destinada à dessedentação, é crucial ponderar sobre a preservação da saúde animal, considerando os componentes presentes na água e suas funções fisiológicas. Uma atenção especial deve ser dedicada aos elementos que podem influenciar a saúde dos animais, como a concentração total de sais e sulfatos, além dos que atuam como contaminantes, como o nitrato (ALEJANDRA HERRERO, 2016).

Neste estudo, tanto o nitrato, quanto o sulfato apresentaram resultados dentro dos valores máximos permitidos pela Resolução Conama 369/2008. O sódio também se enquadrou no valor máximo permitido, no entanto, seu VMP foi definido pelo

Department of Water Affairs and Forestry (DWAF), sendo que os critérios adotados pelas Diretrizes Sul-Africanas de qualidade da água, fundamentam-se principalmente nos impactos toxicológicos e de palatabilidade relacionados à absorção de sódio presente na água destinada ao gado. Portanto, foi definido o valor de 2.000 mg/L a quantidade máxima de sódio que pode estar contido na água sem ocasionar efeitos adversos nos animais.

De acordo com Amaral, Ferreira e Navoni (2021), altas concentrações de nitrato e de sulfato na água destinada a consumo animal, podem condicionar alterações na saúde, devido estarem relacionados a modificações fisiológicas, como desidratação, intoxicação ou doenças que afetam os órgãos e as estruturas do trato digestivo e intestinal do animal. Já o sódio, em quantidades entre 2.000 mg/L e 2.500 mg/L podem ocasionar efeitos crônicos adversos, como a redução do consumo de ração e de água, com um declínio na produtividade, mas provavelmente serão temporários até que ocorra adaptação de ovelhas e de gado. Concentrações acima de 4.000 mg/L podem ocorrer efeitos adversos crônicos e agudos em animais em geral (DWAF, 1996).

Com relação aos possíveis microrganismos que podem vir a ser encontrados em uma fonte de água subterrânea, muitos deles podem não trazer prejuízos à saúde. Por isso, é crucial identificar a presença de quaisquer patógenos na água que possam representar um risco aos animais que a consumirem. Portanto, através dos resultados das análises microbiológicas obtidas, foi possível observar valores acima dos VMPs pela Resolução Conama 396/2008 para coliformes totais, exceto o poço 5 que apresentou 14,5 UFC/100ml. Para Magalhães et al., (2014), a existência de coliformes totais em amostras ambientais não implica automaticamente em contaminação fecal, uma vez que esse grupo abrange vários gêneros e espécies de bactérias não entéricas. A detecção positiva de Coliformes totais sugere a presença de outros microrganismos, como o *Enterococcus faecalis*, por exemplo (DE SALIS, 2013). Com relação a presença de *E. coli*, só foi identificada no poço 1, apresentando média de 19 Unidades formadoras de colônias em 100/ml de água. As bactérias *Escherichia coli* são gram-negativas e anaeróbias facultativas, presentes na microbiota entérica de diversos animais e podem ser patogênicas (MAGALHÃES et al., 2014). Coura, Lage e Heinemann (2014) fizeram um levantamento de estudos sobre patótipos de *Escherichia coli*, responsável por causar diarreia em bezerros. Os autores concluíram que a *E. coli* desempenha um papel significativo no desenvolvimento de diarreias em bovinos.

Com relação a água destinada para irrigação, pode-se observar que as concentrações de sólidos totais dissolvidos estão dentro do padrão estabelecido pela Resolução 396/2008 (1.000 mg/L), variando entre 156 mg/L e 265 mg/L. Os níveis de sólidos totais dissolvidos desempenham um papel crucial na perspectiva da irrigação, especialmente em métodos como gotejamento e microaspersão. Conforme destacado por Silva et al., (2011), níveis elevados de partículas sólidas presentes na água podem resultar na obstrução dos orifícios distribuidores de água, causando danos ao sistema de irrigação.

Os parâmetros cor, turbidez, nitrato, sulfato, coliformes termotolerantes e *E. coli* não constam na resolução 396/2008, no entanto, de acordo com Silva et al., (2011), a cor está associada à existência de elementos e compostos químicos na água, essa condição pode ser originada tanto pelo ferro ou manganês quanto pela decomposição da matéria orgânica aquática, sobretudo de origem vegetal. Outras possíveis causas incluem a presença de algas e a introdução de resíduos provenientes de esgotos industriais e domésticos. Portanto, altas concentrações dessas substâncias podem afetar negativamente a eficácia dos sistemas de irrigação, causando obstrução de tubulações.

O estudo de Ribeiro et al., (2005) inferiu que a deterioração da qualidade da água de irrigação pode ocorrer devido ao aumento nos níveis de sólidos suspensos totais, ferro, sulfetos, presença de algas e da turbidez. Devido ao fato dos poços apresentarem valores dentro do permitido, a turbidez não aumentaria a probabilidade de obstrução de tubulações.

No que concerne à utilização da água para fins de irrigação, os VMPs de pH estabelecidos por Ayers e Westcot (1985) variam de 6,5 e 8,4. Os resultados indicam que os poços 2 e 3 apresentaram valores abaixo do recomendado. Águas com níveis de pH anormais têm o potencial de causar desequilíbrios nutricionais em determinadas espécies de vegetais, conter íons tóxicos e, adicionalmente, provocar danos ao equipamento de irrigação (AYERS; WESTCOT (1985).

Com relação ao cloreto, observou-se resultados dentro dos valores máximos permitidos (1.000 – 7.000 mg/L) em todos os poços, com variação de 24,82 mg/L a 53,41 mg/L. A toxicidade mais comum é causada pela presença de cloreto na água de irrigação. De acordo com Ayers e Westcot (1985), o cloreto não é retido ou adsorvido pelas partículas do solo, movendo-se facilmente com a água do solo. No entanto, é absorvido pelas raízes e transportado para as folhas, onde se acumula devido à transpiração. Se a concentração exceder a tolerância da planta, podem ocorrer danos

manifestados por sintomas característicos, como necrose e queimaduras nas folhas. A absorção direta do cloreto também pode resultar em toxicidade, especialmente quando ocorre através das folhas das culturas submetidas à irrigação por aspersão.

Os valores de Ferro encontrados em todos os poços se enquadram nos VMPs pela Resolução Conama 396/2008, variando entre 0,4 mg/L e 3,65 mg/L. Quantidades de ferro acima dos valores máximos permitidos estabelecidos podem acarretar incrustações em tubulações de irrigação (DE ALMEIDA, 2010), tampouco apresentam risco de entupimento aos gotejadores (RIBEIRO et al., 2005).

A presença do fluoreto nas amostras coletadas dos poços do Campus variou entre 0,02 mg/L e 0,07 mg/L, apresentando resultados dentro do estabelecido pela Resolução Conama 357/2005. Segundo o DWAF (1996), as plantas respondem à concentração de fluoreto na solução do solo. A adição deste componente ao solo em concentrações relativamente elevadas a curto prazo pode não resultar na redução do crescimento das culturas ou na sua acumulação em partes de plantas em concentrações prejudiciais para humanos ou animais. No entanto, aplicações contínuas durante longos períodos resultam em acumulação na camada superficial do solo.

Amostras que apresentam resultados com valores de nitrato muito acima do padrão encontrado na literatura podem ser associados à aplicação de fertilizantes nitrogenados na região (DE FRAVET; CRUZ, 2007). A forma predominante e de fácil assimilação do nitrogênio é o nitrato, especialmente quando presente nas águas de irrigação (AYERS; WESTCOT, 1985).

De acordo com as Diretrizes Sul-Africanas de qualidade da água, o nitrogênio presente na água de irrigação é motivo de preocupação principalmente devido a três fatores: 1) o seu efeito estimulador no crescimento das plantas quando aplicado em excesso; 2) o potencial de lixiviação, que pode contaminar fontes de água subterrânea e 3) o seu impacto estimulante no crescimento indesejado de algas e plantas aquáticas em estruturas de irrigação, como canais, armazenamento e barragens, interferindo na distribuição eficiente da água de irrigação. Isso pode resultar na diminuição da capacidade de transporte ou armazenamento das estruturas de irrigação, além de causar obstrução em aspersores e aberturas de microirrigação.

O valor permitido de sódio na água destinada para irrigação, de acordo com a Resolução 396/2008 não pode exceder a 70 mg/L de acordo com as Diretrizes Sul-Africanas de qualidade da água. Portanto, os resultados obtidos através da análise concluíram que os valores de sódio se encontram dentro do padrão estabelecido.

Para Silva et al., (2011) as repercussões imediatas da salinidade nas plantas incluem a seca fisiológica, resultante da redução do potencial osmótico, e o desequilíbrio nutricional devido à elevada concentração iônica, especialmente de sódio, o que inibe a absorção de outros nutrientes. Os níveis tóxicos de sódio nas folhas tornam-se evidentes após vários dias ou semanas. Os sintomas inicialmente manifestam-se nas folhas mais antigas, começando pelas bordas. À medida que se agravam, a necrose se espalha gradualmente da área entre as nervuras em direção ao centro das folhas (AYERS; WESTCOT, 1985).

A avaliação da qualidade microbiológica da água pode ser realizada por meio do uso de microrganismos indicadores de contaminação fecal, utilizando o grupo Coliforme como parâmetro. A *Escherichia coli*, como representante principal desse grupo, é utilizada para avaliar as condições higiênicas, evidenciando a relação com o histórico da amostra (SILVA, 2016).

No que tange a irrigação, culturas podem vir a ser contaminadas por agentes patogênicos. Esses microrganismos podem ser transferidos para os seres humanos, pois muitos deles permanecem e sobrevivem nas superfícies de alimentos consumidos crus. A transmissão desses organismos pode resultar em diversas doenças bacterianas intestinais, tais como cólera, febre tifoide, salmonelose e disenteria bacilar. Além disso, os vírus desempenham um papel significativo nas doenças transmitidas pela água, podendo causar enfermidades como gastroenterite, hepatite, poliomielite e doenças respiratórias (DWAF, 1996).

A Tabela 3 também exhibe os resultados da medição da água dos poços referentes a água destinada à recreação. Os valores de sólidos totais dissolvidos variaram entre 156 mg/L e 265 mg/L, não ultrapassando o VMP (1.000 mg/L) estabelecido pela Resolução 396/2008; os parâmetros cor, turbidez, pH e fluoreto não apresentam Valores Máximos Permitidos na Resolução 396/2008. De acordo com Medeiros et al., (2016), a turbidez deve se manter abaixo de 100 UNT. Esses resultados ratificam a excelente qualidade de balneabilidade da água, destacando, em particular, a baixa turbidez. Quando elevada, a turbidez pode criar a percepção de água contaminada, dissuadindo a presença de pessoas na região. Essa percepção também vale para a cor da água, pois não está diretamente vinculada ao risco para a saúde humana. Contudo, a população pode associar essa característica à possível poluição do corpo hídrico, o que pode resultar na evitação de seu uso para recreação e outras atividades (JÚNIOR et al., 2014). De Azevedo Lopes, Magalhães e Von Sperling (2013) complementam afirmando

que a baixa transparência das águas pode intensificar a ocorrência de acidentes, uma vez que o aumento da turbidez dificulta a visualização de obstáculos no leito dos ambientes naturais.

Medeiros et al., (2016) obtiveram valores de pH semelhantes aos encontrados neste estudo, variando entre 5 e 6. O pH é um indicador crucial para avaliar a qualidade balneária da água, pois pode indicar a presença de poluentes no corpo hídrico (JÚNIOR et al., 2014; DOS SANTOS et al., 2021). Portanto é necessário definir em legislação o pH ideal para água subterrânea destinada à irrigação.

Os resultados referentes a concentração de cloreto não ultrapassaram os valores máximos permitidos pela Resolução 396/2008, estabelecido em 0,3 mg/L. Altas concentrações de cloreto são um forte indicativo de contaminação das águas naturais por esgotos domésticos (MELO; DO NASCIMENTO; PINTO, 2014), podendo desencadear uma série de problemas de saúde para aqueles que tiverem contato.

O ferro, por sua vez, teve concentração média entre 0,4 mg/L e 2,08 mg/L. Assim, observou-se que este parâmetro não se encontra em conformidade com a Resolução Conama 369/2008, apresentando valores acima do permitido. É relevante salientar que a cor na água pode originar-se de fontes vegetais ou minerais, sendo causada por substâncias metálicas como ferro, manganês, algas, plantas aquáticas e protozoários (CAVALCANTI et al., 2017).

O nitrato, sódio e sulfato apresentaram valores aceitáveis se comparados com os valores máximos permitidos pela legislação. As amostras de água subterrânea obtidas nos poços analisados revelaram teores de nitrato variando entre 0,015 mg/L e 2,88 mg/L. Uma vez que os poços não apresentam concentrações consideráveis de nitrato, segundo Rezende et al., (2010), existe a possibilidade de não sofrerem influência de atividades antrópicas capazes de modificar a composição da água subterrânea em questão.

Na perspectiva microbiológica, a água que possui qualidade ideal deve estar isenta de coliformes totais e coliformes fecais termotolerantes ou apresentar os valores máximos que estejam dentro dos limites aceitáveis para ser considerada própria para recreação.

Os resultados dos seis poços de água mostram que os poços 1 e 4 apresentaram valores de coliformes totais acima do permitido pela Resolução Conama 396/2008. Em contrapartida, os valores de *E. coli* detectados não ultrapassaram os VMPs estabelecidos.

Dos Santos et al., (2021), ao analisarem a qualidade da água destinada à recreação em balneários banhados pelo córrego Mosquito da cidade de Açailândia - MA, constataram que a qualidade da água em todos os pontos de amostragem revelou inadequação para a balneabilidade. Além disso, a presença de coliformes fecais/termotolerantes encontrados em todos os pontos foi superior ou igual a 1600 NMP/100 mL, excedendo o limite recomendado de 1000 NMP/100 mL para garantir uma qualidade mínima satisfatória. Portanto, a água em todos os locais analisados foi considerada inapropriada para contato primário.

6 CONCLUSÕES

Ter a certeza de que um manancial subterrâneo é seguro para consumo ou para contato primário pode prevenir complicações para a população que a utiliza tanto para consumo quanto para recreação, bem como para irrigação de plantas ou para dessedentar animais. Por isso, foi estabelecido como objetivo principal deste estudo a análise do gerenciamento e a avaliação da qualidade da água subterrânea no Campus São Cristóvão (UFS).

Com base nos resultados obtidos foi possível observar a inexistência de um gerenciamento das águas subterrâneas do Campus São Cristóvão, corroborando com a literatura, uma vez que existe a escassez de estudos sobre gerenciamento de água subterrânea em instituições de ensino.

Com relação a avaliação da qualidade da água para fins de consumo humano, pode-se afirmar que nenhum dos poços estudados apresentaram resultados em conformidade com a Portaria do Ministério da Saúde nº 888/2021. Referente a água destinada à dessedentação de animais, pode-se concluir que somente o poço 5 apresentou qualidade físico-química e microbiológica suficiente, podendo ser utilizado para consumo animal. Os resultados obtidos para água destinada à irrigação mostraram que somente a água dos poços 5 e 6 apresentam potencial para o fim em questão. Por fim, a partir da análise realizada em menção a água para fins de recreação, pode-se concluir que nenhum dos poços apresenta potencial de qualidade.

Ao reunir todas as informações disponíveis referentes aos poços, foi compilado um banco de dados que requer constante complementação e atualização. Isso é importante para incorporar novas informações acerca de gerenciamento hídrico e dos aspectos físico-químicos e bacteriológicos, promovendo assim uma otimização

significativa na supervisão da qualidade da água subterrânea nas instalações do Campus.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABAS - Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. Disponível em: < <https://www.abas.org/associacao/>>. Acesso em: setembro de 2023.
- ABRHidro - Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Disponível em: < <https://www.site.abrhidro.org.br/quemsomos> >. Acesso em: dezembro de 2023.
- ALEJANDRA HERRERO, María. A experiência argentina no manejo hídrico das produções animais. *Produção Animal e Recursos Hídricos*, p. 33.
- ALVES FERREIRA, Andréa; OHNUMA JÚNIOR, Alfredo Akira; DOS SANTOS SALOMÃO, Marcelo. Avaliação do Potencial de Captação de Água Subterrânea em Áreas Rurais de Municípios do Noroeste Fluminense-RJ, Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências*, v. 45, 2022.
- AMARAL, Karlia; FERREIRA, Douglasnilson Moraes; NAVONI, Julio Alejandro. Avaliação das águas subterrâneas salobras do semiárido do Rio Grande do Norte: qualidade e impactos sob atividades agropecuárias de subsistência. *Águas Subterrâneas*, v. 35, n. 3, 2021.
- AMARAL, Luiz Augusto do et al. Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. *Revista de Saúde Pública*, v. 37, p. 510-514, 2003.
- ANA. Agência Nacional das Águas. Boletim Progestão nº 23. Brasília: ANA, 2020.
- ANA. Agência Nacional das Águas. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil em 2017. Brasília: ANA, 2017.
- ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2021: relatório pleno. Brasília: ANA, 2019.
- ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2021: relatório pleno. Brasília: ANA, 2021.
- ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2021: relatório pleno. Brasília: ANA, 2022.
- AQUINO, Wesley Rodrigues de. Do crescimento urbano às consequências ambientais: o caso do Riacho da Xoxota no Conjunto Eduardo Gomes em São Cristóvão-SE. 2021.
- AYERS, Robert S; WESTCOT, Dennis W. Water quality for agriculture. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1985.
- BACK, Lize Elena Kaufmann et al. Remoção de agrotóxicos de águas subterrâneas de abastecimento rural por meio de reator de leito fixo de carvão ativado granular.

In: Congresso Internacional em Saúde. 2019.

BASTOS, Mariana Lopes. Caracterização da qualidade da água subterrânea–Estudo de caso no Município de Cruz das Almas–Bahia. 2013.

BERTOLO, Reginaldo Antonio et al. Água subterrânea para abastecimento público na Região Metropolitana de São Paulo: é possível utilizá-la em larga escala? Revista DAE, v. 63, n. 199, p. 6-17, 2015.

BEZERRA, Antonia Diana Alves et al. Análise situacional da qualidade de água subterrânea oriunda de poços da região metropolitana de Fortaleza, Ceará, Brasil. Acta Biomedica Brasiliensia, v. 9, n. 1, p. 94-104, 2018.

BOMFIM, Luiz Fernando Costa; COSTA, Iveraldo Vieira Gomes da; BENVENUTI, Sara Maria Pinotti. Projeto cadastro da infra-estrutura hídrica do Nordeste. Estado de Sergipe. Diagnóstico do município de Carira. 2002.

BRAGA, Erika de Almeida Sampaio et al. Classificação da água subterrânea com base nos sólidos totais dissolvidos estimado. Águas Subterrâneas, v. 35, n. 2, 2021.

BRAGA, Erika Sampaio et al. Avaliação da qualidade de águas subterrâneas localizadas no litoral, serra e sertão do Estado do Ceará destinadas ao consumo humano. Águas Subterrâneas, v. 32, n. 1, p. 17-24, 2018.

BRASIL, Código de Águas. Decreto-lei nº 24.643, de 10 de julho de 1934. Brasília, 11 de julho de 1934.

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

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. Manual prático de análise de água. 4ª ed. rev. - Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2013.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília, DF. 1997.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888, de 04 de maio de 2021. Diário Oficial da União, 2021.

BRASIL. Resolução nº 396. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Diário Oficial República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 03 de abril de 2008.

BREGONDE, Ricardo Babinski et al. Ocorrência de *Cryptosporidium* spp. em suínos (*Sus scrofa domesticus*) criados de maneira extensiva. Arch Vet Sci, v. 25, n. 5, 2020.

- BRITO, Kildery Pedrosa de et al. Qualidade da água de poços artesanais das comunidades rurais Aroeiras e Pau Ferro em São José de Piranhas-PB. 2019.
- CAPPI, Nanci et al. Qualidade da água e fatores de contaminação de poços rasos na área urbana de Anastácio (MS). *Geografia Ensino & Pesquisa*, p. 77-92, 2012.
- CASTANHEIRA, Daniella. Gestão integrada dos recursos hídricos: a conexão dos poços particulares com o abastecimento público dos centros urbanos. 2021. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- CAVALCANTI, Silva; BRANDÃO, Mônica Cavalcanti Pedrosa; NETO, Alberto Brandão Torres. Monitoramento da qualidade de água do rio São Francisco com fins de balneabilidade nas localidades baianas de Paulo Afonso e Glória. *Anais do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade - Vol. 5: Congestas 2017*.
- CECCONELLO, Samanta Tolentino; CENTENO, Luana Nunes; LEANDRO, Diuliana. Avaliação da qualidade da água subterrânea na zona rural do município de Pelotas, RS. *Revista Thema*, v. 17, n. 1, p. 57-73, 2020.
- CERÓN, Lina M. et al. Agua subterránea: tendencias y desarrollo científico. *Información tecnológica*, v. 32, n. 1, p. 47-56, 2021.
- CETESB. Companhia, de tecnologia de saneamento ambiental. Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. Apêndice D. São Paulo, 2009.
- CHAVES, Henrique Sousa et al. Estudo da qualidade das águas subterrâneas de abastecimento em bairros na cidade de Parauapebas a partir de parâmetros físico-químicos. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v. 11, n. 3, p. 113-121, 2020.
- 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. *Revista Ambiente & Água*, v. 12, p. 156-167, 2017.
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução Conama nº 274, de 29 de novembro de 2000. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras.
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução Conama nº 303, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente.
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução Conama nº 335 de 3 de abril de 2003. Dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios.
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução Conama nº 396, de 3 de

abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.

CORCÓVIA, Josilaine Amancio; CELLIGOI, André. Avaliação preliminar da qualidade da água subterrânea no município de Ibiporã-PR. *Revista de estudos ambientais*, v. 14, n. 2, p. 39-48, 2012.

CORREIA, Catherine Veloso et al. Doenças de veiculação hídrica e seu grande impacto no Brasil: consequência de alterações climáticas ou ineficiência de políticas públicas?. *Brazilian Medical Students*, v. 5, n. 8, 2021.

COURA, Fernanda M.; LAGE, Andrey P.; HEINEMANN, Marcos B. Patótipos de *Escherichia coli* causadores de diarreia em bezerros: uma atualização. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, v. 34, p. 811-818, 2014.

CPRM. 2018. SIAGAS: Sistema de Informações de Águas Subterrâneas. Disponível em <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout>.

DA AZEVEDO LOPES, Frederico Wagner; MAGALHÃES JR, Antônio Pereira; VON SPERLING, Eduardo. Balneabilidade em águas doces no Brasil: riscos à saúde, limitações metodológicas e operacionais. *Hygeia: Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde*, v. 9, n. 16, p. 28, 2013.

DA COSTA RODRIGUES, Fabrício César; PALHETA, Rogério Tadeu Mendes. Educação ambiental e interdisciplinaridade: a importância da água na vida dos ribeirinhos da Ilha das Onças (Furo Conceição), Barcarena, Pará, Brasil. *Ambiente & Educação*, v. 24, n. 2, p. 310-330, 2019.

DA COSTA, Tayson Antonio Ceron Rodrigues et al. Avaliação da qualidade de águas de poços cacimbas e rastos no município de Humaitá-AM. *Educamazônia-Educação, Sociedade e Meio Ambiente*, v. 20, n. 1, Jan-Jun, p. 157-172, 2018.

DA CUNHA, Luís Veiga. Perspectivas da gestão da água para o século XXI: desafios e oportunidades. *RBRH-Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 7, n. 4, p. 65-73, 2002.

DA FONSECA SANTOS, Larissa Maiara; DA SILVA, Rosângela Aguilar. Nitrato em águas subterrâneas: Um alerta sobre os riscos à saúde. *BEPA. Boletim Epidemiológico Paulista*, v. 18, n. 216, p. 46-57, 2021.

DA MOTA, Letice Leão Cruz; DE CASTRO OLIVEIRA, Gustavo Paschoal Teixeira; MEDINA, Patrícia. A gestão dos recursos hídricos no Brasil: Educação Ambiental e democracia participativa na promoção do desenvolvimento sustentável. *Humanidades & Inovação*, v. 7, n. 20, p. 552-567, 2020.

- DA SILVA, Aldeni Barbosa et al. Parâmetros físico-químicos da água utilizada para consumo em poços artesianos na cidade de Remigio-PB. *Águas Subterrâneas*, v. 31, n. 2, p. 109-118, 2017.
- DA SILVA, Felipe da Costa et al. Tecnologias de remoção de ferro em águas subterrâneas: uma revisão sistemática. *Peer Review*, v. 5, n. 26, p. 104-118, 2023.
- DA SILVA, Karina Ribeiro et al. Qualidade da Água e Percepção Ambiental: Estudo de caso na Foz do Rio São Francisco. 2019.
- DAMASCENO, Giselle Chagas. Geologia, Mineração e Meio Ambiente. UFRB. Cruz das Almas, 2017.
- DE ALMEIDA, Otávio Álvares. Qualidade da água de irrigação. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010.
- DE ALMEIDA, Otávio Álvares. Qualidade da água de irrigação. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010.
- DE FRAVET, Ana Maria Morato Fávero; CRUZ, Raimundo Leite. Qualidade da água utilizada para irrigação de hortaliças na região de Botucatu-SP. *Irriga*, p. 144-155, 2007.
- DE LIMA, José OG; FRANÇA, Antonia Mayza M.; LOIOLA, Helena G. Implicações hidroquímicas da condutividade elétrica e do íon cloreto na qualidade das águas subterrâneas do semiárido cearense. *Revista Virtual de Química*, v. 6, n. 2, p. 279-292, 2014.
- DE MELO, Délio CS. Manutenção e reabilitação em poços tubulares - a experiência da copasa em MG. *Águas Subterrâneas*, 2006.
- DE OLIVEIRA SILVA, Luciano; VIANA, Patrícia Barros; DA SILVA, Daniela Lima Machado. Aspectos qualitativos de águas subterrâneas para abastecimento público em uma zona rural no estado do ceará. XII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. 2021.
- DE OLIVEIRA SILVA, Maria Madalena Alves et al. A outorga de direito do uso da água subterrânea nos estados brasileiros. *Águas Subterrâneas*, 2008.
- DE OLIVEIRA, Alexandre José et al. Coliformes Termotolerantes: bioindicadores da qualidade da água destinada ao consumo humano. *Atas de Saúde Ambiental-ASA* (ISSN 2357-7614), v. 3, n. 2, p. 24-29, 2015.
- DE OLIVEIRA, Felipe Lucena Silva; SANTANA, Karen Emanuelle Santos; DE REZENDE, Paulo Sérgio. Parâmetros químicos da água subterrânea no semiárido sergipano: análise preliminar para a dessedentação animal. In: XIII Encontro de Recursos Hídricos em Sergipe. 2021.

DE QUEIROZ, Matheus Silveira; SOARES, Ana Paulina Aguiar; NETO, Antonio Gomes Tomaz. Comunidades rurais ribeirinhas e as águas do rio Solimões no município de Iranduba-Amazonas. *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, v. 4, n. 1, 2018.

DE SALIS, Hugo Henrique C. et al. Caracterização preliminar do uso de águas subterrâneas para abastecimento de comunidades rurais no município de Salinas-MG. *Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. 2013.

DE SOUSA, Jocean S.; CAVALCANTI, Bernardete F.; ANACLETO, Beethania M. USO DA ATAPULGITA COMO AUXILIAR DE FLOCULAÇÃO NA CLARIFICAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS BRANDAS E ÁCIDAS. *Águas Subterrâneas*, 2008.

DE SOUZA OLIVEIRA, Valdeir et al. Qualidade da água subterrânea utilizada para irrigação em comunidade rural do município de Areia, Paraíba. *Revista Principia-Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB*, 2022.

DE VARGAS, Tiago et al. Vulnerabilidade intrínseca da água subterrânea como alicerce na gestão do uso do solo em bacias de captação. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 15, n. 01, p. 710-720, 2022.

DIAS, Lucia Saraiva. Variação da geração de energia hidrelétrica com o uso múltiplo da água no rio Paraíba do sul. 2019. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

DO CARMO, José Carlos Cruz; DE OLIVEIRA, Iara Brandão. Correlação Espacial do Alto Teor de Ferro na Água Subterrânea dos Aquíferos Sedimentar e Metassedimentar do Estado da Bahia e os atributos, Clima, Pluviometria e Litologia. *Águas Subterrâneas*, v. 34, n. 3, 2020.

DO PRADO, Débora Pereira Gomes et al. Importância da qualidade da água no controle de doenças parasitárias. *Revista Multidisciplinar em Saúde*, v. 2, n. 3, p. 103-103, 2021.

DO RÊGO, João Ricardo Souza; DE LIMA, Aline Maria Meiguins. A percepção dos alunos do ensino fundamental sobre o uso da água consumida no município de Belém-PA. *REMEA-Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental*, v. 35, n. 2, p. 155-172, 2018.

DOS ANJOS GARCIA, Érica Natasha; MORENO, Diego Aparecido Alves Costa; FERNANDES, André Luís Valverde. A importância da preservação e conservação das águas superficiais e subterrâneas: um panorama sobre a escassez da água no Brasil. *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, v. 11, n. 6, 2015.

DOS SANTOS GONÇALVES, Paulo Vitor et al. O nexus energia-água na economia

circular urbana: Estudo de caso na cidade de Belém, Pará, Brasil. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, v. 9, n. 1, p. 308-326, 2020.

DOS SANTOS, Carlos Alberto Andrade Serra et al. Análise da qualidade da água recreativa em balneários da Cidade de Açailândia, Maranhão, Brasil. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 13, p. e264101321080-e264101321080, 2021.

DUCA, Tadeus Dias; DA SILVA PIMENTEL, Junívio. Gestão e indicadores de abastecimento de água no setor urbano de Lagoa Real - Bahia. *Geopauta*, v. 1, n. 3, p. 38-57, 2017.

DWAF - Department of water affairs and forest. South African water quality guidelines. 2nd edn, v. 4: Agricultural use: Irrigation. CSIR Environmental Services, Pretoria, 1996.

DWAF - Department of water affairs and forest. South African water quality guidelines. 2nd edn, v. 5: Agricultural use: Livestock watering. CSIR Environmental Services, Pretoria, 1996.

ERTEL, Tiago; LÖBLER, Carlos Alberto; DA SILVA, José Luiz Silverio. Índice de vulnerabilidade das águas subterrâneas no município de Rosário do Sul, Rio Grande do Sul. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, p. 1400-1408, 2012.

FARIAS, Débora Samara Cruz Rocha; FARIAS, Soahd Arruda Rached. Qualidade de água subterrânea para animais no município de Olivedos. III Workshop Internacional sobre Água no Semiárido Brasileiro. 2017.

FERRAZ, Alexsander et al. Parasitismo por *Cryptosporidium* spp. em canino doméstico no município de Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 12, p. 2021.

FOLLMANN, Ana Paula et al. Tratamento de água em sistemas rurais de abastecimento: alternativas, viabilidade técnica e econômica. *Salão do Conhecimento*, 2018.

FRACALANZA, Ana Paula; JACOB, Amanda Martins; EÇA, Rodrigo Furtado. Justiça ambiental e práticas de governança da água:(re) introduzindo questões de igualdade na agenda. *Ambiente & Sociedade*, v. 16, p. 19-38, 2013.

FRANCO, Alexsande Oliveira et al. Análise físico, química e bacteriológica da água subterrânea: estudo de caso em cinco municípios do Acre-Brasil. *Revista Presença Geográfica*, v. 7, n. 03, 2020.

FUNASA, Manual Prático de Análise. Fundação Nacional de Saúde. Vigilância

Ambiental em Saúde. Brasília, 2013.

GAMA, N. M. S. Q. et al. Parâmetros químicos e Indicadores bacteriológicos da água utilizada na dessedentação de aves nas granjas de postura comercial. Arquivos do Instituto Biológico, v. 71, n. 4, p. 423-430, 2004.

GENARO, Daniele Tokunaga. Relatório anual da Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas-2023. Serviço Geológico do Brasil-CPRM, 2023.

GIL, Antonio Carlos et al. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas, 2002.

GOMES, Maria da Conceição Rabelo; CAVALCANTE, Itabaraci Nazareno. A GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS-ESTUDO DE CASO. Águas Subterrâneas, 2009.

GOMES, Maria da Conceição Rabelo; CAVALCANTE, Itabaraci Nazareno. A gestão dos recursos hídricos subterrâneos-estudo de caso. Águas Subterrâneas, 2009.

GOMES, Uende Aparecida Figueiredo; PENA, João Luiz; DE QUEIROZ, Josiane Teresinha Matos. Dicionário de saneamento básico: pilares para uma gestão participativa nos Municípios. Belo Horizonte, MG: Projeto SanBas, 2022.

GURGEL, Raiana Silveira; DA SILVA, Lirna Salvioni; SILVA, Luciete Almeida. Investigação de coliformes totais e *Escherichia coli* em água de consumo da comunidade Lago do limão, Município de Iranduba–AM. Brazilian Applied Science Review, v. 4, n. 4, p. 2512-2529, 2020.

HERRMANN RUGGIERO, Mayara et al. Determinação do potencial de contaminação de aquíferos no município de Artur Nogueira (São Paulo, Brasil), por meio de atributos geoambientais. Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía, v. 31, n. 2, p. 324-340, 2022.

HIRATA, Ricardo et al. A revolução silenciosa das águas subterrâneas no Brasil: uma análise da importância do recurso e os riscos pela falta de saneamento. 2019.

IBGE, 2023. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/se/sao-cristovao/panorama>>. Acesso em 22 de fevereiro de 2023.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada. Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br/portal/publicacoes>>. 2018.

ISMAEL, Luara Lourenço; ROCHA, Elisângela Maria Rodrigues. Estimativa de contaminação de águas subterrâneas e superficiais por agrotóxicos em área sucroalcooleira, Santa Rita/PB, Brasil. Ciência & Saúde Coletiva, v. 24, p. 4665-4676, 2019.

JANNUZZI, C. A. S. C. et al. Olhar interdisciplinar da sustentabilidade na busca de fontes de informação sobre a água no Brasil. *Sustentabilidade: Diálogos Interdisciplinares*. v. 1, e205162, 2020.

JUNG, Márcia Sostmeyer et al. A potabilidade da água de nascentes que servem para o consumo humano e dessedentação animal em área rural no noroeste do Rio Grande do Sul. *Salão do Conhecimento*, v. 9, n. 9, 2023.

JÚNIOR, Firmo Borges Filho et al. Avaliação dos parâmetros da balneabilidade no Rio Mearim no município de Bacabal-MA. In: V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. 2014. p. 24-27.

JÚNIOR, José Lima Silva et al. Condições de potabilidade de águas subterrâneas utilizadas para consumo humano no município de Campina Grande, Paraíba. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 8, p. 58870-58883, 2020.

LAUTHARTTE, Leidiane Caroline et al. Avaliação da qualidade da água subterrânea para consumo humano: estudo de caso no Distrito de Jaci-Paraná, Porto Velho–RO. *Águas subterrâneas*, v. 30, n. 2, p. 246-260, 2016.

LOPES BARROSO PINTO, Luisa Janaina et al. Sustentabilidade dos Recursos Hídricos: A Perspectiva da Política de Gestão em uma Universidade Pública no Estado do Ceará. *REUNIR: Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade*, v. 7, n. 1, 2017.

LOPES, Jessica Rafaelly Almeida et al. Águas subterrâneas como alternativa de subsistência em uma comunidade rural no semiárido brasileiro. *Águas Subterrâneas*, v. 34, n. 2, 2020.

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*, v. 32, n. 1, p. 97-105, 2018.

LUSTOSA, Rômulo Vargas et al. Avaliação das condições de balneabilidade do rio Preto no perímetro urbano do município de Formosa do Rio Preto, oeste baiano (Brasil). *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, v. 7, n. 2, 2019.

MAAHS, Ricardo; VIERA, Daniel Triboli. Excesso de fluoreto em águas subterrâneas no rio grande do sul. 17º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental. 2022.

MAGALHÃES, Yara Arruda et al. Qualidade microbiológica e físico-química da água dos açudes urbanos utilizados na dessedentação animal em Sobral, Ceará. *Revista da*

Universidade Vale do Rio Verde, v. 12, n. 2, p. 141-148, 2014.

MARCELINO, Kelly Mendes et al. Remoção de ferro em águas subterrâneas de poços tubulares em uma indústria de beneficiamento de arroz. *Revista Vincci-Periódico Científico do UniSATC*, v. 2, n. 1, p. 161-182, 2017.

MARIN, Maria Rita Melinsky et al. Análises físico-químicas e microbiológicas em fontes de dessedentação animal Physicochemical and microbiological analysis in sources of animal watering. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 6, p. 64166-64181, 2021.

MARION, Fabiano André. Avaliação da vulnerabilidade das águas subterrâneas por geoprocessamento, no Campus da UFSM-RS. 2009.

MATIAS, Sandra Lucia Alves et al. Responsabilidade socioambiental na Universidade Federal de Sergipe: princípios e práticas para a promoção da sustentabilidade. 2014.

MEDEIROS, Amanda Nogueira; NAVONI, Julio Alejandro. Análise da relação entre a qualidade da água de mananciais superficiais e a ocorrência de doenças de veiculação hídrica no estado do Rio Grande do Norte, Brasil. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 62, 2023.

MEDEIROS, Samylle Ruana Marinho de et al. Índice de qualidade das águas e balneabilidade no Riacho da Bica, Portalegre, RN, Brasil. *Revista Ambiente & Água*, v. 11, p. 711-730, 2016.

MELO, Evanisa Fatima Reginato Quevedo; MELO, Rodrigo Henryque Reginato Quevedo; MELO, Ricardo Henryque Reginato Quevedo. Balneabilidade de um rio: avaliação da qualidade da água. *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, v. 16, n. 6, 2020.

MENDES, Débora Lima et al. Avaliação da qualidade da água subterrânea na localidade do sitio canafístula em Limoeiro do Norte, CE. *CE. UNICAP*, p. 8, 2013.

MIGUEL, Rodrigo; CAMPOS, José. Relações entre Mineração e Recursos Hídricos Subterrâneos: o Caso da Mina Capão Xavier, Quadrilátero Ferrífero, MG. *Águas Subterrâneas*, v. 38, n. 1, 2024.

MILIOLI, Lucas Galvan et al. Riscos associados ao reciclo de dejetos humanos como fertilizante: contaminação de águas subterrâneas e toxicidade às plantas. 2022.

MONTOYA, Marco Antonio; FINAMORE, Eduardo Belisário. Os recursos hídricos no agronegócio brasileiro: Uma análise insumo-produto do uso, consumo, eficiência e intensidade. *Revista Brasileira de Economia*, v. 74, p. 441-464, 2021.

MOREIRA, Celina Maria Dutra et al. Aspectos qualitativos da água subterrânea no

Campus da UFSM, Santa Maria-RS. 2005.

MOREIRA, Mayara Cristina Carvalho; APARECIDO, Gilberto Ranalli; ROCHA, Ana Beatriz Carollo. Qualidade da água em piscinas coletivas nos municípios de Jundiá e Várzea Paulista, SP, Brasil. 2020.

NUNES, Shauane Itainhara Freire. A Comunidade Pesqueira do Mosqueiro: entre a maré e a grande Aracaju. Seminários Espaços Costeiros, v. 1, 2011.

OLIVEIRA, Clélia Nobre de; CAMPOS, Vânia P.; MEDEIROS, Yvonilde Dantas Pinto. Avaliação e identificação de parâmetros importantes para a qualidade de corpos d'água no semiárido baiano. Estudo de caso: bacia hidrográfica do rio Salitre. Química Nova, v. 33, p. 1059-1066, 2010.

OLIVEIRA, Marcelo Richelly Alves de et al. Ocorrência de *Cryptosporidium* em cabras da raça Anglonubiana no município de Teresina, estado do Piauí, Brasil. Ciência Animal Brasileira, v. 24, p. e-75154E, 2023.

OLIVEIRA, Sabrina Joyce dos Santos. Reuso e/ou aproveitamento de água em universidades públicas no nordeste brasileiro. 2020.

PALHARES, Julio Cesar P. Qualidade da água na produção animal. Comunicado Técnico – EMBRAPA. 2014.

PALUDO, Diego. Qualidade da água nos poços artesianos do município de Santa Clara do Sul. 2014.

PONTES, Cristine Hortência Coutinho; LASTORIA, Giancarlo; PEREIRA, Jaildo Santos. Panorama atual da legislação brasileira com referência à gestão da água subterrânea. XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. São Paulo: ABRH, 2007.

PRODANOV, Cleber Cristiano; DE FREITAS, Ernani Cesar. Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico-2ª Edição. Editora Feevale, 2013.

QUEIROZ, Liliana Alves Pereira et al. Prognóstico do potencial da contaminação hídrica superficial e subterrânea dos principais agrotóxicos comercializados no Estado de Goiás. Águas Subterrâneas, v. 37, n. 1, 2023.

REBOUÇAS, Aldo C. Desenvolvimento das águas subterrâneas no Brasil. Águas subterrâneas: (São Paulo), p. 1-11, 1998.

REBOUÇAS, Aldo da C. et al. Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. In: Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. 2002. p. 703-703.

REZENDE, Carolina Lucena et al. Avaliação preliminar da qualidade das águas

subterrâneas do aquífero guarani–estudo de caso: serra gaúcha. *Águas Subterrâneas*, 2010.

REZENDE, Caroline Reis et al. Qualidade da água subterrânea na área urbana de Uberaba-MG: avaliação de risco à saúde. *Scientia Plena*, v. 19, n. 2, 2023.

RIBEIRO, Paola Gonçalves et al. Qualidade da água subterrânea e tratamento simplificado para abastecimento humano do Instituto Eterna Misericórdia de Lavras-MG. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, v. 8, n. 3, p. 566-581, 2019.

RIBEIRO, Túlio AP et al. Variação dos parâmetros físicos, químicos e biológicos da água em um sistema de irrigação localizada. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 9, p. 295-301, 2005.

ROCHA, Gerônimo Albuquerque; JORBA, Antônio Ferrer. Manual de operação e manutenção de poços. In: *Manual de operação e manutenção de poços*. 2007.

ROCHA, Paulino Estevez et al. Avaliação de parâmetros físico-químicos e aplicação do Índice de Qualidade Natural das Águas Subterrâneas (IQNAS) para poços no domínio cárstico da Bacia Hidrográfica do Rio Piauí. *XV Encontro de Recursos Hídricos em Sergipe*. 2023.

RUPIAS, Osvaldo Jorge Brito. Hidrogeoquímica e uso de indicadores de qualidade (caféina, nitrato, cloreto, boro e potássio) na água subterrânea da planície do rio Atibaia, Campinas, São Paulo - Brasil. 2020. Tese de Doutorado.

SANTOS FILHO, Ricardo Gondim Sarmento; GOMES, Maria Fernanda Costa; COSTA, Marcones Ferreira. Análise da qualidade da água de três propriedades rurais do município de Floriano, Piauí. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)*, v. 9, n. 2, p. 17-23, 2019.

SANTOS, Ana Paula da Silveira. Avaliação da qualidade da água de poços artesianos utilizados no abastecimento público do município de Carlos Gomes-RS, através de análises físico-químicas, microbiológicas e testes toxicológicos. 2017.

SANTOS, Renata Souza. Saúde e qualidade da água: análises microbiológicas e físico-químicas em água subterrâneas. *Revista contexto & saúde*, v. 13, n. 24-25, p. 46-53, 2013.

SCHEFFLER, Jéssica et al. Qualidade das águas subterrâneas de consumo humano em comunidades rurais no noroeste do Rio Grande do Sul. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, v. 11, n. 1, p. 72-92, 2022.

SERGIPE. Decreto nº 18.456, de 03 de dezembro de 1999. Regulamenta a outorga de direito de uso de recursos hídricos, de domínio do Estado, de que trata a Lei nº 3.870, de

25 de setembro de 1997, e dá providências correlatas. Governo do Estado, Casa Civil, Aracaju, SE, 3 dez. 1999.

SILVA, Ákylla Fernanda Souza et al. Análise bacteriológica das águas de irrigação de horticulturas. *Revista Ambiente & Água*, v. 11, p. 428-438, 2016.

SILVA, Cauana Cristiane de Lima da. Avaliação da qualidade da água de poços e mina destinada ao consumo humano no Município de São Jorge do Ivaí-PR. 2017.

SILVA, Italo Nunes. N. et al. Qualidade de água na irrigação. *Agropecuária Científica no Semiárido*. 2011.

SILVA, Miqueias Castro et al. Determinação de agrotóxicos em amostras de águas subterrâneas no município de Cerro Largo – RS. *Jornada de iniciação científica e tecnológica*, v. 1, n. 12, 2022.

SOUZA, Valéria Carvalho de Assis Brasil et al. Qualidade da água subterrânea do bairro perpetuo socorro de Santa Maria–RS. *Disciplinarum Scientia| Naturais e Tecnológicas*, v. 5, n. 1, p. 31-49, 2004.

TAVARES, Lígia Conceição et al. Avaliação da qualidade da água de abastecimento do campus saúde da cidade universitária José da Silveira Netto, Belém, Pará. *Brazilian Journal of Development*, v. 5, n. 8, p. 11392-11404, 2019.

TEDESCO, Adriana Maria; OLIVEIRA, Gilson Adamczuk; TROJAN, Flávio. Avaliação da vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas por meio dos métodos AHP e TOPSIS. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v. 26, p. 401-407, 2021.

TEMBUE, António Amélia Mucalane et al. Ocorrência de *Cryptosporidium* spp. em ovinos no município de Ibimirim, estado de Pernambuco. *Ciência Veterinária nos Trópicos*, v. 9, n. 1, p. 41-43, 2006.

TORRES, José Luiz Rodrigues; DE ASSIS, Renato Lara; LOSS, Arcângelo. Evolução entre os sistemas de produção agropecuária no Cerrado: convencional, Barreirão, Santa Fé e Integração Lavoura-Pecuária. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 39, n. 302, p. 7-17, 2018.

ZAMILIAN, Jaiane Ataísla Eliodoro; DE PAULA, Gabriel Paciencia; ZAMILIAN, Ataíslei Andrielli Eliodoro. Avaliação microbiológica de águas de poços artesianos em propriedades rurais no município de Colorado do Oeste–Rondônia. *Saúde e Desenvolvimento Humano*, v. 6, n. 3, p. 25-37, 2018.

ZORZI, Lorenzo; TURATTI, Luciana; MAZZARINO, Jane Márcia. O direito humano de acesso à água potável: uma análise continental baseada nos Fóruns Mundiais da Água. *Revista Ambiente & Água*, v. 11, p. 954-971, 2016.

APÊNDICE

APÊNDICE

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE NÍVEL MESTRADO

APÊNDICE A – ROTEIRO DE PESQUISA DOCUMENTAL ACERCA DOS REGISTROS INSTITUCIONAIS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

Título da Pesquisa - Uso e qualidade da água subterrânea como subsídio à gestão hídrica no campus São Cristóvão, da Universidade Federal de Sergipe.

Instituição: Universidade Federal de Sergipe

Dados obtidos através do Departamento de Gestão Ambiental e Segurança do Trabalho

Roteiro de pesquisa documental (Registros Institucionais)

- 1- Quantos poços de água existem no Campus da Universidade? Quantos deles estão ativos?
- 2- Quais são os padrões de qualidade da água estabelecidos para os poços da universidade? Como é realizado o monitoramento da qualidade da água para garantir que esteja em conformidade com as normas e regulamentações?
- 3- Os poços do Campus São Cristóvão (UFS) possuem outorga? Quando foi a sua última atualização?
- 4- Como é feita a manutenção preventiva dos poços de água? Existem rotinas estabelecidas para a inspeção periódica, limpeza e desinfecção dos poços?
- 5- Em caso de problemas de qualidade ou quantidade de água advinda dos poços, quais são os procedimentos de correção adotados?
- 6- A Universidade realiza testes de bombeamento para avaliar a taxa de recuperação dos poços? Como esses dados são utilizados para otimizar a gestão dos recursos hídricos?
- 7- A Universidade possui um sistema de tratamento de água para garantir a potabilidade da água extraída dos poços? Como esse tratamento é realizado e monitorado?
- 8- Existe alguma iniciativa de conservação de água subterrânea no Campus? Quais são as práticas adotadas para promover o uso responsável e eficiente dos recursos hídricos?
- 9- Para que fins a água subterrânea retirada dos poços do Campus é utilizada?

10- Existe algum documento referente aos poços?