



Universidade Federal da Paraíba
Centro de Ciências Exatas e da Natureza
Programa de Pós-Graduação em Geografia

MARIA LÍDIA DOS SANTOS ANDRADE

**ENTRE A CONTAMINAÇÃO E A ESCASSEZ HÍDRICA: UMA
ANÁLISE DOS RISCOS ASSOCIADOS À QUALIDADE DA ÁGUA
DO RIACHO AGON, CATOLÉ DO ROCHA – PB**

João Pessoa – PB

2026

MARIA LÍDIA DOS SANTOS ANDRADE

**ENTRE A CONTAMINAÇÃO E A ESCASSEZ HÍDRICA: UMA
ANÁLISE DOS RISCOS ASSOCIADOS À QUALIDADE DA ÁGUA
DO RIACHO AGON, CATOLÉ DO ROCHA – PB**

Dissertação apresentada em cumprimento às exigências do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Paraíba (PPGG – UFPB), como requisito para qualificar a dissertação de mestrado em Geografia.

Orientadora: Profa. Dr^a Dirce Maria Antunes Suertegaray

Coorientador: Prof. Dr. Richarde Marques da Silva

João Pessoa - PB

2026

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

A553e Andrade, Maria Lidia dos Santos.

Entre a contaminação e a escassez hídrica : uma análise dos riscos associados à qualidade da água do Riacho Agon, Catolé do Rocha - PB / Maria Lidia dos Santos Andrade. - João Pessoa, 2026.

156 f. : il.

Orientação: Dirce Maria Antunes Suertegaray.

Coorientação: Richarde Marques da Silva.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCEN.

1. Recursos hídricos. 2. Qualidade da água. 3. Contaminação e segurança hídrica. 4. Semiárido brasileiro - microbacia. I. Suertegaray, Dirce Maria Antunes. II. Silva, Richarde Marques da. III. Título.

UFPB/BC

CDU 556.18(043)



Universidade Federal da Paraíba
Centro de Ciências Exatas e da Natureza
Programa de Pós-Graduação em Geografia

ATA DA SESSÃO PÚBLICA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DA ALUNA MARIA LÍDIA DOS SANTOS ANDRADE, CANDIDATA AO TÍTULO DE MESTRE EM GEOGRAFIA, NA ÁREA DE TERRITÓRIO, TRABALHO E AMBIENTE.

1 Aos 26 (vinte e seis) dias do mês de janeiro de 2026 (dois mil e vinte e seis), às
2 14:00 (quatorze) horas, reuniram-se, em caráter de solenidade pública, os membros da
3 comissão designada para avaliar **Maria Lídia dos Santos Andrade**, candidata ao grau
4 de mestre em Geografia, na área de **Território, Trabalho e Ambiente**. Foram
5 componentes da banca examinadora os professores Dirce Maria Antunes Suertegaray
6 (orientadora) – Doutora em Geografia; Pedro Costa Guedes Vianna (examinador
7 interno) – Doutor em Geografia Física; Richarde Marques da Silva (coorientador) –
8 Doutor em Engenharia Civil; e Filipe da Silva Peixoto (examinador externo) Doutor
9 em Geologia; sendo os três primeiros integrantes do corpo docente da UFPB, e o
10 quarto, da UERN. Dando início aos trabalhos, a Presidente da banca, Prof.^a Dirce
11 Maria Antunes Suertegaray, após declarar os objetivos da reunião, apresentou a
12 candidata **Maria Lídia dos Santos Andrade**, a quem concedeu a palavra para defender
13 oral e sucintamente, o tema de sua dissertação, intitulado: “**ENTRE A**
14 **CONTAMINAÇÃO E ESCASSEZ HÍDRICA: UMA ANÁLISE DOS RISCOS**
15 **ASSOCIADOS À QUALIDADE DA ÁGUA DO RIACHO AGON, CATOLÉ DO ROCHA**
16 **– PB**”. Após discorrer sobre o referido tema, a candidata foi arguida pelos
17 examinadores, na forma regimental. Ato contínuo, passou a comissão em caráter
18 secreto, a proceder à avaliação e julgamento do trabalho, concluindo por atribuir-lhe o
19 conceito **APROVADO**. Face à aprovação, declarou a Presidente achar-se a avaliada
20 legalmente habilitada a receber o Grau de Mestre em Geografia, cabendo à
21 Universidade Federal da Paraíba, providências, como de direito, à expedição do
22 Diploma a que a mesma fez jus. Nada mais havendo a tratar, foi lavrada a Ata, que
23 segue assinada e aprovada pela Comissão Examinadora.

24
25
26
27
28



Prof.ª Dr.ª Dirce Maria Antunes Suertegaray
Orientadora

Prof. Dr. Richarde Marques da Silva
Coorientador

Documento assinado digitalmente
gov.br PEDRO COSTA GUEDES VIANNA
Data: 27/01/2026 20:46:23-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Pedro Costa Guedes Vianna
Examinador interno

Documento assinado digitalmente
gov.br FILIPE DA SILVA PEIXOTO
Data: 28/01/2026 06:01:16-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Filipe da Silva Peixoto
Examinador externo

Dedico ao meu pai e à minha filha. Também aos que não estão mais aqui fisicamente, mas em memória permanecem vivos: minha mãe, Maria de Lurdes, Elisama e Talone.

[...] Lhe fazia falta, sim, o azul. Porque tinha sido a sua primeira cor. Na aldeiazinha onde cresceu, o rio tinha sido o céu da sua infância. No fundo, porém o azul nunca é a cor exata. Apenas uma lembrança, em nós, da água que já fomos.

- *Mia Couto (Um rio chamado tempo, uma casa chamada terra, 2002).*

AGRADECIMENTOS

Não se faz uma dissertação sozinha, são ideias, construções, às vezes momentos que nos atravessam de tantas maneiras, que se percebe, em momentos como este: nos Agradecimentos. Por isso, expresso meus sinceros agradecimentos:

A minha querida orientadora, a Profa. Dra. Dirce, pela dedicação, conversas, viagens e escutas. Seu comprometimento foi muito relevante na construção do trabalho desenvolvido. Ao meu coorientador, Prof. Dr. Richarde por todas as contribuições para com a pesquisa.

A todos que me receberam em suas propriedades para o mapeamento dos poços. Em especial Valdecir, técnico da UEPB, que de perto me apresentou todo o campus e suas dificuldades acerca da água na área.

Ao meu Pai, dentre tantos Francisco, este é o mais especial para mim. Obrigada pelo apoio. A minha Filha, a pequena Íris, a quem eu tive a oportunidade e sorte de cuidar e ser cuidada.

Ao meu noivo, Josué Pereira, pelo companheirismo, carinho, disposição e apoio no desenvolvimento dessa pesquisa. Obrigada pela escuta e pela paciência.

A todos os meus irmãos que torceram e apoiaram o desafio. Quando se tem irmãos como vocês, não se está só. A minha melhor amiga de todos os tempos, Clarissa, seu incentivo contribuiu para os momentos de dificuldade. A Rafaela e Joel, por serem tantas vezes serem a rede de apoio que eu precisei para desenvolver este trabalho.

Aos amigos que fiz no karatê, e especial aos meus senseis: Daniel e Joacir. Treino a treino me ensinaram ainda mais sobre não desistir e manter a disciplina. Incentivaram, mesmo sem falar diretamente, a ser mais forte e admitir que os erros são parte do aprendizado.

Aos amigos que fiz na UFPB que me acolheram, aqui nomeio a Christianne Maria Moura e Marcelo Moura. O prof. Dr. Saulo Oliveira, que disponibilizou a disciplina de Geomorfologia para o Estágio Docência, foi uma experiência produtiva e marcante em minha formação.

A todos do LEPPAN, pelo acolhimento e apoio nos momentos que precisei. Obrigada pelos momentos e as risadas no café.

Aos professores Dr. Filipe Peixoto e Dr. Pedro Vianna, pela atenção na leitura e pelas suas contribuições desde a qualificação, com certeza enriqueceram muito o trabalho.

A CAPES, pelo financiamento durante todo o meu mestrado. Esse recurso foi de extrema importância para o desenvolvimento da pesquisa e da minha permanência na Pós-graduação.

Ao PPGG, pela oportunidade de desenvolver meu trabalho e por permitir um espaço para discussões tão enriquecedoras para com a formação dos participantes.

A todos que compõem o programa, os professores, em especial às coordenadoras e secretárias. Agradeço a UFPB pela sustentação do Programa que oportuniza a continuação da formação de tantos profissionais.

A todos, que de alguma maneira contribuíram para a materialização desta pesquisa, meu profundo agradecimento.

RESUMO

A análise da contaminação hídrica resultante de mudanças no uso e cobertura do solo é crucial para avaliar os impactos ambientais e os riscos associados à qualidade da água. Assim, o presente trabalho tem como objetivo estudar as condições hídricas através de correlações entre as condicionantes ambientais, o uso e cobertura do solo e a qualidade da água na microbacia do riacho Agon. Para tanto, foram realizados o mapeamento do uso e cobertura do solo da área de interesse utilizando dados do projeto MapBiomass e coleta de amostras de água (superficial e subterrânea) para análises de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. Para compreender o grau de vulnerabilidade aquífera da microbacia do riacho Agon foi utilizado o método do GOD (*Groundwater occurrence, Overall lithology and Depth to water table*). Os dados gerados permitiram uma análise integrada dos parâmetros estabelecidos pelo Ministério da Saúde (Portaria 888/2021) e as Resoluções CONAMA (nº 357/2005 e nº396/2008). A relevância deste estudo se justifica pela localização da microbacia no Semiárido brasileiro, uma região caracterizada por um balanço hídrico negativo, o que reforça a importância da conservação da água existente. Soma-se a isso a escassez de pesquisas voltadas para entender como a contaminação hídrica no contexto local pode aumentar a escassez hídrica na região. Assim, existe a necessidade de análises detalhadas sobre contaminação e a escassez hídrica, uma vez que, a poluição da água representa um sério risco à saúde pública e ao equilíbrio ecológico. A justaposição de características ambientais — aquífero aluvionar livre encaixado em Geologia cristalina, sob um clima semiárido com oscilações nos padrões de chuvas anuais e interanuais, fluxo intermitente, e um intenso uso e cobertura do solo — combinada com a vulnerabilidade aquífera alta (grau GOD de 0.56), resultou em uma situação crítica na microbacia do riacho Agon. Os resultados revelaram que a água está imprópria para consumo em todos os pontos coletados, devido à contaminação microbiológica, elevados níveis de nitrato e outras alterações físico-químicas (turbidez e sólidos totais dissolvidos – STD). Esta realidade encontrada na microbacia do Agon é dialeticamente contraditória: trata-se de uma área que, ao mesmo tempo em que enfrenta dificuldades socioeconômicas e ambientais relacionadas à escassez hídrica, está submersa em uma lógica de contaminação expressiva.

Palavras-chave: Qualidade da água; Contaminação e segurança hídrica; Semiárido brasileiro.

ABSTRACT

The analysis of water contamination resulting from changes in land use and land cover is crucial for assessing environmental impacts and the risks associated with water quality. Thus, the present study aims to investigate water conditions through correlations between environmental constraints, land use and land cover, and water quality in the Agon stream microbasin. To this end, land use and land cover mapping of the area of interest was performed using data from the MapBiomass project, alongside water sampling (surface and groundwater) for the analysis of physical, chemical, and microbiological parameters. To understand the degree of aquifer vulnerability in the Agon stream microbasin, the GOD method (Groundwater occurrence, Overall lithology, and Depth to water table) was employed. The generated data allowed for an integrated analysis of the parameters established by the Ministry of Health (Ordinance 888/2021) and the CONAMA Resolutions (No. 357/2005 and No. 396/2008). The relevance of this study is justified by the microbasin's location in the Brazilian Semi-arid region, a region characterized by a negative water balance, which reinforces the importance of conserving existing water resources. Additionally, there is a scarcity of research focused on understanding how water contamination in the local context can increase water scarcity in the region. Therefore, there is a need for detailed analyses regarding contamination and water scarcity, as water pollution represents a serious risk to public health and ecological balance. The juxtaposition of environmental characteristics — an unconfined alluvial aquifer embedded in crystalline geology, under a semi-arid climate with fluctuations in annual and interannual rainfall patterns, intermittent flow, and intense land use and cover — combined with high aquifer vulnerability (GOD index of 0.56), resulted in a critical situation in the Agon stream microbasin. The results revealed that the water is unfit for consumption at all sampling points due to microbiological contamination, high nitrate levels, and other physical-chemical alterations (turbidity and Total Dissolved Solids - TDS). This reality found in the Agon microbasin is dialectically contradictory: it is an area that, while facing socioeconomic and environmental difficulties related to water scarcity, is simultaneously submerged in a logic of significant contamination

Keywords: Water quality; Water contamination and safety; Brazilian Semi-arid.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1 As margens do Conhecimento sobre a Água: abordagens e conceitos essenciais	20
2.2 A margem da contaminação	29
2.3 A margem da (in)segurança hídrica e vulnerabilidade aquífera	31
2.4 A margem da legislação da água	34
2.5 Nas Margens do Entendimento da Dinâmica da Água no Semiárido	48
2.5.1 Sistemas Formadores de Tempo no Semiárido Nordeste	52
3. METODOLOGIA	61
3.1 Procedimentos metodológicos	63
3.1.1 Levantamento bibliográfico	63
3.1.2 Levantamento cartográfico	64
3.1.3 Mapeamento do uso e cobertura da terra	65
3.1.4 Mapeamento dos poços	65
3.1.5 Grau de vulnerabilidade aquífera	66
3.1.6 Campos, coleta e análise de água	67
3.1.7 Procedimentos de análises da contaminação	71
3.1.8 Análise e construção do texto final	71
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	74
4.1 A microbacia do Riacho Agon, Catolé do Rocha: Uma Análise Ambiental Da Área De Estudo	74
4.1.1 Recorte climático : Caracterização Climática da microbacia do Riacho Agon, Catolé do Rocha	74
4.1.2 Recorte geológico e hidrogeológico	82
4.1.3 Recorte geomorfológico	85

4.1.4 Recorte Fitogeográfico	91
4.1.5 Organização Urbana	93
4.2 Microbacia do Riacho Agon	96
4.3 Qualidade da água e contaminação	99
4.4 Avaliando a Vulnerabilidade aquífera	103
4.5 Analisando resultados de acordo com a Portaria GM/MS nº 888/2021	104
4.6 Analisando resultados de acordo com CONAMA: Resolução nº 357 e 430	110
4.7 Mapa Síntese: sobreposições, onde as variáveis se encontram	111
4.8 Analisando Efluente	117
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	122
REFERÊNCIAS	127
ANEXOS	134

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização da Microbacia do riacho Agon.	16
Figura 2. Esquema de equilíbrio entre um rio e um aquífero.	23
Figura 3. Representação esquemática da distribuição vertical da água no solo e subsolo.	26
Figura 4. Mapa de delimitação do Semiárido	49
Figura 5. Mapa temático do regime pluviométrico sazonal no Nordeste Brasileiro.	50
Figura 6. Fluxograma da metodologia da pesquisa.	63
Figura 7. Mosaico de fotografias de algumas porções do riacho Agon. (A) Nascente vista do monte Tabor; B e C: Margem direita e esquerda da nascente, respectivamente; D: canal observado em direção a montante, E: Final do canal desaguardo no leito do riacho Agon e F: Foz do Riacho Agon no Riacho do Santíssimo..	69
Figura 8. Fotografias do momento de coleta das amostras de água.;	70
Figura 9. Precipitação anual em mm do município de Catolé do Rocha - Posto pluviométrico Catolé do Rocha (a) e Escola Técnica (b);	76
Figura 10. Desvio absoluto das precipitações do município de Catolé do Rocha (2014-2023) - Posto pluviométrico Catolé do Rocha (a) e Escola Técnica (b).	77
Figura 11. Desvio Percentual das precipitações do município de Catolé do Rocha (2014-2023) - Posto pluviométrico Catolé do Rocha (a) e Escola Técnica (b)	78
Figura 12. Precipitação Média do município de Catolé do Rocha (2014-2023) - Posto pluviométrico Catolé do Rocha (a) e Escola Técnica (b).	79
Figura 13. Mapa Geológico do Município de Catolé do Rocha e áreas próximas.	83
Figura 14. Mapa hipsométrico do município de Catolé do Rocha – PB.	87
Figura 15. Mosaico de fotografias de Planície e terraço aluvial do Riacho Agon, Catolé do Rocha -PB.	88
Figura 16. Mapa Geomorfológico do município de Catolé do Rocha - PB.	89
Figura 17. Visão de superfícies aplainadas, morros e morrotes em Catolé do Rocha - PB.	90
Figura 18. Taxonomia do Relevo	91
Figura 19. Gravuras rupestres no município de Catolé do Rocha - PB.	94
Figura 20. Modelo de digital de elevação da microbacia do riacho Agon.	97
Figura 21. Mapa de poços na microbacia do riacho Agon.	98
Figura 22. Gráfico da distribuição microbiológica das amostras coletadas na microbacia do Agon.	104

Figura 23. Fotografias de efluente sendo despejado e lixos descartados no canal.	105
Figura 24. Gráfico da relação Temperatura e pH das amostras coletadas na microbacia do riacho Agon	106
Figura 25. Fotografia da passagem do riacho Agon no campus da UEPB.	107
Figura 26. Gráfico dos índices de Os sólidos totais dissolvidos (STD) das amostras coletadas na microbacia do Agon.	107
Figura 27. Gráfico dos índices de Nitrato das amostras coletadas na microbacia do Agon	
Figura 28. Mapa Síntese	111
Figura 29. Percentual de uso e cobertura do solo da microbacia do riacho Agon.	112
Figura 30. Descarte de resíduos sólidos.	113
Figura 31. Lagoa de estabilização de efluentes da CAGEPA.	116

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classificação das águas a partir de seus usos para o CONAMA.	36
Tabela 2. Classificação das águas subterrâneas – CONAMA.	39
Tabela 3. Condições de lançamento de efluentes, segundo CONAMA na Resolução n° 430/2011.	42
Tabela 4. Valores Máximos permitidos para Água para consumo humano.	44
Tabela 5. Tabela de cálculo do método GOD.	67
Tabela 6. Síntese de pluviosidade do município de Catolé do Rocha (2014-2023) - Posto pluviométrico Catolé do Rocha (a) e Escola Técnica (b)	81
Tabela 7. Síntese dos resultados dos laudos das amostras de água..	102
Tabela 8. Síntese dos resultados dos laudos das amostras de água, CONAMA 357 e 396	109
Tabela 9. Parâmetros de efluente da estação de tratamento da CAGEPA.	117

1 INTRODUÇÃO



1. INTRODUÇÃO

A água é uma condicionante direta sobre a organização social da humanidade, visto que muitas vezes, constituiu um fator limitante, ou de viabilidade, ao surgimento de muitas cidades. Com o crescimento dessas áreas urbanas, se desdobram alguns problemas, como a questão da contaminação hídrica. É um problema ambiental e de saúde pública que impacta diversas regiões do Brasil e do mundo, especialmente aquelas com infraestrutura de saneamento básico precária, tornando-se uma questão socioambiental de suma importância a ser debatida. No semiárido brasileiro, essa situação se agrava devido à escassez de água e à dependência de reservatórios, que frequentemente são expostos à contaminação por fatores humanos e naturais.

Entre os principais fatores que contribuem para a contaminação da água estão o lançamento inadequado de esgoto e de resíduos sólidos, o uso excessivo de agrotóxicos e fertilizantes, além do descarte de seus recipientes. Essas práticas comprometem a qualidade da água a ser utilizada para consumo humano, aumentando o risco de doenças transmitidas. Isso amplia a exposição ao risco, ao se recorrer a fontes alternativas de abastecimento, como cisternas e poços, que nem sempre são analisadas quanto à compatibilidade para o uso doméstico, e dificilmente recebem algum tipo de tratamento adequado.

O município de Catolé do Rocha - PB se encaixa como exemplo dessa problemática. O Riacho Agon é um curso d'água que foi importantíssimo para o surgimento e expansão da cidade. Mas, devido a intensa captação, resultado do aumento da demanda, e instalação de sistema de abastecimento de água e posterior poluição/contaminação hídrica, ao longo do tempo fizeram com que o uso de suas águas fosse significativamente diminuído.

A problemática ambiental relacionada à água é uma questão de extrema relevância no campo das ciências, destacadamente da Geografia, pois esse recurso envolve não só o vivido, mas a estrutura social e econômica e sua reprodutibilidade. A escassez de água potável é um desafio global que afeta tanto o meio ambiente, quanto à sociedade como um todo. A crescente demanda, impulsionada pelo crescimento populacional e econômico, tem levado à exploração excessiva dos recursos hídricos. Somado a isso, ocorre a contaminação de mananciais por atividades humanas. Resultando em uma diminuição da disponibilidade de água doce de qualidade, sobretudo em regiões semiáridas, como é o caso da microbacia do riacho Agon, área na qual esta pesquisa se propõe a estudar.

No município de Catolé do Rocha – PB, onde está localizada a maior parte da área

da microbacia, o fornecimento de água ocorre por sistemas de distribuição coletiva. A água advém, majoritariamente, da captação das águas do Rio Piranhas, na altura do município de Paulista-PB, e de sistemas de poços e açudes em propriedades privadas, localizados, inclusive, em outros municípios. A gestão do sistema de abastecimento é realizada, em sua maioria, pela Companhia de Água e Esgoto da Paraíba (CAGEPA).

Os poços, para obtenção de água subterrânea, são um tipo de abastecimento largamente utilizado, e possuem diversos usos. Cerca de 92% (CPRM, 2005) do total dos poços existentes no município de Catolé do Rocha, onde se encontra a microbacia do Agon, estão em propriedades particulares. A este dado se sobrepõe que, segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2020), 79,19% da população não têm acesso ao sistema de captação e tratamento de esgoto. Como consequência, os habitantes precisam construir fossas, ou são levados a despejarem seus efluentes diretamente no solo ou no Riacho Agon. Este quadro, além de apontar o impacto no meio fluvial, indica a existência de fontes potenciais de contaminação para as águas subterrâneas.

Mesmo cortando o centro da cidade, área de intenso fluxo humano, não há plena percepção sobre os desequilíbrios causados pela inadequada gestão ambiental e hídrica do Riacho Agon. O estudo de Dantas (*et. al* 2009, p.4) aponta que “A análise microbiológica da água do Riacho Agon indica a presença de coliformes totais e fecais, dejetos de atividade humana, tornando-a imprópria para o consumo humano e animal.”

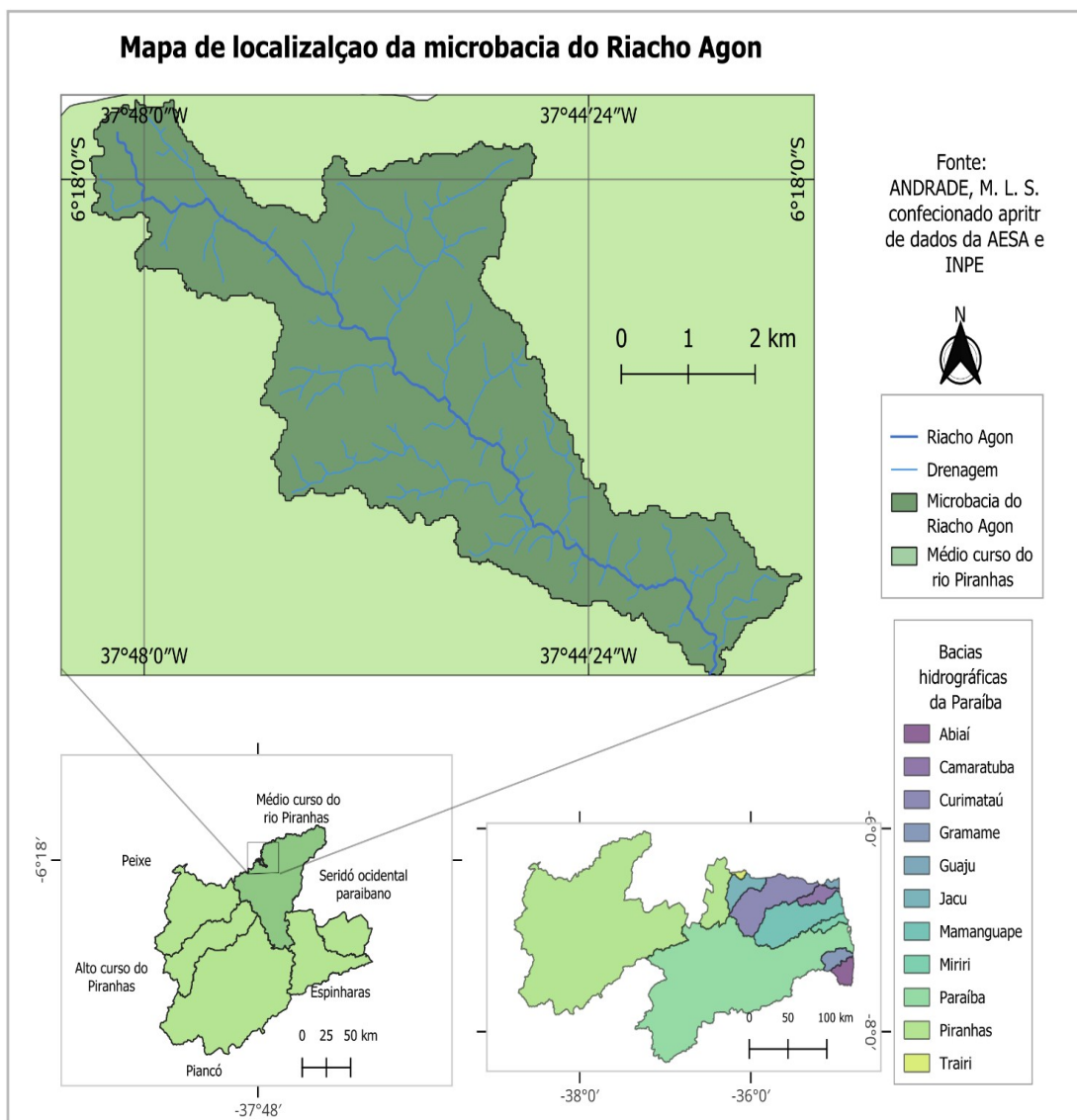
Diante dessas características, um questionamento é elaborado: A concentração da Área Urbanizada, a gestão da água proveniente dos usos urbanos e da Estação de Tratamento de Efluentes, está comprometendo a qualidade da água do Riacho Agon e de reservatórios a jusante? Assim, a microbacia do Riacho Agon se configura como objeto de estudo desta pesquisa, e sua qualidade na dimensão subterrânea e superficial.

A microbacia do Riacho Agon compõe a bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu, e a sub-bacia do Médio Curso do Rio Piranhas (AESAs, 2004). O curso drena parte do município de Catolé do Rocha, localizado no estado da Paraíba (Figura 1). O município encontra-se na Latitude: 6° 20' 28" Sul, Longitude: 37° 44' 59" Oeste.

Resumidamente, as condições ambientais regionais são: clima semiárido, com precipitações concentradas e temperatura média de 23°C, com baixo índice pluviométrico e alta evapotranspiração, configurando uma vegetação predominantemente de caatinga xerófila. Esse quadro resulta em uma drenagem, em sua maioria, intermitente e encaixada em modelados associados aos afloramentos do embasamento cristalino, como é o caso do

Riacho Agon, mais conhecido curso d'água da cidade.

Figura 1. Mapa de localização da Microbacia do riacho Agon.



Fonte: Autoral, a partir de dados da INPE e AESA.

A microbacia do Riacho Agon (Figura 1), possui sua maior parcela territorial no município de Catolé do Rocha - PB. O riacho está localizado, segundo IBGE (2021), na macrorregião hidrográfica do Nordeste oriental, na mesorregião Piancó-Piranhas-Açu e na microrregião do Médio curso do Piranhas. Portanto, o riacho Agon pertence à bacia hidrográfica do Rio Piranhas. Essa é uma importante bacia para o Estado da Paraíba, e, sobretudo para o sertão. Seu maior eixo é o oeste-leste.

A observação da paisagem do Riacho Agon, localizado em Catolé do Rocha- PB, revela uma problemática ambiental que merece atenção e estudo aprofundado. A falta de pesquisas sobre essa localidade é evidente, o que ressalta a importância de investigações que possam identificar os riscos e as possibilidades de contaminação nesse ambiente. A geografia desempenha um papel fundamental nesse contexto, pois tem a possibilidade de contribuir na compreensão das interações entre os elementos naturais e humanos. Através de uma abordagem aprofundada, é possível analisar os impactos ambientais causados por atividades antrópicas, como o despejo inadequado de resíduos sólidos e líquidos, evidenciados em estudos anteriores. Destacam-se os estudos de Garrido (et al. 2012) e Dantas (2008) na área de estudo desta pesquisa, entretanto foram estudos mais básicos, restringindo-se em geral a análise da água em um ponto específico.

A contaminação desse recurso hídrico representa um risco iminente para a saúde pública e para o equilíbrio do ecossistema local. Portanto, é imprescindível que sejam realizadas análises ambientais detalhadas acerca dos uso e cobertura do solo e seus efeitos na qualidade da água, a fim de identificar as principais fontes de poluição e propor medidas de mitigação adequadas.

A análise ambiental integrada caracteriza-se como um estudo que avalia as relações ambientais e humanas. Se realiza a partir de parâmetros como geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso e ocupação da terra. Essa análise é fundamental para compreender a magnitude dos impactos ambientais causados pela contaminação do Riacho Agon e, a partir disso, buscar soluções e medidas para conservar esse importante recurso e garantir a qualidade de vida das comunidades dependentes dele.

Entender as condicionantes ambientais permite correlacionar fatores que influenciam na contaminação e permite a busca por soluções inovadoras para garantir o acesso equitativo e sustentável à água potável para as gerações presentes e futuras. Nesse contexto, é crucial compreender os aspectos físicos e sociais envolvidos na gestão da água, fornecendo subsídios para a formulação de políticas públicas e ações efetivas de conservação e uso responsável das águas do Riacho Agon.

A realidade vivenciada desde a infância, de difícil acesso à água, agora se revela como objeto de estudo sob uma ótica geográfica. Ótica essa proporcionadora um olhar que capacita a analisar, compreender e colaborar para a edificação do conhecimento sobre o Riacho Agon e áreas com desafios semelhantes. Desta forma, este trabalho se justifica não apenas pela relevância científica e social, mas também pela busca em transformar uma

experiência pessoal em uma ferramenta de pesquisa e melhoria para a comunidade.

O objetivo geral da pesquisa é estudar as condições hídricas através de correlações entre as condicionantes ambientais, o uso e cobertura do solo e a qualidade da água na microbacia do riacho Agon.

Os objetivos específicos são: Caracterizar as condicionantes ambientais (climatologia, geológico, geomorfológico) da microbacia do riacho Agon; Mapear os pontos que possuem, principalmente, os poços ativos e afloramento de água do riacho; Analisar a qualidade física, química e microbiológica da água dos pontos selecionados e do efluente da Estação de Tratamento; e Correlacionar a contaminação da água com o uso e cobertura da Terra.

Para tanto, a metodologia aplicada na pesquisa está centrada na correlação da análise da qualidade da água superficial e subterrânea da microbacia do Riacho Agon (o objeto de estudo do trabalho) com as condições ambientais locais/regionais e aos padrões de usos e ocupação do solo da área. Foram investigadas suas características físicas e ambientais. A compreensão desses aspectos foi fundamental para estabelecer correlações com a qualidade da água, uma vez que alterações no ambiente físico e no uso e ocupação do solo podem influenciar diretamente nos processos de contaminação, poluição e disponibilidade hídrica da microbacia.

2.REFERENCIAL TEÓRICO



2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 As Margens do Conhecimento Sobre a Água: Abordagens e Conceitos Essenciais

A água na natureza se comporta de maneira dinâmica, é uma das únicas substâncias encontrada nos três estados da matéria (sólido, líquido e gasoso). O ciclo hidrológico é responsável por essas mudanças de estados fazendo com que a água se locomova e chegue aos lugares mais remotos. Esses processos têm como força motriz a radiação solar. São importantes neste ciclo: a evaporação/evapotranspiração, condensação e a precipitação.

O processo de evaporação recebe influência de fatores como a radiação solar, a temperatura do ar, vento e pressão do vapor (Tucci, 2004). Claramente, as maiores taxas de evaporação se dão a partir das águas oceânicas. No processo de evapotranspiração, inserido no arcabouço da evaporação, ocorre a perda de água pela evaporação do solo e transpiração vegetal. Como um processo que ocorre em larga escala em ambientes de florestas densas.

A evaporação/evapotranspiração age para a umidificação da atmosfera. As moléculas de água se aglutinam aos aerossóis em suspensão na atmosfera, formando as nuvens. A sublimação, quando a água muda de estado sem passar pela fase líquida, é observada, por exemplo, em ambientes glaciais.

A condensação, passagem da água do estado gasoso para líquido, se dá, em geral, no contato do vapor d'água com uma superfície. O orvalho ocorre em condições superiores a 0°C, de acordo com o Ponto de Orvalho (temperatura atmosférica necessária para a condensação); a geada ocorre abaixo de 0°C, decorrendo do congelamento do orvalho. que pode ocorrer através da sublimação como o vapor d'água transformando-se em gelo nas superfícies de contato.

A água em forma de nuvem retorna à superfície mediante as precipitações pluviais e nivais (chuva e neve). De modo geral, para ocorrerem as precipitações são consideradas as condições de saturação da umidade e temperatura ideais. As suas características principais são: o seu total, representado em milímetros (mm), duração e distribuição temporal e espacial. Neblina, chuva, granizo, saraiva, e a neve são formas diferentes de precipitações, o que diferencia essas formas de precipitações é o estado físico em que a água se encontra.

Uma parcela da precipitação ao tocar a superfície promove o escoamento superficial, modela as vertentes, contribui na formação de rios e seus afluentes, que além de conduzir água, sustenta inúmeras formas de vida, sendo responsável pelo transporte de

sedimentos até as maiores bacias sedimentares do planeta, os oceanos (Feitosa et al., 2008, p. 53).

Outra parcela da água precipitada infiltra-se no solo, permitindo e recarrega os aquíferos. Conceitua-se infiltração como “a passagem de água da superfície para o interior do solo. Portanto, é um processo que depende da quantidade de água disponível para infiltrar, na natureza do solo, do estado da sua superfície e das quantidades de água e ar, inicialmente presentes no seu interior” (Tucci, 2004, p. 334).

O escoamento superficial e a infiltração são componentes do ciclo hidrológico e fundamentais para entender a dinâmica das bacias hidrográficas. Tucci (2004) explica:

O ciclo hidrológico é normalmente estudado com maior interesse na fase terrestre, onde o elemento fundamental de análise é a bacia hidrográfica. A bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório. A bacia hidrográfica compõe-se basicamente de um conjunto de superfícies vertentes e de uma drenagem formada por cursos d'água que confluem até um leito único no exutório (Tucci, 2004, p. 40).

Autores como Coelho (2007, p. 97) conceituam bacia hidrográfica como uma área de superfície continental que drena água, sedimentos e materiais inclusive dissolvidos, para uma saída em comum, num determinado ponto de um canal fluvial. Sendo assim, refere-se a área de drenagem do rio principal e seus afluentes, já a sub-bacia abrange a área de drenagem de um rio tributário. Logo, a água desses cursos d'água chegará, direta ou indiretamente no rio principal, o que, em geral, dá o nome a bacia hidrográfica ou mesmo região hidrográfica (Machado e Torres, 2012 p. 43).

Para além do entendimento físico acerca do conceito de Bacia Hidrográfica, Rocha e Viana (2008) apontam que ela “é tradicionalmente considerada como a unidade fisiográfica mais conveniente para o planejamento dos recursos hídricos, por constituir-se em sistema aberto de fluxo hídrico a montante do ponto onde a vazão do curso principal é medida” (Rocha e Viana, 2008, p. 2). Ou seja, é um conceito também tratado como uma unidade de planejamento, gestão territorial e gerenciamento dos recursos hídricos.

Um rio é seccionado em três segmentos, o alto curso, médio e o baixo curso, e estas estão intimamente relacionadas à declividade do terreno e a geologia local. O trabalho fluvial, ou seja, o processo de escavar vertical e horizontalmente, juntamente outros fatores, como deposição sedimentar, entre outros, resultam em feições predominantes de cada

parte.

A nascente é o local onde o rio começa, geralmente em áreas elevadas como montanhas, por exemplo. A nascente está inserida no alto curso, onde o rio tende a ser mais estreito, raso e, em geral, com um fluxo rápido devido a declividade. No médio curso, à medida que são incorporados afluentes, aumenta o volume hídrico e, assim, a erosão.

No baixo curso, a deposição de sedimentos se torna mais evidente, devido a diminuição da competência erosiva do rio. Nesta parte, em geral numa topografia mais suave e maior volume, o rio tende a escavar e depositar lateralmente nas margens, de acordo com a energia e o terreno a qual ele se encontra. A partir dessa variabilidade de fatores, é possível compreender o grau de seleção de sedimentos, sendo que no baixo curso há predominância de sedimentos finos (areias finas a muito finas, siltes e argilas), encontrados nas margens, no fundo e até em suspensão na água.

No final do baixo curso, ocorre a desembocadura, local onde o rio encontra outro corpo d' água. Normalmente, a desembocadura, também denominada de foz, no caso dos oceanos recebe a denominação de estuário (canal único ou definido, formada por águas salobras). Por deposição, um estuário pode evoluir para outro tipo de foz, um delta, (com vários canais, em geral, sobre depósitos de sedimentos).

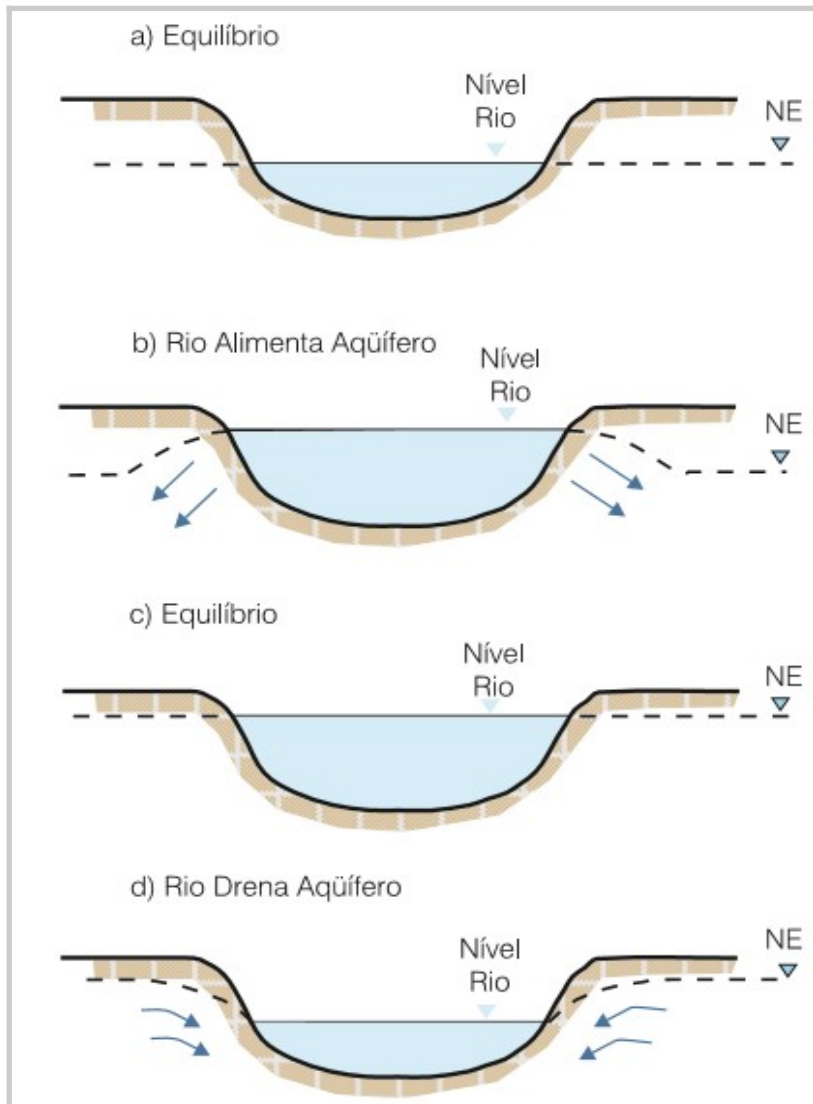
Durante este caminho da nascente até a foz, o rio adquire afluentes, que são rios menores que deságuam no rio principal, contribuindo para o volume de água. São como braços que se juntam ao corpo do rio, formando assim uma bacia hidrográfica. A área de uma bacia é delimitada pelos divisores de água que direcionam água até os rios afluentes, que fluem até o rio principal.

Portanto, a bacia hidrográfica compreende as águas superficiais (rios, lagos, açudes) e subterrâneas, os aquíferos. A gestão de águas superficiais e subterrâneas é necessária, pois existe uma relação de interação entre elas; destacadamente as trocas, recargas, entre as águas pluviais e os aquíferos a eles associados.

Essa interação pode ser descrita de várias maneiras, dependendo das condições geológicas e hidrológicas locais. A recarga de aquíferos por rios ocorre quando o nível do rio é mais alto que o nível do aquífero adjacente, a água do rio infiltra-se no solo e reabastece o aquífero, processo chamado de recarga fluvial; Noutro sentido também pode acontecer, a descarga de aquíferos para os rios: ocorre, especialmente em períodos de seca. O aquífero, por estar com o nível mais alto ao do rio, pode liberar água para o leito do canal, contribuindo para a manutenção do fluxo hídrico de base. Estes padrões de recarga (Figura 2) podem ser

intercalados por situações de equilíbrio entre eles, onde os níveis se assemelham.

Figura 2. Esquema de equilíbrio entre um rio e um aquífero.



Fonte: Feitosa et al. (2008, p. 198).

Esses processos são interdependentes e fazem parte de um ciclo contínuo de movimentação e troca de água, ajudando a manter o equilíbrio hídrico tanto subterrâneo quanto na superfície. Quando há uma degradação em um desses sistemas (superficial ou subterrâneo), o outro também pode ser afetado, resultando em impactos negativos na disponibilidade de água e qualidade ambiental. Portanto, a captação excessiva do aquífero pode afetar a disponibilidade de água presente nos rios.

Os rios podem ser divididos em rios perenes, intermitentes e efêmeros. Os rios

efêmeros são constituídos de canais secos durante a maior parte do tempo, dispondo de água apenas durante ou imediatamente após a chuva. Os rios intermitentes são diferentes pois drenam água durante uma parte do ano e tornam-se secos em outra. Já nos rios perenes há água durante todo o ano.

“O escoamento fluvial faz parte integrante do ciclo hidrológico e sua alimentação, e se processa através das águas superficiais e subterrâneas”. (Christofoletti, 1980, p. 65). A proporção da disponibilidade de águas subterrâneas e superficiais que alimentam o escoamento fluvial é variável de acordo com o clima, tipo de solo, rocha, declividade, entre outros fatores.

Além de transportar água, os rios carregam consigo sedimentos, sejam eles suspensos ou saltados. Durante esse processo é possível perceber que o rio consegue entalhar no terreno formas a partir da erosão e deposição destes sedimentos transportados, dependendo da declividade, volume de água drenado, granulometria, litologia do terreno, entre outros fatores. Christofoletti (1980, p. 98) coloca que o “ estado de estabilidade é atingido quando há um equacionamento entre a importação e exportação de energia e matéria através do sistema, exprimindo-se por meio de formas dentro do próprio sistema”. Quando chega a esse ponto o sistema é auto-regulador, ou seja, qualquer modificação ambiental, resulta em outra compensação.

Portanto, há uma relação de interação entre rio e sedimento e rio e aquífero, propiciando o funcionamento do sistema. Feitosa (2008) conceitua aquífero como “uma formação geológica que contém água e permite que quantidades significativas dessa água se movimentam no seu interior em condições naturais. As formações permeáveis, como as areias e os arenitos, são exemplos de aquíferos” (Feitosa *et al.*, 2008, p. 61).

Outros conceitos importantes são aquíclode, aquícardo e aquífugo. Aquíclode é uma formação geológica que pode armazenar água, inclusive em grandes quantidades, mas não é capaz de transmiti-la em condições naturais. Exemplos de aquíclodes incluem camadas de argila, pois são formações impermeáveis. Já um aquícardo é uma camada ou formação semipermeável, limitada na parte superior e/ou inferior por camadas de permeabilidade muito maior. O aquícardo funciona como uma membrana semipermeável, permitindo a ocorrência de filtração vertical ou drenagem. E aquífugo, se refere a uma formação geológica impermeável que não armazena nem transmite água. Esses conceitos são por diversas vezes confundidos, por isso se torna importante delimitá-los.

Os aquíferos (Figura 3) são divididos em aquíferos livres (drenantes e não

drenantes) e confinados (drenantes e não drenantes). Os aquíferos confinados, ou mesmo aquíferos sob pressão, são aqueles em que a pressão da água no topo é superior à pressão atmosférica. Dependendo das características das camadas que os delimitam, podem ser classificados em confinados não drenantes e confinados drenantes.

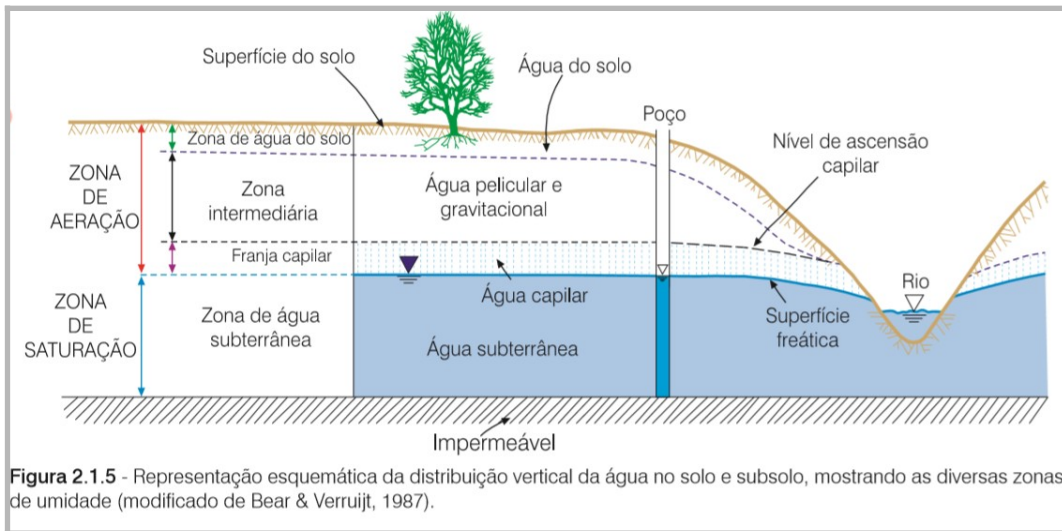
Os aquíferos confinados não drenantes são aqueles cujas camadas superior e inferior são impermeáveis, impedindo a transferência de água. Já os aquíferos confinados drenantes possuem pelo menos uma camada semipermeável, o que permite a entrada ou saída de fluxos de água pelo topo ou pela base, por meio de drenagem ascendente ou descendente.

Por outro lado, os aquíferos livres, também chamados de não confinados, têm como limite superior a superfície de saturação (ou freática), onde todos os pontos estão sob pressão atmosférica. As áreas de recarga dos aquíferos confinados geralmente correspondem a aquíferos livres, por onde a água das chuvas infiltra e se acumula. Assim como os aquíferos confinados, os aquíferos livres também podem ser classificados em drenantes (ou de base semipermeável) e não drenantes (ou de base impermeável) (Feitosa *et al.*, 2008, p.62) .

Ao infiltrar, a água se distribui no solo e nas formações geológicas em duas zonas verticais, de maneira mais simples: na zona saturada e zona não saturada, de acordo com a proporção relativa do espaço poroso que é ocupado pela água (Feitosa *et al.*, 2008, p. 58). A Zona Saturada, também denominada zona de saturação, localiza-se abaixo da superfície freática. Nessa região, todos os vazios presentes no solo estão completamente preenchidos por água.

Acima da superfície freática, encontra-se a Zona de Aeração, também chamada de zona não saturada, zona de aeração ou zona vadosa (rasa). Nessa área, situada entre a superfície freática e a superfície do terreno, os poros do solo estão parcialmente preenchidos por gases (ar e/ou vapor d'água) e por água (Figura 3).

Figura 3. Representação esquemática da distribuição vertical da água no solo e subsolo.



Fonte: Feitosa et al. (2008).

Pode-se observar que algumas outras zonas são importantes para compreensão dos aquíferos. Uma delas é a Zona Capilar, ela estende-se da superfície freática até o limite máximo de ascensão da água por capilaridade. Acima dela, está a Zona Intermediária, localizada entre o limite de ascensão capilar e o limite de alcance das raízes das plantas. Por fim, a Zona de Água do Solo, também conhecida como zona de evapotranspiração, situa-se entre a superfície do terreno e a profundidade máxima alcançada pelas raízes da vegetação. Sua espessura pode variar de alguns centímetros, em áreas com cobertura vegetal esparsa, até vários metros, em regiões com vegetação densa.

As águas subterrâneas representam cerca de 97% das águas doces líquidas do planeta, tornando esses mananciais os maiores armazenadores de água potável. Elas possuem uma função importante tanto no meio natural, na sustentação de rios, florestas; como para humanos, no consumo doméstico, industrial, agrícola, agropecuário.

Autores, como Tedesco (2021), defendem que “As águas subterrâneas são fontes seguras e importantes de água potável, principalmente em locais onde as águas superficiais são escassas” (Tedesco *et al.*, 2021, p. 401). Esse processo se dá pela competência que os aquíferos possuem de filtrar substâncias potencialmente danosas a qualidade das águas. Hirata *et al.* (2019) explica:

Os aquíferos também possuem potencial para diluir e degradar compostos contaminantes que acabam se infiltrando no solo a depender de suas características hidrogeológicas e geoquímicas e da própria natureza e intensidade da contaminação. A zona de solo e o próprio aquífero constituem grandes reatores biogeoquímicos com capacidade de tratar os contaminantes, mas o aquífero

propriamente dito pode diluir grandes plumas de contaminantes dissolvidos (Hirata, 2019, p. 29).

Apesar da qualidade natural da água de um aquífero ser determinada pela interação e equilíbrio hidroquímico e geoquímico, a forma de captação pode interferir na qualidade da água explorada. As principais construções para coleta de água subterrânea são os poços.

Estes são frequentemente divididos em dois grupos (poços escavados e poços tubulares) que, por sua vez, possuem subdivisões em detrimento ao modo de construção, diâmetro, revestimento e pressões hidráulicas atuantes (Vasconcelos, 2015).

Os poços escavados, em geral, têm um diâmetro superior a meio metro e profundidade variada, podendo chegar a dezenas de metros, a depender da litificação da formação geológica. Estes possuem três classes:

Cacimbão: poço que possui um revestimento parcial ou total em sua parede, com diâmetro superior a 1 m e inferior a 5 m; Amazonas: com diâmetro superior a 5 m e possui revestimento parcial ou total em sua parede; e as Cacimbas: poço com diâmetro superior a 0,5 m, entretanto não possui revestimento em sua parede (Vasconcelos, 2015).

Os poços tubulares possuem diâmetro reduzido, perfurado com equipamento especializado para permitir a extração de água de aquíferos profundos. Geralmente, são revestidos internamente com tubos metálicos ou plásticos (PVC), inferior a 1 m. Esse material busca evitar a entrada de água indesejada e o desmoronamento das camadas de solo atravessadas, além de contar com filtros por onde a água flui (Hirata, 2019, p. 61).

Os poços tubulares são divididos em duas classes: Freático, que capta água dos aquíferos livres; e Artesiano, que capta água de aquíferos confinados. Os poços artesianos podem ser divididos em dois outros tipos segundo o nível potenciométrico em relação à superfície topográfica. Artesiano não jorrante: capta água de aquíferos confinados em que a superfície potenciométrica está mais baixa que nível topográfico. Dessa forma, requer o uso de bombeamento da água até a superfície (Vasconcelos, 2015).

Os poços artesianos jorrante poço que capta água de aquíferos confinados em que a superfície potenciométrica se encontra acima da superfície topográfica. Quando o poço é construído em um aquífero com pressão suficiente para elevar o nível da água acima no nível piezométrico do aquífero subjacente

Poços artesianos jorrantes são aqueles cuja superfície potenciométrica é mais alta que a superfície topográfica. Essa condição ocorre quando o poço é perfurado em um

aquífero com pressão suficiente para elevar o nível da água acima do nível do aquífero subjacente. Consequentemente, a água emerge naturalmente na superfície do terreno, dispensando a necessidade de bombeamento (Hirata, 2019, p. 61).

A construção de poços tem algumas vantagens: a vazão dos poços são, em geral, mais estáveis, mesmo após períodos de estiagens, pois a maioria dos aquíferos tem uma grande capacidade de armazenamento; a construção pode ser feita mediante o aumento da demanda por água nas cidades, evitando grandes investimentos iniciais; a construção de poços, em sua maioria, são obras menos complicadas que grandes obras de engenharia, desde que detenha tecnologia adequada; são de baixo a médio custo de operação e manutenção, podendo funcionar de forma autônoma, sem a necessidade de intervenções técnicas recorrentes.

Essas vantagens possibilitaram que, aproximadamente, 52% dos municípios brasileiros sejam abastecidos, em algum nível, por águas subterrâneas. Desse total, 36% dos municípios são abastecidos exclusivamente por águas subterrâneas, enquanto 16% utilizam fontes mistas, ou seja, combinam águas superficiais e subterrâneas para o abastecimento, conforme dados da ANA (2010). Reverberando no aumento de perfuração de poços tubulares, visto que entre os anos de 2010 e 2015, ocorreu um aumento de 9 vezes nas concessões de outorgas no país (ANA, 2016). Número potencialmente maior, tendo em vista que muitos poços ainda não possuem seu cadastramento e regularização. Um outro ponto ressaltado é Hirata et al. (2019):

Outro número que esconde a relevância das águas subterrâneas é a proporção da população não assistida pela rede de abastecimento público. No país, cerca de 35 milhões de pessoas não têm água encanada em seus domicílios (SNIS, 2016). Como saída, grande parte dos domicílios recorrem a poços escavados e tubulares ou a aduções de água de nascente para suprir suas necessidades hídricas e de saneamento. Desse modo, as águas subterrâneas vêm atendendo às populações socialmente mais vulneráveis e pobres no Brasil (HIRATA *et al.*, 2019, p. 25).

Nesse sentido, se revela de suma importância a conservação da qualidade desses aquíferos, pensando no uso presente, com utilização consciente e ética; e futuro, tendo em vista os princípios relacionados aos princípios de gestão responsável, que respeitem os limites e a capacidade de renovação do recurso.

2.2 A Margem da Contaminação

Os recursos hídricos superficiais e subterrâneos constituem elementos vitais para o equilíbrio ecológico e o desenvolvimento socioeconômico, desempenhando papéis essenciais na manutenção dos sistemas naturais e no abastecimento humano. Enquanto as águas superficiais – como rios, lagos – são visíveis e amplamente utilizadas, com potencialidade de atividades como a geração de energia hidrelétrica, habitat para inúmeras formas de vida; as águas subterrâneas, armazenadas em aquíferos, representam reservas estratégicas para períodos de escassez, devido sua resistência às variações climáticas sazonais. Juntos, esses recursos formam um sistema integrado que sustenta uma parcela considerável da vida no planeta.

Em contrapartida, uma problemática se revela, a contaminação/poluição dos mananciais, pois esses recursos estão suscetíveis à poluição e contaminação. Tucci (2004, p. 858) destaca que: “Especificamente, em relação às águas, muitas são as atividades que causam poluição. O termo poluição pode ser definido como alteração nas características físicas, químicas ou biológicas de águas naturais decorrentes de atividades humanas.” Apresenta um rol de atividades potencialmente poluidoras: Esgotos sanitários, águas residuárias industriais, resíduos sólidos, água de drenagem da rede urbana, fontes acidentais e fontes atmosféricas.

Tedesco *et al.* (2021, p. 401) explicita que, apesar das águas subterrâneas se mostrarem como recurso hídrico importante, e em geral apresentarem boa qualidade, “a elevação da contaminação das águas subterrâneas, causada principalmente por atividades antropogênicas e uso do solo, coloca em risco a segurança hídrica”, a depender dos tipos de contaminação. Ou seja, os tipos de contaminação encontrada e a qualidade de água de mananciais podem estar fortemente relacionados com o uso do solo na bacia à qual pertence esse recurso e o grau de controle sobre as fontes de poluição, sobretudo, as de origem antrópica.

É importante ressaltar que “a poluição indica a ocorrência de alterações prejudiciais ao meio aquático e quando tais alterações colocam em risco a saúde dos elementos da biota ou do ser humano que dele faz uso, a poluição passa a denominar-se contaminação” (Libâneo, 2010, p.106). Ou seja, pode-se poluir um corpo d'água sem que haja contaminação, mas a contaminação como consequência de alguma ação antrópica estará sempre associada à poluição.

Quanto à capacidade de um curso d'água de assimilação da carga orgânica

decorrente do lançamento de efluentes (esgotos domésticos, industriais), ela varia com a concentração de oxigênio dissolvido, com a pressão atmosférica e a temperatura (Libâneo, 2010 p. 110). Assim, os impactos na capacidade de cada corpo hídrico assimilar os efeitos da poluição variam em função do tipo, se superficial ou subterrâneo, do seu porte e das características da água.

A poluição, portanto, pode se dar em várias frentes, tanto superficialmente, quanto subterrânea, por exemplo a construção inadequada de fossas. De acordo com Feitosa *et al.* (2008) a distribuição espacial da poluição, pode ser:

Pontual - quando a fonte está concentrada numa pequena superfície, como por exemplo um poço tubular, ou escavado; difusa - quando a fonte de contaminação se estende, mesmo com baixa concentração, sobre uma grande superfície, como é o caso de áreas de irrigação ou áreas urbanas, ou do transporte por via atmosférica; Linear - quando a fonte de contaminação é um rio ou canal (Feitosa *et al.*, 2008, p. 382).

De maneira geral, as contaminações pontuais geram concentrações elevadas, formando plumas que podem se manter estratificadas em um aquífero. Já as contaminações difusas tendem a resultar em uma estratificação de maior alcance, afetando uma área mais ampla. Com o tempo, tanto os mananciais de superfície quanto os aquíferos passam a produzir uma mistura de água contaminada e não contaminada, com a proporção de contaminação tendencialmente aumentando progressivamente porém menos intensas.

Esse processo muitas vezes está diretamente associado às pressões impostas pelo modelo de ocupação e uso do solo, especialmente em áreas urbanas, uma vez que, conforme destaca Machado (2012, p. 4) defende que a “degradação da qualidade das águas urbanas tem se constituído num elevado custo econômico e social, gerado por um modelo de desenvolvimento geralmente descomprometido com a qualidade do ambiente” (Machado, 2012, p. 4) Por mais que haja poluição no corpo d’água por meio natural, as ações antrópicas vem interferindo de maneira intensa nesses ecossistemas, levando a inutilização ou subutilização de muitos deles.

Ver as águas urbanas como intrínsecas ao espaço e perceber como elas interagem com o rio e o aquífero é importante para entender a segurança hídrica e vulnerabilidade do aquífero. Fatores que interferem são a distribuição, uso e cobertura da terra, além da abrangência da coleta e tratamento de esgoto, impermeabilização do solo, dentre outros.

Peixoto e Cavalcante (2025) conceituam que “Os aquíferos urbanos são aqueles cuja qualidade e quantidade da recarga hídrica foram alteradas de forma significativa, por meio da atuação de fontes de recarga antropogênicas.” (Peixoto e Cavalcante, 2025, p.11). Por exemplo, serem acrescidas de águas advindas de vazamentos da distribuição coletiva de água, efluentes tratados e não tratados. Todos esses fatores influenciam na avaliação da vulnerabilidade aquífera de uma área urbana.

2.3 A Margem da (In)Segurança Hídrica e Vulnerabilidade Aquífera

No semiárido, caracterizado pela irregularidade das chuvas, as bacias hidrográficas são essenciais para o equilíbrio hídrico e ecológico para os ecossistemas locais. Estas áreas funcionam como refúgios vitais para várias espécies e podem se configurar como zonas de endemismo (Ab'Sáber, 2012). Paulatinamente, a contaminação e/ou superexploração dos recursos hídricos vem causando desequilíbrios. Rocha e Santos (2025) evidenciam que as “alterações nesses sistemas tendem a ser intensificadas pela intermitência dos cursos d’água e pela escassez de recursos hídricos, características marcantes das regiões semiáridas” (Rocha e Santos, 2025, p.7).

Essas irregularidades se associam a um conceito relevante que é o de segurança hídrica. Witter e Whiteford (1999) conceituam segurança hídrica como uma situação na qual exista água em qualidade e quantidade suficiente, com um preço acessível, para atender às necessidades humanas em curto e longo prazos (um conceito que caminha ao lado do mais aceito que é o da ONU).

A segurança hídrica, apesar de ser uma pauta global prioritária, enfrenta crises persistentes em inúmeras localidades, ameaçando o bem-estar social, a estabilidade econômica de algumas regiões e a resiliência de ecossistemas. Segundo a ANA (2017, p.38) com cálculos do Índice de Segurança Hídrica – do Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH) são a identificados cerca de 60,9 milhões de pessoas (34% da população urbana em 2017) vivendo em cidades com menor garantia de abastecimento de água. E a previsão para 2035, a população total em risco sobe para 73,7 milhões de pessoas.

A Insegurança Hídrica, para Tomaz (2023) refere-se, portanto, “ à situação de dificuldades de acesso à água em qualidade e quantidade suficiente para a manutenção do bem-estar humano. Embora seja uma premissa para a sobrevivência esse direito básico, por vezes não é assegurado” (Tomaz *et al.*, 2023, p. 1). E em sua pesquisa no município de

Forquilha - CE, concluiu que “ Os principais resultados mostram que embora haja um quadro de insegurança hídrica domiciliar, a relação desta com a vulnerabilidade social é mais acentuada nas áreas urbanas. Nas áreas rurais, onde a vulnerabilidade é maior, a existência de múltiplas fontes de abastecimento como as cisternas e os carros pipa passam para a população uma sensação mais elevada de segurança hídrica, tanto no acesso como na disponibilidade de água para o consumo domiciliar” (Tomaz *et al.*, 2023, p. 1).

Portanto, é um desafio atravessar tanto os perímetros urbanos quanto os rurais. Uma parte dessa insegurança pode ser explicada — e também enfrentada — por meio do conceito de vulnerabilidade aquífera, modulador do risco de contaminação, que mostra o quanto os mananciais subterrâneos estão expostos e, conseqüentemente, ao risco de comprometer a segurança hídrica das famílias que os utilizam.

O conceito de vulnerabilidade aquífera é importante para compreensão da situação do aquífero, pois considera as vulnerabilidades naturais somadas à ocupação antrópica na superfície. Tedesco *et al.* (2021) colocam que a “vulnerabilidade é definida como a susceptibilidade intrínseca do meio aquífero em ser adversamente afetado por uma carga contaminante antrópica” (Tedesco *et al.* 2021, p. 402). Foster e Hirata (1988) complementam que o conceito de perigo de contaminação das águas subterrâneas (anteriormente denominado risco) como a interação entre a vulnerabilidade do aquífero e uma carga contaminante potencial, proveniente de uma atividade já existente. Dessa forma, uma atividade representaria um alto perigo se estivesse situada em um aquífero com elevada vulnerabilidade.

A avaliação da vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas é essencial para adotar medidas eficazes no controle da degradação, uma vez que a recuperação da qualidade da água apresenta desafios tanto ambientais quanto econômicos (Tedesco *et al.*, 2021). À medida que se conhece tanto as questões naturais quanto os tipos de uso e manejo do solo, é possível se aproximar de decisões assertivas para proteção e melhoria em questões quantitativas e qualitativas das águas do aquífero.

A vulnerabilidade de um aquífero diminui à medida que o acesso hidráulico do contaminante à zona saturada se torna mais difícil ou demorado (Feitosa *et al.*, 2008, p. 407). Por isso, se torna fundamental estimar o tempo que a água leva para percorrer uma determinada distância durante seu fluxo, ou seja, o tempo de trânsito. Via de regra, tempos de trânsito mais longos proporcionam maiores oportunidades de atenuação dos contaminantes, pois há mais tempo para que as reações de degradação ocorram. *Feitosa et*

al. (2008, p. 411) reforçam que:

O solo é uma das maiores defesas contra a contaminação antrópica de aquíferos, não somente pela sua posição, entre a carga poluente e a zona saturada, mas, também, por suas características bio-físico-químicas, que induzem à degradação de muitas substâncias e micro-organismos patogênicos (Feitosa *et al.*, 2008, p. 411).

A sua espessura e composição são relevantes para capacidade de assimilação de contaminantes. Portanto, ao se avaliar a vulnerabilidade de um aquífero deve ser levada em conta tanto suas condicionantes naturais (como a litologia e geologia, por exemplo), como também as atividades desempenhadas na superfície, a carga poluente, tipo de contaminante.

Um dos métodos mais utilizados para avaliar a vulnerabilidade aquífera é o método GOD (Groundwater Hydraulic Confinement), proposto por Foster e Hirata (1988). Em que “G” é o grau de confinamento do aquífero, variando de 0 a 1; “O” (*overlaying strata*) é o tipo de litologia encontrada na zona não saturada, variando de 0,4 a 1; e “D” (*depth to groundwater table*), que corresponde à profundidade do nível d’água ou mesmo da base da camada confinante do aquífero, podendo variar de 0,6 a 1. Na aplicação do método, esses fatores multiplicados entre si, definem o grau de vulnerabilidade do aquífero: $G \times O \times D$ (Foster e Hirata, 1988). Esse método se mostra útil, pois viabiliza a construção de mapas de zoneamento de poços que estão sob maior vulnerabilidade.

Outro recurso extremamente proveitoso a ser utilizado na busca por dados dos poços distribuídos pelo Brasil é o Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS), coordenado pelo Serviço Geológico Brasileiro (SBG). O SIAGAS tem como objetivo coletar, recuperar, armazenar e difundir dados e informações acerca das águas subterrâneas, colaborando de maneira efetiva no andamento de atividades de pesquisas e planejamento/gestão de recursos hídricos subterrâneos. A plataforma conta com o acervo de mais de 380.000 poços catalogados (SBG, 2025).

O sistema disponibiliza tabelas informações sobre os poços como: dados de localização; dados de identificação; dados de proprietário; dados de cadastramento; dados hidrográficos; dados de exploração; dados construtivos; dados de perfuração; dados de revestimento; dados de filtro; dados de pré-filtro; dados de cimentação; dados de litologia;

dados de estratigrafia; dados de aquíferos; dados de perfilagem; dados de testes de bombeamento; dados de análises química e bacteriológica.

Cabe ressaltar que, apesar dessa catalogação, muitos poços ainda não se encontram devidamente identificados. Segundo o Instituto Trata Brasil (2019), são estimados cerca de 2,5 milhões de poços no Brasil, desse total, 88% dos poços não estão devidamente catalogados e os órgãos de cadastros oficiais do poder público. Essa realidade é um fator limitante para gestão de áreas vulneráveis à contaminação a qual estes poços podem estar submetidos. Além em direção contrária a legislação brasileira que prevê determinações importantes como: outorga, parâmetros de potabilidade da água, classes e seus usos, entre outros.

2.4 A Margem da Legislação da Água

As leis regulamentadoras de uso e gestão da água desempenham um papel fundamental na sua conservação, pois estabelecem diretrizes para garantir o uso consciente, protegendo os corpos hídricos e a qualidade da água. Além de regular a extração, distribuição e o tratamento da água, essas normas são fundamentais para evitar o desperdício, a poluição e o esgotamento dos recursos hídricos.

A Constituição Federal, a qual todas as outras leis são subordinadas, na Lei Federal nº 9.433/1997, no artigo 12, estabelece as situações em que a exploração e o uso da água subterrânea e dos demais recursos hídricos exigem a outorga concedida pelo Poder Público. O parágrafo 1º, desse mesmo Artigo, prevê, alguns casos de isenção dessa necessidade. O regime de outorga consiste num ato administrativo que estabelece as condições e termos sob os quais o Poder Público autoriza, por um período determinado, a utilização desses recursos. As águas subterrâneas são consideradas bens de domínio estadual, cabendo, portanto, aos órgãos e entidades estaduais responsáveis pela gestão dos recursos hídricos a autorização para a perfuração de poços e o uso dos aquíferos.

A Constituição Federal também prevê na Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que deve haver um controle do lançamento de poluentes no ambiente, proibindo o lançamento em níveis nocivos ou perigosos para os seres humanos e outras formas de vida.

Uma das principais instituições que coordenam diretrizes para o controle da qualidade de água e lançamentos de efluentes no Brasil é o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Para melhor designar o enquadramento das águas no País, o CONAMA adotou uma classificação de águas, divulgado na Resolução nº 357, de 17 de

março de 2005. Esta dispõe sobre a classificação de corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamentos de efluentes, e dá outras providências. No Art.3ª designa que: “As águas doces, salobras e salinas do Território Nacional são classificadas, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, em treze classes de qualidade” (Brasil, 2005). Estas estão dispostas na Tabela 1.

Tabela 1: Classificação das águas a partir de seus usos - CONAMA. Seção I: Águas Doces

Classe Especial	<p>Águas destinadas:</p> <p>a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;</p> <p>b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e,</p> <p>c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.</p>
Classe 1	<p>Águas que podem ser destinadas:</p> <p>a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; b) à proteção das comunidades aquáticas;</p> <p>c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;</p> <p>d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película;</p> <p>e</p> <p>e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.</p>
Classe 2	<p>Águas que podem ser destinadas:</p> <p>a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;</p> <p>b) à proteção das comunidades aquáticas;</p> <p>c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;</p> <p>d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e</p> <p>e) à aquicultura e à atividade de pesca.</p>
Classe 3	<p>Águas que podem ser destinadas:</p> <p>a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;</p> <p>b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;</p> <p>c) à pesca amadora;</p> <p>d) à recreação de contato secundário; e</p> <p>e) à dessedentação de animais.</p>
Classe 4	<p>Águas que podem ser destinadas:</p> <p>a) à navegação;</p> <p>b) à harmonia paisagística.</p>
Seção II: Águas Salinas	
Classe especial	<p>Águas destinadas:</p> <p>a) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção</p>

	integral; e b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.
Classe 1	Águas que podem ser destinadas: a) à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000; b) à proteção das comunidades aquáticas; e c) à agricultura e à atividade de pesca.
Classe 2	Águas que podem ser destinadas: a) à pesca amadora; e b) à recreação de contato secundário.
Classe 3	Águas que podem ser destinadas: a) à navegação; e b) à harmonia paisagística.
Seção III: Águas salobras	
Classe especial	Águas destinadas: a) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral; e, b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.
Classe 1	Águas que podem ser destinadas: a) à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000; b) à proteção das comunidades aquáticas; T c) à aquicultura e à atividade de pesca; d) ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado; e e) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, e à irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.
Classe 2	Águas que podem ser destinadas: a) à pesca amadora; e b) à recreação de contato secundário.
Classe 3	Águas que podem ser destinadas: a) à navegação; e b) à harmonia paisagística.

Fonte: CONAMA, Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.

A classificação das águas indica as condições e padrões de qualidade e estabelece limites específicos para cada substância em cada classe, descritas no Capítulo III: Art. 7ª da Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Esta mesma resolução no Art. 8, estabelece que “O conjunto de parâmetros de qualidade de água selecionado para subsidiar a proposta de enquadramento deverá ser monitorado periodicamente pelo Poder Público” (Brasil, 2005) e em outros estudos que tenham como objetivo analisar os padrões de qualidade da água ao enquadramento designado pelos órgãos responsáveis. Os parâmetros, dispostos em orgânicos e inorgânicos, para qualidade da água em suas respectivas classes, apresentam

maiores exigências em águas especiais e doces, e menos exigências nas águas salobras e salinas.

Uma outra resolução importante, diz respeito a Resolução CONAMA n° 396, de 3 de abril de 2008, Publicada no DOU n° 66, de 7 de abril de 2008, Seção 1, páginas 64-68. Esta resolução “Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas” (Brasil, CONAMA, 2008). No Art. 3°, o CONAMA adota uma classificação das águas subterrâneas. Sendo classificadas em: Classe Especial, classes de 1 a 5. As especificidades de cada classe estão descritas na Tabela 2.

Tabela 2: Classificação das águas subterrâneas - CONAMA

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;
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;
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 hidrogeoquímicas naturais;
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;
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:
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.

Fonte: Produzida a partir de dados da Resolução CONAMA n° 396, de 3 de abril de 2008.

Para se ter acesso a águas subterrâneas de qualidade é importante que sua captação ocorra de maneira adequada. Existem padrões de regularização para a Construção de Poços, referenciadas pelas normas da ABNT NBR 12.212/2017 e NBR 12.244/2017.

A NBR 12.212 fixa parâmetros técnicos para projetos de poços destinados à captação de água subterrânea, visando sistemas eficientes, seguros e sustentáveis. A norma se aplica tanto em situações com estudos hidrogeológicos completos, quanto em casos com

informações limitadas, exigindo avaliações preliminares que considerem as características do aquífero, qualidade da água e vazão necessária.

O dimensionamento dos poços segue especificações rigorosas: diâmetros entre 75mm e 150mm, com profundidades variáveis conforme o tipo de aquífero - 35% da zona saturada para aquíferos livres e até 80% para confinados. Os componentes essenciais incluem revestimentos em aço ou PVC resistentes, filtros com velocidade de entrada controlada (0,03-0,08 m/s) e pré-filtros para aquíferos instáveis, com granulometria específica.

A NBR 12.212 também determina procedimentos obrigatórios de medidas de proteção sanitária (cimentação e lajes de concreto) e sistemas de bombeamento com controle de velocidade. Prevê, também, que poços improdutivos e/ou abandonados devem ser desinfetados e tamponados de forma segura, para evitar acidentes e que se tornem vetores de contaminação dos mananciais subterrâneos. Adicionalmente, para garantir a qualidade da água, a NBR 12.212 determina o distanciamento adequado entre poços e áreas de despejo de efluentes, bem como o monitoramento contínuo da qualidade da água subterrânea.

A NBR 7229/1993 é uma outra norma importante, pois regulamenta o projeto, a construção e a operação de sistemas de tanques sépticos, com o objetivo de tratar esgotos de forma eficiente, preservando a saúde pública e o ambiente. A norma se aplica principalmente a áreas sem rede coletora de esgoto, mas restringe o tratamento de despejos industriais ou hospitalares sem autorização prévia.

O dimensionamento do tanque séptico é calculado com base na contribuição diária de esgoto e lodo, utilizando tabelas específicas para diferentes tipos de edificações. A construção exige tanques estanques, feitos de alvenaria ou concreto, com dispositivos de entrada e saída para evitar curto-circuitos no fluxo, além de aberturas de inspeção para manutenção. Distâncias mínimas devem ser respeitadas, como 1,5 metros de construções e 15 metros de poços ou corpos d'água, para evitar contaminação. A manutenção inclui a limpeza periódica do lodo, com intervalos que variam de 1 a 5 anos, e sua disposição adequada em leitos de secagem ou aterros sanitários. O tanque deve ainda conter uma placa de identificação com informações como capacidade e intervalo recomendado para limpeza.

A Norma NBR 9898/1987 regulamenta as condições exigíveis para a coleta e a preservação de amostras e de efluentes líquidos domésticos e industriais e de amostras de água, sedimentos e organismos aquáticos dos corpos aquáticos. Essa norma é importante para que haja uma padronização na coleta e que seja evitado risco de contaminação cruzada

durante a coleta, transporte e análise das amostras. Cabe ressaltar que em várias resoluções são determinadas as análises de água e efluentes devem ser feitas periodicamente.

Em conjunto, essas normas contribuem para a infraestrutura sanitária, contribuindo para soluções ambientalmente responsáveis e mais eficientes. No entanto, essas normas nem sempre são seguidas, e, como resultado, a construção inadequada (ou mesmo abandono de maneira incorreta) dos poços permite que águas subterrâneas fiquem mais vulneráveis à contaminação por efluentes. Assim como poços mal construídos ou abandonados podem ser portas de entrada para contaminação (Gomes, 2013).

No Brasil, a degradação da qualidade da água subterrânea é desencadeada por diversos fatores, tais como falta de saneamento básico, carência de coleta ou disposição adequada do lixo produzido, vazamento de tanques de combustíveis próximos, caóticas condições de uso e ocupação do solo nas cidades, uso de métodos de irrigação pouco eficientes (Rebouças, 2008. p.19), vazamentos de redes de esgoto. Essa concepção é reafirmada por Hirata (2019) quando explica:

A falta de redes de esgotamento sanitário e as precárias condições das redes existentes falhas de projeto e manutenção, são as causas de degradação de aquíferos ambientalmente mais preocupantes, responsáveis pelos maiores casos de contaminação em volume e área no Brasil (Hirata *et al.*, 2019, p.31).

De acordo com diagnóstico do SNIS (Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento), em 2019 as redes de esgotos abrangeram 54,1% da população total (110,3 milhões de habitantes) e 61,9% da população urbana (108,1 milhões de habitantes). Ou seja, do total esgotos gerados nos municípios abrangidos pelo SNIS-AE 2019, apenas 49,1% possuíam tratamento. Quando na escala de Nordeste, comparativamente, essa taxa cai para 28,3% de esgoto total coletado, e 36,7% de esgotos das áreas urbanas, quanto ao tratamento do total coletado na Região Nordeste chega ao valor de 33,7% do total.

Todo o esgoto não coletado é armazenado em fossas sépticas ou lançado em corpos hídricos superficiais (principalmente rios), ou no solo, infiltrando-se e podendo chegar ao nível freático. Quando a contaminação acontece, a reversão desse prejuízo é bastante complicada. Geralmente, são necessários altos investimentos financeiros e tempo para regeneração dos sistemas hídricos subterrâneos.

Os efluentes domésticos e industriais devem passar por tratamento, e após estarem em padrões dispostos nas diretrizes do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA),

podem ser lançados em mananciais. A Resolução nº 430, de 13 de Maio de 2011, nos Artigos 2 e 3, estabelece medidas importantes:

Art. 2º A disposição de efluentes no solo, mesmo tratados, não está sujeita aos parâmetros e padrões de lançamento dispostos nesta Resolução, não podendo, todavia, causar poluição ou contaminação das águas superficiais e subterrâneas.

Art. 3º Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis (Brasil, 2011).

A depender das classes em que esse corpo hídrico esteja, o lançamento de efluentes pode ser proibido, como por exemplo, as águas de classes especiais. No Art. 12. desta resolução é designado que

O lançamento de efluentes em corpos de água não poderá exceder as condições e padrões de qualidade de água estabelecidos para as respectivas classes, nas condições da vazão de referência ou volume disponível, além de atender outras exigências aplicáveis (Brasil, 2011).

E em caso de um processo de recuperação deste manancial, o lançamento de efluentes observará as metas obrigatórias progressivas, intermediárias e final. Nesta mesma resolução o CONAMA dispõe de parâmetros nos quais os efluentes devem se encaixar, na Tabela 3 abaixo é possível encontrá-los.

Essas medidas visam o uso inteligente da água e um esforço em direção a melhores alternativas à questões de lançamento efluentes em corpos hídricos. O Art. 27 coloca que: “As fontes potencial ou efetivamente poluidoras dos recursos hídricos deverão buscar práticas de gestão de efluentes com vistas ao uso eficiente da água, à aplicação de técnicas para redução da geração e melhoria da qualidade de efluentes gerados e, sempre que possível e adequado, proceder à reutilização”. É necessário, portanto, a participação e empenho de todos os envolvidos.

Tabela 3. Parâmetros de lançamento de efluentes, segundo CONAMA na Resolução nº 430/2011.

a) pH entre 5 a 9;

b) temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura;
c) materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;
d) regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vez a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente;
e) óleos e graxas:
1. óleos minerais: até 20 mg/L;
2. óleos vegetais e gorduras animais: até 50 mg/L;
f) ausência de materiais flutuantes;
g) Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 dias a 20°C): remoção mínima de 60% de DBO sendo que este limite só poderá ser reduzido no caso de existência de estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor.

Fonte: Produzida a partir de dados da Resolução nº 430, de 13 de Maio de 2021, CONAMA.

Além dos padrões designados pelo CONAMA, o Ministério da Saúde dispõe de diretrizes tratando da potabilidade das águas. É o caso da Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017 (Cap. V, Art. 27, Anexo XX) — alterada pela Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021 — que estabelece Valores Máximos Permitidos (VMP) dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos para água destinada ao abastecimento humano (Brasil, 2021).

O anexo XX é a parte em que são feitas as atribuições acerca do controle e da vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. O Capítulo I, Art. 3º, designa que “Toda água destinada ao consumo humano, distribuída coletivamente por meio de sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água, deve ser objeto de controle e vigilância da qualidade da água”, prática que visa garantir a qualidade da água consumida.

Na Portaria nº 888/2021, cap. II artigo 5º são distinguidos os conceitos de importantes como o de sistema de abastecimento de água para consumo humano, solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano (SAC) e solução alternativa individual de abastecimento de água para consumo humano (SAI). O inciso V, VI e VII conceitua cada sistema:

V - sistema de abastecimento de água para consumo humano (SAA): instalação composta por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, desde a zona de captação até as ligações prediais, destinada à produção e ao fornecimento coletivo de água potável, por meio de rede de distribuição;

VI - solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano (SAC): modalidade de abastecimento coletivo destinada a fornecer água potável, sem rede de distribuição;

VII - solução alternativa individual de abastecimento de água para consumo humano (SAI): modalidade de abastecimento de água para consumo humano que atenda a domicílios residenciais com uma única família, incluindo seus agregados familiares; (Brasil, 2021).

Portanto, a solução alternativa coletiva de abastecimento de água (SAC) se refere a uma forma de abastecimento coletivo com captação que não participa do sistema de distribuição habitual, esse sendo o SAA. Enquanto, o SAI se diferencia dos outros por abarcar um abastecimento de carácter individual.

A Portaria 888/2021 é o documento que estabelece os parâmetros e os seus Valores Máximos Permitidos (VMP), relativos a elementos que podem ser prejudiciais à saúde humana. Eles são de relevância para uniformizar o controle da qualidade da água distribuída. Nos anexos 1 a 15 estão tabelas que regulamentam o padrão de água para consumo humano, com destaque ao anexo 9 que apresenta a tabela de padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde.

A Portaria 888, de 4 de Maio de 2021, altera alguns pontos do Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, 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. Nessa alteração, além de atualizar algumas responsabilidades e competências, são acrescentados alguns parâmetros de potabilidade, entre outras disposições. Na Tabela 4, encontra-se em destaque alguns dos Parâmetros de potabilidade da água e seus VMPs, respectivamente.

Tabela 4. Valores máximos permitidos de água para consumo humano.

Microbiológico da água para consumo humano	
Parâmetro	Valores máximos
Escherichia coli(2)	Ausência em 100 mL
Coliformes totais	Ausência em 100 mL
Potabilidade para substâncias químicas inorgânicas	
Nitrato	10 mg/L
Nitrito	1 mg/L

Potabilidade para substâncias organolépticas	
Dureza total	300 mg/L
Sólidos dissolvidos totais SDT	500 mg/L
Cloreto	250 mg/L
Turbidez	5 uT
Sódio	200 mg/L
Sulfato	250 mg/L
Demais parâmetros	
PH	6 - 9,5
Temperatura	Não limitada, mas tem potencial de interferência em outros parâmetros

Fonte: Construído a partir da Portaria 888, de 4 de Maio de 2021, Ministério da Saúde (adaptado).

Dentre os parâmetros microbiológicos da água para consumo humano, um dos mais analisados e importantes é a *Escherichia coli* (*E. Coli*). Sua presença na água é um indicador de contaminação fecal recente. A *Escherichia coli*, por si só, nem sempre é patogênica, mas sua presença demonstra que a água foi contaminada com fezes humanas ou animais. Isso significa que outros microrganismos muito mais perigosos, como vírus e bactérias que causam doenças graves, também podem estar presentes na água. Pode causar como consequência risco de doenças gastrointestinais como diarreia, cólera, febre tifoide, hepatite A, disenteria, e outras infecções, especialmente em crianças, idosos e pessoas com sistema imunológico mais frágil. Em função de problemas qualitativos, a água pode se tornar imprópria para consumo humano e uso recreativo, pois podem provocar doenças gastrointestinais, infecções de pele entre outras.

Dentre os parâmetros microbiológicos estão também os Coliformes Totais, que por sua vez, constituem um grupo de bactérias que vivem naturalmente no solo, na vegetação e no trato intestinal de animais de sangue quente. Sua presença na água pode indicar falhas no tratamento ou integridade do sistema de abastecimento, ou uma contaminação ambiental. Embora nem todos os coliformes totais sejam patogênicos, sua presença em níveis elevados sugere que a água não está adequadamente protegida contra a entrada de microrganismos que podem causar doenças gastrointestinais leves e servem como um alerta para a possível presença de patógenos mais perigosos. Quando encontrados junto com *E. Coli.*, reforçam a suspeita de contaminação fecal, entretanto, é importante estar atento para a sua correlação com outros parâmetros, como, por exemplo, nitrato.

O nitrato pertence ao grupo das substâncias químicas inorgânicas, ele é um

composto de nitrogênio, produzido pela decomposição da matéria orgânica, pode entrar na água através de fertilizantes agrícolas, resíduos de esgoto, fossas sépticas. Quando o nitrato está em altas concentrações, especialmente em águas subterrâneas, a principal preocupação é a meta-hemoglobinemia, conhecida como síndrome do bebê azul, que afeta principalmente recém-nascidos. Neles, o nitrato é convertido em nitrito no estômago, o qual interfere na capacidade do sangue de transportar oxigênio, podendo ser fatal. Em adultos, o risco é menor, mas pode haver preocupações com a formação de nitrosaminas, compostos potencialmente cancerígenos (Brasil, 2024).

O nitrito é mais tóxico que o nitrato e é uma das causas da meta-hemoglobinemia adquirida, sendo um risco ainda maior para bebês, como colocado. O nitrito é um intermediário na ciclagem do nitrogênio, geralmente, encontrado em concentrações muito baixas na água, pois é rapidamente oxidado a nitrato. Sua presença em níveis detectáveis e elevados na água pode indicar contaminação recente por esgoto ou atividade bacteriana em condições de baixo oxigênio (Libânio, 2010).

A dureza está no grupo de substâncias organolépticas, ela designa a presença de minerais dissolvidos na água, principalmente cálcio e magnésio. Águas com alta dureza são chamadas de águas duras, elas não trazem um risco direto à saúde humana, mas, eventualmente, podem causar desconforto intestinal e propensão à formação de cálculos renais. A alta dureza pode levar ao acúmulo de incrustações (ferrugem, tártaro) em tubulações e eletrodomésticos, reduzindo a eficiência e a vida útil dos equipamentos (Tôres, 2023), além também de menor eficácia de sabões e detergentes, podendo deixar resíduos em louças e roupas.

Os sólidos totais dissolvidos (STD) representam a quantidade total de substâncias orgânicas e inorgânicas dissolvidas na água, como minerais, sais, metais e matéria orgânica. É uma medida da concentração de tudo o que não é água pura. Níveis muito altos de STD (acima de 500 mg/segundo o Ministério da Saúde) são inadequados para o consumo humano, mas o principal impacto é no sabor e odor da água, tornando-a desagradável para o consumo. Também pode causar incrustações e corrosão em sistemas de tubulação. Alguns componentes específicos dos STD, como metais pesados, podem ser tóxicos.

O cloreto é um íon que geralmente está presente na água em baixas concentrações. Níveis elevados podem indicar contaminação por esgoto, infiltração de água salgada (salinização), efluentes industriais ou descarte de produtos químicos industriais. Em altas concentrações, o cloreto pode trazer um sabor salgado à água, tornando-a desagradável para

beber. Pode também acelerar a corrosão de tubulações e equipamentos, especialmente quando associado a sulfatos (Brasil, 2024).

O sódio é um mineral comum, mas altas concentrações na água podem ser resultado de salinização (próximo ao mar), contaminação por efluentes industriais. Para a maioria das pessoas, níveis elevados de sódio na água potável não são um problema significativo, no entanto, para indivíduos com hipertensão, doenças cardíacas ou problemas renais, o consumo de água com alto teor de sódio pode agravar suas condições de saúde e é um fator a ser monitorado. Também pode afetar o sabor da água (Mendonça e Gastaldini, 2001).

Compostos de sulfato podem formar sais inorgânicos, com capacidade de estarem presentes na água naturalmente (de minerais) ou devido à contaminação por esgoto, efluentes industriais (mineração, papel e celulose) ou decomposição de matéria orgânica. Em altas concentrações, o sulfato pode conferir um sabor amargo ou adstringente à água e ter um efeito laxativo, especialmente em pessoas não acostumadas. Também pode contribuir para a corrosão de tubulações quando em conjunto com cloretos.

O pH é a medida da acidez ou alcalinidade da água, ele está em uma escala de 0 a 14, sendo 7 neutro. Valores abaixo de 7 indicam acidez, e acima de 7, alcalinidade. Água com pH muito baixo (ácido) tem ação corrosiva, pode dissolver metais das tubulações, como chumbo, cobre, ferro, levando à contaminação da água por esses metais tóxicos. Já a água com pH muito alto (alcalino), pode causar incrustações em tubulações e equipamentos, além de dar um sabor amargo ou salgado à água. O pH pode interferir na eficiência do tratamento da água, por isso é crucial que a água esteja dentro dos parâmetros designados para a eficácia dos processos de desinfecção (como a cloração) e coagulação na estação de tratamento de água (Feitosa, 2008).

A turbidez é a medida da clareza da água, ou seja, o grau em que a água perde sua transparência devido à presença de partículas em suspensão. Essas partículas podem ser argila, silte, matéria orgânica, algas e até mesmo microrganismos. A água turva é visualmente desagradável para o consumo (Brasil, 2024).

Além de ter a possibilidade de trazer danos à saúde pública, pois partículas em suspensão podem proteger microrganismos patogênicos do efeito dos desinfetantes (como o cloro), dificultando o tratamento da água. Ou também pode trazer danos operacionais, por exemplo, entupimentos em filtros e sistemas de purificação (Libânio, 2010).

A temperatura da água se refere ao seu grau de calor. Embora a temperatura em si não seja um contaminante, ela afeta diretamente a qualidade da água de várias maneiras.

Como por exemplo, o crescimento microbiano, pois temperaturas mais altas favorecem o crescimento e a proliferação de bactérias e outros microrganismos, incluindo patógenos; o sabor e odor, pois a água morna pode ter um sabor desagradável e favorecer o desenvolvimento de algas que produzem compostos que afetam o cheiro e a cor; níveis de oxigênio dissolvido, pois a água mais quente retém menos oxigênio dissolvido, o que pode ser prejudicial para a vida aquática e processos de autodepuração; e de reações químicas, visto que a temperatura aumenta a velocidade de reações químicas, incluindo a corrosão de tubulações.

Esses critérios são importantes para que a água chegue de maneira segura à moradia das pessoas. Apesar do Brasil ser um país que detém uma certa “abundância” em recursos hídricos, existem inúmeros casos de escassez de água potável à população, seja pela escassez de chuva ou pela poluição/contaminação de mananciais, que são essenciais para o abastecimento.

As fontes de contaminação são variadas e incluem o descarte inadequado de resíduos sólidos e líquidos, efluentes industriais sem tratamento adequado, esgoto doméstico não coletado ou tratado, atividades agrícolas intensivas (uso de fertilizantes e pesticidas), drenagem de áreas urbanas e até mesmo eventos naturais como enchentes, que podem carrear poluentes para os corpos d'água. A ausência de saneamento básico adequado e a fiscalização deficiente de indústrias e atividades agrícolas contribuem significativamente para agravar essa problemática.

Esses parâmetros regulados pelos VMPs são as ferramentas essenciais para a fiscalização da água, tendo em vista que estabelecem os padrões que a água deve seguir para ser considerada segura para consumo humano. Ou seja, são a base técnica da fiscalização, pois transformam a avaliação da qualidade da água, de uma percepção subjetiva, para uma análise mais detalhada e padronizada, almejando que a água consumida seja segura.

2.5 Nas Margens do Entendimento da Dinâmica da Água no Semiárido

A água desempenha um papel importantíssimo nos sistemas ambientais, pois além de ser habitat de inúmeras espécies de seres vivos - e matar a sede de tantas outras - é um elemento solvente de inúmeras substâncias. Fato que corrobora para a execução de inúmeros processos naturais. A disponibilidade de água no sistema é um fator limitante ou mesmo favorável a uma variedade de processos, como o intemperismo, formação de solos, densidade da cobertura vegetal, por exemplo.

A disponibilidade pode ser medida a partir do Balanço Hídrico. Para tanto, é importante compreender o princípio da continuidade. Este é fundamentado na conservação de massa, que rege a equação do balanço hídrico. Esta relação estabelece que, para qualquer sistema, a variação no armazenamento corresponde à diferença entre os fluxos de entrada e saída. Quando aplicado a uma determinada região, o balanço hídrico pode ser expresso em termos dos seguintes componentes principais: precipitação (P) como entrada, evapotranspiração real (ETR) e deflúvio (R) como saídas, e infiltração (I) como transferência vertical no solo, resultando na seguinte formulação básica (Equação 1):

$$[P - ETR - R - I = \Delta S] \quad (1)$$

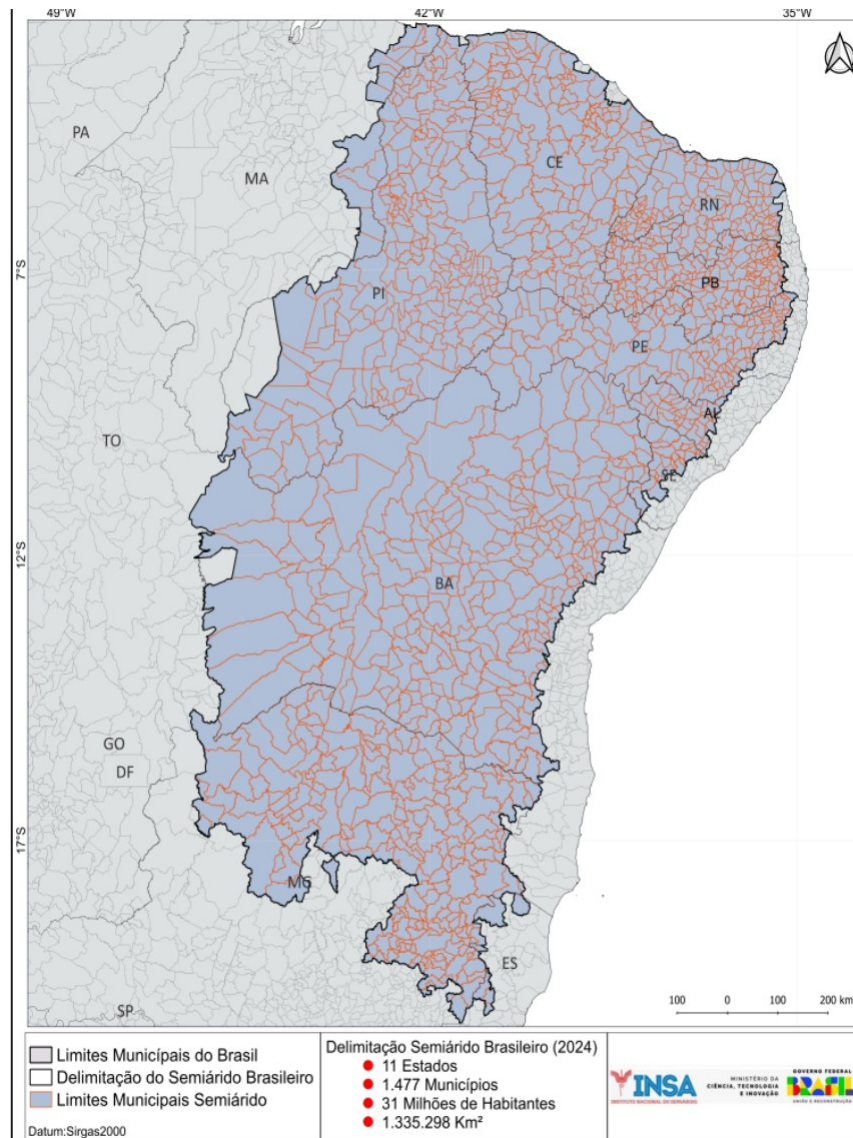
onde ΔS representa a variação no armazenamento de água no sistema durante o período considerado. Esta equação fundamental permite quantificar os diferentes processos do ciclo hidrológico em uma bacia hidrográfica ou região específica. Tanto em pesquisas do meio superficial quanto no subterrâneo.

O balanço hídrico não se encontra na superfície da terra de maneira homogênea, devido a vários fatores, como distribuição das chuvas e evapotranspiração. Em certas áreas, como a região Amazônica a precipitação média é de cerca de 2.300 mm anuais (INPE), enquanto em lugares, como porções do deserto do Atacama, possuem raríssimos registros de chuvas.

Por meio de um recorte, analisando a escala do Nordeste oriental brasileiro, ocorre uma variabilidade significativa de paisagens. No litoral nordestino, há uma ocorrência de chuva com regularidade. Esse fator viabiliza a formação de florestas arbóreas, perenifólias e latifoliadas, com rios caudalosos e perenes. Adentrando alguns quilômetros no continente percebe-se uma mudança na paisagem. Devido, principalmente, à irregularidade na distribuição de chuvas e restrições na disponibilidade de água, são elaboradas paisagens onde a vegetação de caatinga apresenta espécies adaptadas ao clima semiárido.

É importante ressaltar que embora apresente baixos totais pluviométricos comparado às demais regiões do Brasil, o semiárido brasileiro é um dos mais chuvosos e populosos do planeta, com precipitações médias anuais de 750 mm. Não ultrapassando os 400 mm anuais em algumas áreas. A evapotranspiração potencial média, contudo, pode chegar a 2.500 mm/ano, gerando elevados déficits hídricos (Montenegro, 2012). Segundo o Instituto Nacional do Semiárido - INSA (BRASIL, 2024) o semiárido possui 1.335.298 km², abarcando 11 Estados, 1447 Municípios, com cerca 31 milhões de habitantes (Figura 4).

Figura 4. Mapa de delimitação do Semiárido.



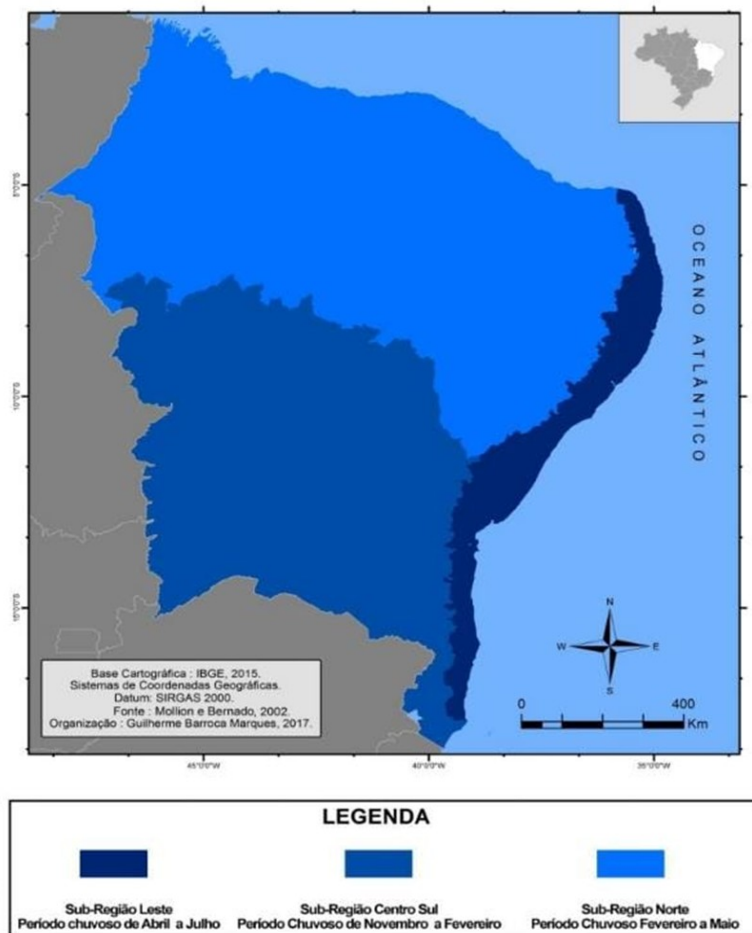
Fonte: Instituto Nacional do Semiárido, Brasil, 2024.

É possível observar a inclusão de áreas no polígono do semiárido, expandindo sua delimitação para regiões anteriormente não abrangidas. Isso inclui o Espírito Santo, tornando-o o segundo estado da Região Sudeste a fazer parte do semiárido, depois de Minas Gerais. A Região Nordeste concentra a maior quantidade de municípios com estas características e, por isso, o maior *locus* nos estudos no semiárido.

O conceito de Semiárido está relacionado a uma regionalização a partir do clima. A região Nordeste possui variações nos períodos chuvosos que impactam de maneira direta nas espécies da vegetação e na distribuição dos rios. É importante frisar que no Nordeste há

variação dos períodos chuvosos de acordo com suas sub-regiões. A Sub-Região Centro Sul do Nordeste, tem chuvas de Novembro a Fevereiro, enquanto na Sub-Região Norte, as chuvas ocorrem de Fevereiro a Maio e a Sub-Região Leste possui chuvas concentradas nos meses de Maio a Julho (Figura 5).

Figura 5. Mapa temático do regime pluviométrico sazonal no Nordeste Brasileiro.



Fonte: Moura (2007).

A variação dos regimes pluviométricos sazonais no Nordeste brasileiro, que molda a própria definição de Semiárido e suas sub-regiões, é um tema central para as correntes da Climatologia - tradicional, dinâmica e da Geografia do clima. Esse campo do conhecimento, em suas diversas abordagens, busca compreender e explicar os padrões climáticos e extremos climáticos, suas causas e consequências, fornecendo as ferramentas para analisar fenômenos como a distribuição de chuvas e seus impactos na vegetação e hidrografia de uma região.

Para além do regime de precipitações, é necessário considerar os sistemas formadores de tempo, alicerce da climatologia dinâmica. Essa vertente da Climatologia

procura ser mais explicativa, possui um maior grau de detalhe e de compreensão acerca dos sistemas que atuam localmente e até mesmo regional, à medida que se compreende o ritmo. Monteiro (1976) explica que

“Só podemos atingir a expressão regional, pela análise qualitativa dos elementos, análise essa que é obtida através da correlação desses elementos e das suas variações dentro de um período homogêneo de tempo. A análise qualitativa é, assim, obtida pela consideração do ritmo, já que a preocupação geográfica deve ser a sucessão habitual dos estados atmosféricos.” (Monteiro,1976)

Pois é por meio da sucessão de tipos de tempo que se revelam as diferentes combinações dos elementos climáticos e suas interações com outros fatores do quadro geográfico. A sequência leva ao ritmo, que é a essência da análise dinâmica. Para isso, é necessária a representação dos elementos fundamentais do clima em unidades de tempo cronológico, preferencialmente diárias, que sejam compatíveis com a representação da circulação atmosférica regional (Zavattini, 2000).

A fundamentação teórica da análise rítmica, como paradigma do clima sob a perspectiva geográfica, representa uma significativa contribuição de Monteiro à geografia brasileira e mundial. Contudo, a perspectiva da climatologia avançou com propostas deveras interessantes, como é o caso da Geografia do Clima. Essa vertente se mostra mais integradora e se esforça a compreender não apenas os fenômenos físicos atuantes na atmosfera, mas suas repercussões no espaço geográfico (Sant’anna Neto, 2001).

A Geografia do Clima está pautada na correlação das dinâmicas atmosféricas e da dimensão social. Ou seja, faz uma reflexão e se esforça a compreender não apenas os fenômenos físicos atuantes na atmosfera, mas suas repercussões no espaço geográfico. Espaço esse que, assim como a atmosfera, se mostra dinâmico, complexo e passível de alterações por fatores humanos e naturais. A Geografia do Clima é uma corrente que abarca com mais facilidade as dificuldades que enfrentamos enquanto sociedade como: a desigualdade social, mudanças climáticas, eventos extremos, refugiados climáticos, por exemplo.

Sant’Anna Neto (2008) argumenta que independentemente do modo de produção, as variáveis naturais mais significativas no processo produtivo são, sem dúvida, aquelas provenientes do clima, consideradas insumos de energia no sistema terrestre. Se o nível de desenvolvimento econômico e tecnológico de uma sociedade transforma o ambiente, em contrapartida, também é influenciado por ele. Embora em alguns territórios o clima ainda

exerça um papel crucial, em função do estágio tecnológico e do desenvolvimento econômico, em outros, a sofisticada tecnificação e as relações de produção modernas, podem minimizar os efeitos adversos da dinâmica climática (Sant'anna Neto, 2008).

Nessa abordagem destaca-se como os efeitos do clima são experimentados de maneira desigual em diferentes contextos socioeconômicos, sugerindo que o clima deve ser estudado em sua interação com a organização do território e na distribuição de recursos. Influenciado pela teoria do caos e novas metodologias de sensoriamento remoto, a geografia do clima propõe que se deve superar modelos determinísticos, abordando o clima como um processo complexo e interconectado que impacta a sociedade de maneira diferenciada (Sant'anna Neto, 2004).

Assim, a análise geográfica do clima deve ir além da simples descrição de fenômenos, focando em suas implicações socioeconômicas e socioambientais. O que realmente importa é o significado desses processos dentro da complexa rede de interações, ressaltando a necessidade de uma Geografia do Clima que considere as desigualdades sociais e os impactos das dinâmicas climáticas sobre os territórios.

2.5.1 Sistemas Formadores de Tempo no Semiárido Nordeste

A variabilidade dos períodos de quadra chuvosa no Nordeste são explicados através da mecânica das massas de ar e dos sistemas atmosféricos atuantes na Região. Ou seja, a dinâmica atmosférica do Nordeste brasileiro é influenciada por diferentes massas de ar e seus centros de ação.

Destaca-se, na região, a presença do Anticiclone Semipermanente do Atlântico Sul, que está associado à Massa Tropical Atlântica (MTA) e à Massa Equatorial Atlântica (MEA). Os ventos predominantes sopram do leste-sudeste, caracterizando os alísios do Hemisfério Sul. Devido ao comportamento anticiclônico e ao movimento descendente do ar dessas massas, há uma tendência à estabilidade atmosférica, o que contribui para um prolongado período seco que, no semiárido, pode durar até nove meses.

No entanto, essa estabilidade pode ser rompida por sistemas atmosféricos que promovem chuvas de forma sazonal e localizada. Na parte setentrional da região, o principal sistema responsável pelas chuvas é a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que atua entre os meses de fevereiro e maio, abrangendo estados como Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e o extremo norte da Bahia.

A ZCIT se forma a partir da convergência dos ventos alísios de nordeste e sudeste e avança para a região no verão, alcançando sua posição mais ao sul no outono. Trata-se de uma faixa de intensa convecção, com cerca de 500 km de largura, caracterizada por baixa pressão atmosférica, elevada nebulosidade e volume significativo de precipitação (Ferreira e Mello, 2005). Em maio, a ZCIT retorna em direção ao Hemisfério Norte, quando se inicia o período seco para o setor setentrional do Nordeste (Nimer, 1989). Na região atuam, ainda, os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis, as Linhas de Instabilidades e os Complexos Convectivos de Mesoescala, que contribuem para a ocorrência de chuvas, incrementando os totais anuais para a região (Zanella, 2014).

A região semiárida, além de apresentar baixos índices pluviométricos na maior parte de seu território, possui uma acentuada variabilidade na quantidade de chuvas entre os anos. Essa variabilidade interanual está relacionada a fenômenos de origem oceânica que impactam na circulação atmosférica, sobretudo, El Niño e La Niña.

Em períodos de El Niño, quando ocorre o aquecimento das águas do Pacífico central e oriental, há um deslocamento da convecção para o leste, alterando o funcionamento da Célula de Walker. Esse processo influencia a circulação atmosférica global, gerando um movimento descendente sobre o Atlântico, próximo ao Nordeste do Brasil e à parte oriental da Amazônia. Dependendo da intensidade desse sistema e de sua fase, pode haver bloqueio na formação de nuvens e dificuldade na migração da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) para áreas mais ao sul, o que leva à diminuição das chuvas na região. O El Niño, especialmente quando ocorre em conjunto com a fase positiva do dipolo do Atlântico (condição que também desfavorece a precipitação), está associado a anos secos ou extremamente secos, sobretudo no setor norte do Nordeste (Ferreira e Mello, 2005).

Em contrapartida, a presença do fenômeno La Niña, associada à fase negativa do dipolo do Atlântico favorece a descida da ZCIT para latitudes mais ao sul. Nos anos de La Niña, costuma ocorrer anos com chuvas dentro ou acima da média na região semiárida. Zanella (2014) aborda como os fenômenos El Niño e La Niña podem provocar problemas associados às chuvas, quando disserta:

Tais fenômenos repercutem em sérios problemas associados às chuvas. Em anos com totais pluviométricos muito baixos, registram-se secas para a região, com repercussões socioeconômicas sérias, enquanto em anos muito chuvosos são observadas inundações que causam muitos prejuízos, principalmente para as áreas urbanas (Zanella, 2014, p. 131).

Se tratando de transtornos associados às chuvas intensas é importante ressaltar que estes são recorrentes, devido a dois fatores principais: chuvas torrenciais - ou seja, alta precipitação em curtos espaços de tempo infraestrutura de drenagens urbanas deficitárias, com sua capacidade de infiltração extremamente reduzida e modificada por estruturas da cidade, visto que o solo encontra-se impermeabilizado.

No que diz respeito aos problemas associados às secas, muito já se foi pensado, acumulando-se, ao passar dos anos, políticas públicas. Destacam-se as construção de açudes, a perfuração de poços, a construção de cisternas para abastecer as populações rurais, a implantação de barragens subterrâneas, a dessalinização para aproveitamento de algumas águas que apresentam elevados teores de sais, o reaproveitamento de águas servidas e o transporte de água a grandes distâncias a partir de adutoras e canais, destacando-se a transposição do rio São Francisco. Apesar do esforço, cabe ressaltar que ainda há dificuldades ao acesso de água de boa qualidade em muitos locais do Semiárido, como destaca Zanella (2014):

Embora as alternativas para a minimização do problema associado aos recursos hídricos sempre foram prioridade por parte dos gestores públicos, a falta de água ainda é muito presente na região, principalmente em anos secos e muito secos, denotando que as soluções adotadas ainda não foram suficientes para resolver definitivamente o problema. (Zanella, 2014, p.141).

Esse cenário ocorre narrado por Zanella ocorre, principalmente, porque muitas das políticas públicas e intervenções adotadas concentram-se em medidas emergenciais e pontuais. Como também não abordam as causas estruturais da pobreza e da vulnerabilidade na região, e por, muitas vezes, reforçam as desigualdades existentes.

Apesar de não determinar as maneiras de vida da população habitante da região, há uma falsa ideia na qual a seca é a causa de todas as dificuldades regionais. Uma série de autores discute como o clima é um fator que influencia no uso e ocupação do solo. Sant'anna Neto (2001) defende que:

O modo de produção capitalista territorializa distintas formas de uso e ocupação do espaço, definidas por uma lógica que não atende aos critérios técnicos do

desenvolvimento (ou sociedades) sustentáveis. Assim, o efeito dos tipos de tempo sobre um espaço construído de maneira desigual gera problemas de origem climática também desiguais (Sant'anna Neto, 2001, p.58).

No passado, por muitos anos, o semiárido não teve investimentos necessários para utilizar bem os recursos disponíveis. As políticas públicas com olhar à seca no Semiárido brasileiro têm uma longa história, com as primeiras datando do Governo Imperial, por volta de 1723. Um marco inicial significativo foi a construção do Açude de Cedro, no Ceará, entre 1884 e 1906 (Nascimento e Santos, 2022).

No entanto, para aprimorar a eficácia das ações governamentais, foram criadas diversas instituições, se destacando o IOCS em 1909, a CODEVASF (em 1920), DNOCS (em 1945, como parte da reestruturação da IOCS) e a SUDENE (em 1959, que passou a coordenar o DNOCS). A década de 1950 trouxe iniciativas para o Semiárido Nordeste que ganharam uma nova ênfase no desenvolvimento regional. Sob a liderança de Celso Furtado, a SUDENE emergiu com um papel central na política regional, visando a questão da seca e buscando transformar o caráter assistencialista das políticas (Campos, 2014).

Contudo, o golpe de 1964 interrompeu esse ciclo, enfraquecendo a instituição, esvaziando as políticas regionais e resultando no retorno do viés assistencialista. Entretanto, no período da ditadura militar houve a construção de grandes açudes e implementação dos primeiros vales perenizados com a função de atrair grandes empresas (como ocorreu no vale do Assú-RN e no represamento para a produção de energia, como na usina de Sobradinho).

Em meio a isso, a região passou por dificuldades relacionadas às secas severas e uma população à mercê da "indústria da seca". Assim, se formou um estereótipo do nordestino pobre, sofredor e com sede. Diminuindo a cultura, a caatinga e a população que por décadas migrou para a região Sudeste. A política, focada em medidas emergenciais e assistencialistas, ignorava o potencial produtivo da região, perpetuando um ciclo de dependência e pobreza. Rebouças (1997) argumenta que:

Nessas condições, a avaliação do problema da água de uma dada região já não pode se restringir ao simples balanço entre oferta e demanda. Deve abranger também os inter-relacionamentos entre os seus recursos hídricos com as demais peculiaridades geoambientais e sócio-culturais, tendo em vista alcançar e garantir a qualidade de vida da sociedade, a qualidade do desenvolvimento sócio-econômico e a conservação das suas reservas de capital ecológico. (Rebouças, 1997, p.127)

As populações, ao longo do tempo, formaram matriz cultural e de conhecimento de base local. Uma forma de convivência, por vezes, negativa para si mesma, resultante da falta de domínio de conhecimento formal para intervenções adequadas. A rusticidade ambiental, somada a essas resultantes negativas formaram uma simbologia de semiárido, do sertão.

Os rios do semiárido, muitos deles intermitentes, são frequentemente vistos como efêmeros e pouco confiáveis. Essa visão superficial desconsidera, em primeiro lugar, sua importância ecológica, pois mesmo secos na superfície, muitos desses rios possuem água nas camadas subterrâneas, que são importantes para a manutenção da biodiversidade da Caatinga, por serem fontes de umidade para a vegetação.

Seu papel, também histórico e cultural, pois ao longo da história, comunidades sertanejas desenvolveram modos de vida e culturas intrinsecamente ligadas a esses rios, utilizando as águas para viver, suas vazantes para agricultura e aproveitando os poços e cacimbas construídos em seus leitos, captando água, sobretudo do aquífero aluvionar. É também importante destacar seu potencial de recarga, pois durante os períodos de chuva, esses rios são canais essenciais para a recarga dos aquíferos subterrâneos, funcionando como veias que alimentam as reservas de água do subsolo, consolidando a ideia de interação rio-aquífero.

Se os rios são, por vezes, subestimados, os aquíferos do semiárido foram ainda menos evidenciados, já que não são vistos de maneira direta aos olhos. Isso contribui para certo desconhecimento de seu potencial, sua extensão e capacidade. Muitos aquíferos não foram devidamente mapeados ou estudados, limitando o planejamento e a gestão hídrica desses mananciais.

Em consequência, é comum observar a exploração inadequada, com a perfuração de poços sem controle ou o uso de técnicas inadequadas, à contaminação da água e à diminuição dos níveis dos aquíferos.

Devido esse entendimento sobre águas superficiais e sua importância se pensou extensamente em políticas públicas para o semiárido com foco em soluções de superfície. A ênfase foi dada em grandes açudes e barragens, embora importantes, muitas vezes desviou a atenção das soluções utilizando água subterrânea como fontes, que poderiam oferecer maior resiliência à seca e menor perda por evaporação.

A invisibilização desses recursos hídricos, que contribuem para uma problemática na segurança hídrica regional - é um reflexo de uma abordagem que prioriza soluções paliativas e de curto prazo, em vez de um planejamento hídrico integrado e sustentável.

É importante mapear e monitorar os aquíferos, incentivar o uso racional da água subterrânea, com a promoção de tecnologias eficientes de perfuração e bombeamento, além de práticas agrícolas que aperfeiçoem o uso da água; proteger as áreas de recarga, com reflorestamento de mata nativa; e, não menos importante, integrar ao planejamento hídrico esses reservatórios ao considerar os rios intermitentes e os aquíferos como partes indissociáveis do sistema hídrico do Semiárido, desenvolvendo soluções que contemplem tanto a água superficial quanto a subterrânea.

A crise da água no Nordeste, “resulta da intervenção altamente predatória neste espaço, levando ao efeito perverso de aplicar, a um fenômeno marcadamente estrutural, políticas seladas pela visão conjuntural que induzem ao cultivo do problema” (Rebouças, 1997, p. 129). O foco na seca como evento natural isolado passou a ser normalizado a que as políticas se concentraram em combater a seca como um fenômeno puramente natural, desconsiderando a dimensão social e econômica da vulnerabilidade. Isso levou a soluções paliativas, como a construção de grandes açudes e a distribuição de carros-pipa, que, embora importantes em emergências, não resolviam a questão da segurança hídrica e alimentar em longo prazo. Silva (1996) destaca que:

A ideia de que a condição semiárida está diretamente relacionada com a baixa produtividade agrícola é totalmente falsa e exemplos não faltam para mostrar o contrário. A região semiárida do Brasil não é pior, em termos de potencialidades agrícolas, do que muitas outras áreas semi-áridas do mundo, notadamente o Oeste dos Estados Unidos. A existência de ilhas de sucesso e prosperidade no contexto semi-árido do Nordeste brasileiro indica ser extremamente viável a ocorrência de significativas e positivas mudanças no seu cenário agrícola. (Silva, 1996, p.134)

A abordagem emergencial e assistencialista que criou um cenário propício para a uma indústria da seca, onde recursos públicos destinados ao combate à estiagem eram desviados ou utilizados de forma ineficiente, beneficiando grupos políticos e grandes proprietários de terra, em detrimento da população mais necessitada. Rebouças argumenta que “Efetivamente, a crise da água interessa a alguns, à medida que conseguem transformar a escassez em vantagens, aproveitando-se, sobretudo, da pobreza política da sociedade em geral” (Rebouças, 1997, p. 136).

A atuação da SUDENE, criada em 1957–1958, teve diretrizes definidas em sucessivos Planos Diretores de Desenvolvimento Regional, que objetivavam fazer um levantamento básico dos recursos naturais. No entanto, “a política de bastidores é parte

integrante do quadro de atraso existente, no qual os protagonistas são indivíduos influentes que exercem vários tipos de pressões e contrapressões resultando em tomadas de decisão em nome do Estado”. (Rebouças, 1997, p. 138)

Para, além disso, percebe-se a sucessão de soluções inadequadas e de alto custo. A ênfase em grandes obras de infraestrutura hídrica, como açudes de grande porte e a transposição de rios (como a do São Francisco, embora mais recente e com outra concepção), muitas vezes ignora ou subestima tecnologias sociais de convivência com o semiárido, como as cisternas, barragens subterrâneas e outras formas de captação e armazenamento de água em escala local, mais adequadas à realidade das comunidades rurais e com menor impacto ambiental.

Essas duas vertentes podem ser entendidas como complementares e não antagônicas. Entretanto, é possível perceber as políticas públicas frequentemente formuladas de cima para baixo, sem a devida consulta e participação das comunidades locais, que possuíam um vasto conhecimento sobre o semiárido e estratégias de convivência desenvolvidas ao longo de séculos. Isso resultou em soluções que nem sempre se adaptavam às necessidades e realidades da população.

A partir das últimas décadas do século XX até os dias atuais, é possível notar uma transição de paradigma do combate à seca à convivência com a seca e com o fortalecimento da sociedade civil organizada (como a Articulação Semiárido Brasileiro - ASA), houve uma mudança de na forma das ações, passando do "combate à seca" para a "convivência com o semiárido". Essa abordagem reconhece a semiaridez como uma característica natural da região e busca desenvolver tecnologias e políticas que permitam compreender e usufruir das potencialidades, adaptando-se às suas condições ambientais regionais (Nascimento e Santos, 2022).

Uma outra abordagem importante para o semiárido, vem sendo o Instituto Nacional do Semiárido (INSA). Trata-se de instituto que desenvolve pesquisa vinculada ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) do Governo Federal, bem como produz conhecimento, tecnologias e inovações que promovem a convivência sustentável com o semiárido, superando a lógica histórica de "combate à seca" e valorizando suas potencialidades naturais e culturais.

Programas importantes como o Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC) e outras iniciativas de convivência com o semiárido, ainda hoje mostram-se como um apoio substancial na questão da falta de água. Entretanto, como colocou Rebouças: “vale ressaltar

que o gerenciamento deve ser proativo, isto é, antecipar-se à existência do problema e procurar evitá-lo ou neutralizá-lo e não simplesmente ser reativo, ou seja, realizar-se apenas depois que se verificou a ocorrência do problema e de seus efeitos.” (Rebouças 1997, p.140)

Esse gerenciamento ativo passa por estágios e precisa reunir conhecimento de várias frentes, como as populares, científicas e práticas de governança da água. Estudar e discutir a questão socioambiental do semiárido, não é sobre vender uma região que passa por dificuldades, é sobre pensar estratégias que auxiliem na gestão regional responsável - rompendo com a lógica clientelista. Esse gerenciamento ativo deve levar em conta que o clima é um elemento relevante no escoamento fluvial e na disponibilidade hídrica, entretanto outros aspectos devem ser levados em consideração, como a geologia. Cirilo (2008) destaca que o semiárido

Trata-se de uma região pobre em volume de escoamento de águas superficiais. Tal situação deve-se às características climáticas e também à estrutura geológica dominante, onde há predomínio de solos rasos formados sobre rochas do embasamento cristalino, principalmente metamórficas e ígneas, resultando em baixas trocas de água entre o rio e o substrato adjacente. O resultado é uma densa rede de rios de regime temporário, cuja lâmina d' água escoava durante o período chuvoso, secando completamente nos meses subsequentes. (Cirilo, 2008)

Uma das características dos recursos hídricos subterrâneos no Nordeste semiárido é que a estrutura geológica formada é predominantemente por rochas cristalinas. Esse tipo de estrutura e, principalmente, pelo manto de decomposição ser pouco espesso, não possuem as melhores condições de formação de aquíferos de extensão e volume.

Além das características do meio físico um tanto adversa para o armazenamento de água em grandes volumes, em termos de qualidade da água dos rios, muitas vezes, se apresentam comprometidas devido ao lançamento *in natura*, ou com tratamento pouco eficiente, de esgotos e efluentes domésticos e industriais. Considerando essas características gerais, toma-se como exemplo a microbacia do Riacho Agon, localizado no município de Catolé do Rocha, no semiárido paraibano.

3. METODOLOGIA



3. METODOLOGIA

Este trabalho possui uma metodologia diversificada, devido à necessidade de proximidade do objeto e da necessidade de percebê-lo sob múltiplas perspectivas. É um trabalho geográfico, que, por natureza, transita entre diferentes dimensões da realidade. Com foco nas categorias de Espaço e Paisagem.

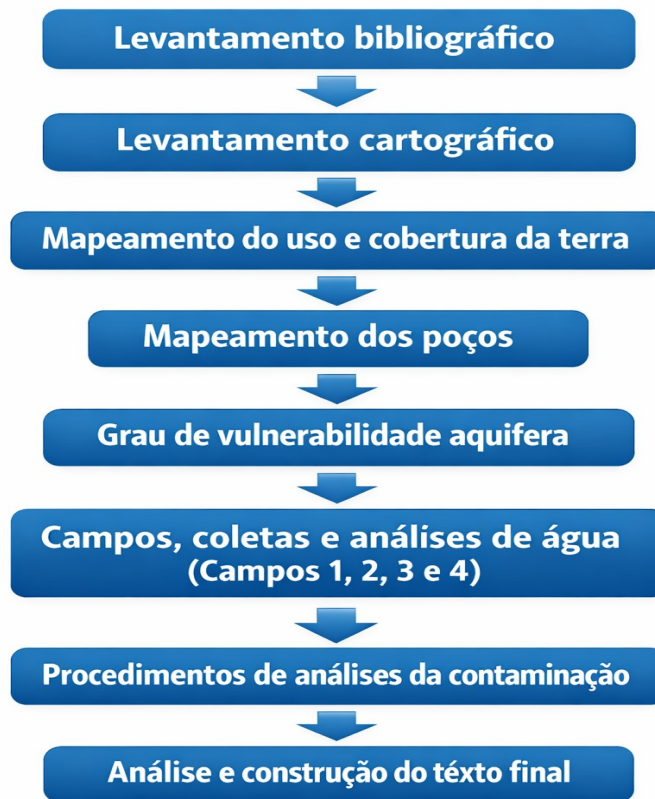
Na geografia se tem um debate de campos da Geografia Física e da Geografia Humana, muitas vezes tratadas como esferas distintas, com técnicas, objetos e referenciais próprios. No entanto, a dissociação pode se mostrar mais empobrecedora que enriquecedora, pois desconsidera a complexidade e a interdependência entre os elementos naturais e sociais no Espaço geográfico. O intuito não é hierarquizar os campos da geografia, mas utilizá-los com destreza, integrá-los com coerência metodológica, reconhecendo suas contribuições específicas, superando as limitações impostas por discursos compartimentados. Na busca de uma leitura mais abrangente e crítica do espaço geográfico e suas dinâmicas.

Por isso, trabalhamos com as informações entre diferentes campos do conhecimento em relação a natureza e a sociedade, no âmbito geológico, geomorfológico, hidrológico, geotecnológico (a partir do sensoriamento remoto e geoprocessamento dos dados) e de representação da organização socioambiental (uso e cobertura do solo). Essa perspectiva contribuiu significativamente para a metodologia, pois esclareceu acerca das lentes as quais utilizamos para compreendermos o ambiente.

Para a execução deste estudo, um passo crucial foi o levantamento e análise da climatologia, geologia, hidrogeologia, hipsometria, geomorfologia e o uso e cobertura do solo, com o objetivo de compreensão das condições ambientais da área em questão (Figura 6).

A metodologia aplicada esteve centrada na correlação da análise da qualidade da água superficial e subterrânea da microbacia do Riacho Agon (o objeto de estudo do trabalho) com as condições ambientais locais/regionais e aos padrões de uso e cobertura do solo da área. Foram investigadas suas características físicas e ambientais. A compreensão desses aspectos foi fundamental para estabelecer correlações com a qualidade da água, uma vez que alterações no ambiente físico e no uso do solo podem influenciar diretamente nos processos de contaminação, poluição e disponibilidade hídrica.

Figura 6. Fluxograma da metodologia da pesquisa.



Fonte: Autoral.

O levantamento, construção e interpretação de mapas temáticos representaram etapas fundamentais para a compreensão integrada da paisagem e de suas dinâmicas. A análise desses dados subsidiou a fase seguinte da pesquisa, composta por atividades de campo, incluindo coletas de amostras de água e efluente e levantamentos espaciais, atividades importantes para uma assimilação da realidade encontrada na microbacia do Riacho Agon.

3.1 Procedimentos metodológicos

3.1.1 Levantamento bibliográfico

Nesta etapa inicial do trabalho, aconteceu o levantamento bibliográfico da produção científica direcionada ao tema. O foco esteve voltado para estudos que aplicam a análise ambiental em sistemas fluviais e aquíferos. Demandando atenção especial aos livros de fundamentos dos sistemas fluviais e subterrâneos; à investigação de qualidade da água

e degradação hídrica, a partir da expansão urbana, mediante os efluentes domésticos e industriais; e pesquisas com ênfase aos ambientes semiáridos. Essa revisão da literatura teve como objetivo trazer uma base teórica para o desenvolvimento da pesquisa, tecendo uma contribuição conceitual e metodológica ao trabalho.

3.1.2 Levantamento cartográfico

A segunda etapa do estudo se constituiu no levantamento cartográfico detalhado. Isso inclui a obtenção de dados sobre a geologia da área, o mapeamento geomorfológico e hipsométrico. A finalidade desse mapeamento foi possibilitar um reconhecimento mais aprofundado das características físicas da área de estudo.

Para a elaboração desses mapas, foram empregados dados secundários e arquivos de georreferenciamento (*shapes*), coletados de instituições como a ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico), CPRM (Serviço Geológico do Brasil), INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e AESA (Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba). Mapas como a hipsometria e geomorfologia, foram produzidos na escala de município (Catolé do Rocha), para compreensão do contexto ao qual a bacia está inserida. Um outro condicionante ambiental analisado na escala de município foi o clima, devido a disponibilidade de dados serem na escala de município.

Já os mapas de localização, hipsometria, geologia, foram produzidos na escala da microbacia do riacho Agon, com maior grau de detalhe. Nesta escala também foi produzido o mapa de uso e cobertura da terra.

Além disso, o *QGIS* possibilitou a confecção dos mapas para melhor interpretar e analisar os objetivos descritos neste estudo. Essa é uma importante etapa na pesquisa, pois os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) se mostram como ferramentas de apoio relevantes. Conforme Oliveira (2018, p. 106) aponta, "o uso dos SIGs como ferramenta de apoio é fundamental para a pesquisa, pois garantem ao pesquisador confiabilidade e integração dos dados de forma automatizada". Ou seja, a integração dos SIGs a metodologia permite a manipulação, análise e visualização de dados georreferenciados, o que é útil para estudos que envolvem a dimensão espacial.

O uso do Sistema de Informação Geográfica contribui significativamente para a otimização do processo de pesquisa, ao permitir a organização e análise de dados provenientes de diversas fontes. Para além dos mencionados, foram utilizados produtos em formato *raster* obtidos junto ao INPE e arquivos vetoriais (*shapefiles*) disponibilizados pela

AESA e pelo IBGE. Ainda que essas informações não tenham sido integradas em um único mapa, o SIG possibilitou a manipulação e a sobreposição seletiva dessas camadas em diferentes etapas do estudo, de acordo com os objetivos de cada análise.

3.1.3 Mapeamento do uso e cobertura da terra

Na terceira etapa ocorreu a construção mapa de uso e cobertura da terra, cujos dados foram adquiridos na plataforma do Map Biomas e trabalhados no *Qgis*. Foi utilizada a coleção 2 (beta) 10 metros do Map Biomas, que inclui mapas anuais de cobertura e uso da terra para o período de 2016 a 2023 (período de disponibilidade de imagens do satélite Sentinel-2). Nesta coleção (2 beta) são utilizados métodos semelhantes e a mesma legenda das classes de cobertura e uso da terra da Coleção 9.

As imagens são adquiridas no formato *Raster*, com resolução de 10 m, direto no site do Map Biomas e delimita as classes da própria coleção. Essas, por sua vez, são importantes para que seja possível extrair da porcentagem de cada classe dentro da área total, possibilitando análises mais aprofundadas sobre a região. As classes foram renomeadas de acordo com a descrição das classes da legenda da coleção 9 do Map Biomas Brasil, disponibilizada pela plataforma, que aperfeiçoa a representação de cada pixel de acordo com o bioma ao qual ele está inserido. Portanto, as classes foram renomeadas em: Caatinga arbustiva, Caatinga herbácea à arbustiva, Caatinga arbórea, Área urbanizada, Mosaico de usos, Pastagem, Lavouras temporárias, Corpos d'água, Rios e açudes e outras áreas não vegetadas.

3.1.4 Mapeamento dos poços

Para otimização do mapeamento, etapa 4, foi importante admitir uma setorização da microbacia. Essa setorização permitiu dividir a microbacia em três setores, a saber: (a) setor a montante (indo desde a nascente até o início do perímetro urbano), (b) setor urbano (área urbana banhada pelo riacho Argon), e (c) setor jusante (indo desde limite urbano até a foz do Riacho Argon). A setorização nas etapas de campo foi importante pois auxiliou na escolha dos pontos de coleta e viabilizou a análise comparativa de qualidade da água a montante, onde ainda não houve contato com efluentes produzidos na cidade, no perímetro

urbano e a jusante, colaborando análise comparativa e compreensão de onde se insere a poluição no corpo hídrico.

Nesta fase ocorreu a identificação e georreferenciamento, por meio de Global Positioning System (GPS), dos poços e afloramentos de águas superficiais. Os principais critérios para selecionar os poços que serão analisados detalhadamente foram:

- 1- poço em atividade;
- 2 - o acesso para coleta da água;
- 3- estar situado nas áreas de jusante, a montante e no perímetro urbano;
- 4- seu uso, dando prioridade aos poços com água destinada ao consumo humano.

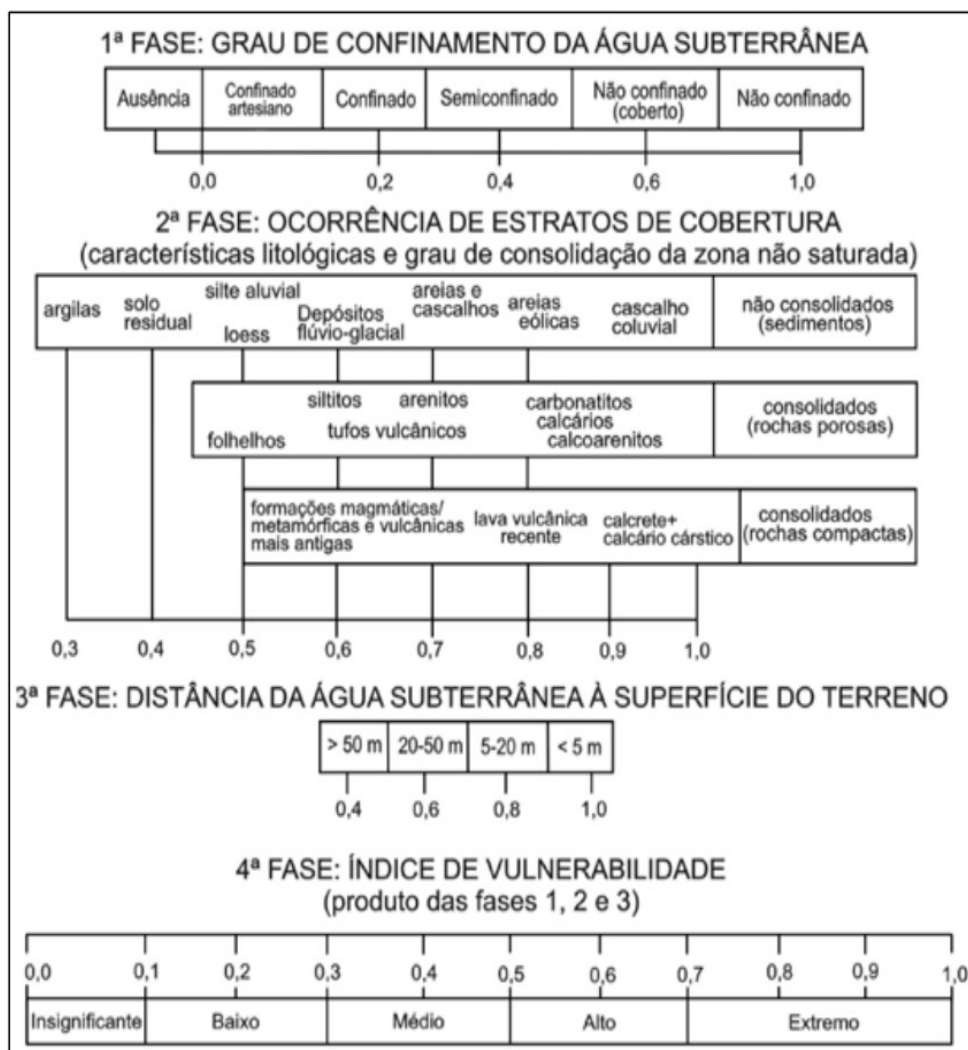
Neste estudo foram mapeados 23 poços durante a fase de cadastro, dos quais 5 foram selecionados para análise físico-química e microbiológica¹, seguindo os critérios previamente estabelecidos acima. Além disso, foram admitidos mais dois pontos de coleta de água superficial e a busca no SIAGAS/SBG também identificou esses mesmos 23 poços cadastrados.

3.1.5 Grau de vulnerabilidade aquífera

Para compreender o grau de vulnerabilidade aquífera da microbacia do riacho Agon foi utilizado o método do GOD (Hirata e Foster, 1988). A determinação do valor de cada uma das variáveis está atribuída na tabela de cálculo do método GOD (Tabela 5). Onde G é o Groundwater occurrence (Ocorrência da água subterrânea); O: Overall aquifer class (Litologia da zona não saturada); e D: Depth to groundwater table (Litologia da zona não saturada).

¹ Figura 21.

Tabela 5: Tabela de cálculo do método GOD.



Fonte: Tavares et al 2009, adaptado de Foster e Foster, 1988.

Ele demonstrou ser uma ferramenta para a compreensão do grau de vulnerabilidade aquífera da área de estudo, fornecendo uma base para a análise da suscetibilidade à contaminação, bem como permitiu quantificar algumas características hidrogeológicas que influenciam na mobilidade de contaminantes. Ou seja, contribuiu significativamente para o entendimento mais detalhado do grau de fragilidade do aquífero frente às fontes de potencial contaminação encontradas na microbacia do Agon.

3.1.6 Campos, coletas e análises de água

Na quarta fase, ocorreram trabalhos de campos para observação da paisagem (Figura 7) e coleta das amostras de água e de efluentes para as análises físico-químicas e microbiológicas em laboratório das amostras de água (Figura 8). Os parâmetros selecionados

a serem analisados estão descritos na tabela de valores máximos permitidos de água para consumo humano, conforme determinação da Portaria 888, de 4 de Maio de 2021, do Ministério da Saúde (Tabela 4).

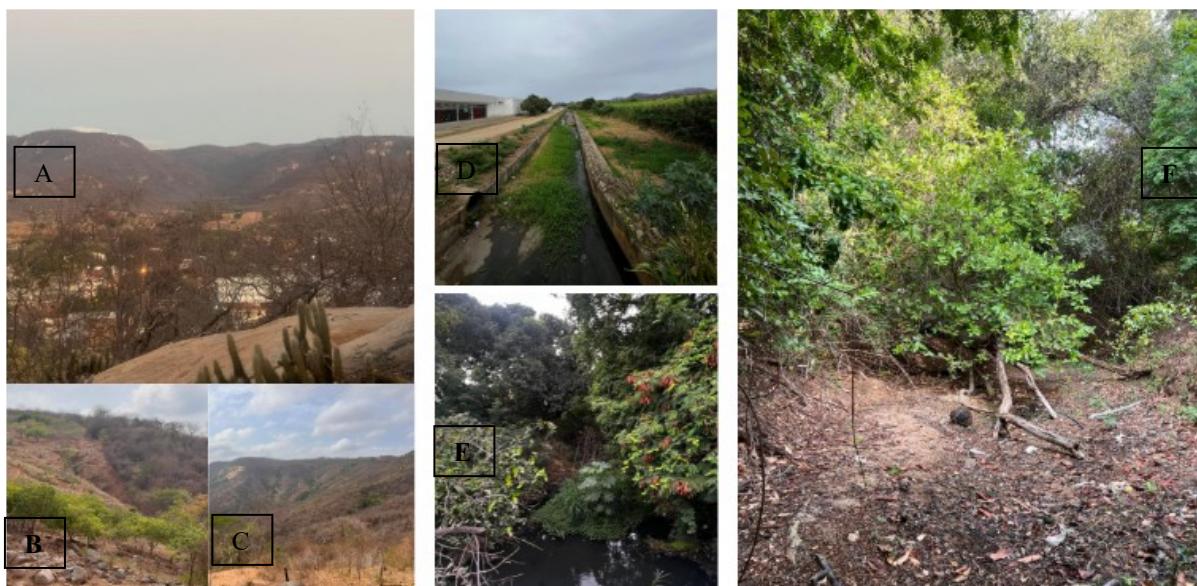
Os parâmetros foram selecionados por estarem em concordância com os VPMs da Portaria 888/2021 Ministério da Saúde e por suas consequências à saúde humana e ambiental se estiverem elevados na água. A análise e o controle desses parâmetros são fundamentais para garantir que a água seja segura e potável.

As coletas de efluentes foram realizadas nos mesmos dias das amostras de água, em 27/09/2025. O procedimento seguiu o mesmo padrão da coleta de água (ABNT 9898 e 15847): análise em triplicata e refrigeração até a análise laboratorial, que ocorreu no município de João Pessoa - PB. A escolha e análise dos parâmetros esteve pautada na Resolução CONAMA N° 430, de 13 de maio de 2011, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do CONAMA.

Os parâmetros analisados foram: Temperatura, Cor verdadeira, pH, Materiais Sedimentáveis, Materiais Flutuantes, Turbidez, Amônia, Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO, Ferro total, Fenóis totais, Manganês dissolvido, Nitrato, Nitrito, Nitrogênio Amoniacal Total, Óleos minerais, Óleos vegetais e animais, Oxigênio Dissolvido, Zinco e Coliformes termotolerantes

Para a realização deste estudo foram realizados 4 trabalhos de campo. No que diz respeito aos campos, o **Campo 1** ocorreu durante os dias 02/01/2025, 03/01/2025 e 06/01/2025. Neste campo houve o primeiro contato com a microbacia, a visita à nascente do riacho e a sua foz, o primeiro contato com alguns dos poços catalogados no trabalho.

Figura 7. Mosaico de fotografias de algumas porções do riacho Agon. (A) Nascente vista do monte Tabor; B e C: Margem direita e esquerda da nascente, respectivamente; D: trecho do canal observado ao fundo, com vista orientada em direção à montante; E: Final do canal desaguando no leito do riacho Agon e F: Foz do Riacho Agon no Riacho do Santíssimo.



Fonte: Autoral.

No **Campo 2** ocorreu a visita aos mesmos pontos do primeiro campo, e mais alguns outros, entre os dias 31/05/2025 a 3 de junho de 2025². Esse campo foi fundamental para selecionar quais seriam os pontos de coleta de água para análise físico química e microbiológica. Nos dois dias de visitas foram feitas análises de paisagem e fotografia para representação da microbacia na pesquisa.

No **Campo 3** foram realizadas as coletas de água para análise nos pontos 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 (Figura 8) no dia 28/07/2025 entre o horário de 7:45 e 10:05 da manhã, no momento da coleta não estava chovendo, bem como não houve precipitação nos dias anteriores. Nesse momento, também foi preenchido o cadastro dos poços analisados (ANEXO I). De amostras superficiais, foram coletadas duas: uma amostra após a canalização do riacho, próximo ao monte Tabor, sendo esse representado pelo ponto 4 e uma outra na passagem do riacho dentro da UEPB, após a lagoa de estabilização da CAGEPA, designada na pesquisa como ponto 6 (especializado na Figura 21).

²Com a presença da professora orientadora do trabalho, Profa. Dra Dirce Suertegaray.

Figura 8. Fotografias do momento de coleta das amostras de água.



Fonte: Autoral

A coleta foi feita com todo equipamento individual (EPI), para atenuar a possibilidade de contaminação das amostras: jaleco, luvas, touca. A água foi coletada em recipientes de vidro esterilizados anteriormente e com tripla coleta. Ou seja, a água foi coletada e descartada três vezes, apenas a quarta sendo a amostra analisada para pesquisa, conforme designada pelas normas de coleta de Água e Efluentes da ABNT 9898/1987.

As amostras foram levadas ao laboratório no município de João Pessoa, no dia mesmo dia de coleta sob-resfriamento, a fim de conservar as características microbiológicas. O laboratório apresentou os resultados no formato de laudos, assinados por profissional habilitado e especializado em análise de água e efluente (Anexo II). Na Tabela 7 estão evidenciados cada parâmetro analisado, dispostos pelos pontos que estão no sentido montante a jusante.

Nesse momento, também foram coletado dados de caracterização na ficha de cadastro da pesquisa (Anexo I), com informações de Proprietário/Responsável, Data da Visita/Cadastro e de Perfuração, Localização e Detalhes Físicos, como Município e Coordenadas Geográficas; Tipo de Poço, Uso Principal; e Características Técnicas, tais como Profundidade Total (m), Diâmetro, Nível Estático (m), Nível Dinâmico (m), Equipamento de Bombeamento (Tipo/Potência/Marca), se Licenciamento/Outorga e Data da Última Manutenção/Limpeza. Nessa mesma ficha também foram preenchidos os dados de Coleta: Ponto de coleta da amostra, Temperatura da amostra, Data e Hora da coleta.

No Campo 4 ocorreu a revisão dos pontos marcados dos poços e visita técnica à Lagoa de estabilização da CAGEPA, em 25/09/2025. O percentual de captação do Esgoto

do município vem diminuindo a cada ano, visto que a cidade está em constante crescimento e não novas instalações para esse fim. A captação de esgoto acontece por duas vias: gravidade e bombeamento das áreas mais rebaixadas da cidade a fim de encontrar-se pouco antes de chegar na Estação de Tratamento de Efluentes da CAGEPA (especializado na Figura 21).

3.1.7 Procedimentos de análises da contaminação

A Fase 5 consistiu na elaboração do mapa temático que evidenciou as principais áreas com água contaminada na microbacia do Riacho Agon. Mediante a sobreposição dos dados de usos e cobertura da terra e resultados das amostras de água analisadas em laboratório, foi possível correlacionar a contaminação da água com o uso do solo.

Ou seja, após a tabulação dos dados apresentados de cada parâmetro estabelecido na pesquisa, conforme a portaria 888/2021 do Ministério da Saúde e a resolução 357/2005 do CONAMA, esses pontos foram sobrepostos aos de uso e cobertura da terra em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica).

No Mapa Síntese são apresentados os parâmetros que excedem os Valores Máximos Permitidos (VMPs) pela legislação. Eles foram destacados com caracteres e na legenda a descrição dos parâmetros que estão em inconformidade com a legislação. Já os parâmetros que estavam em conformidade com VMPs não foram incluídos no mapa, mas foram analisados no texto.

Essa maneira de representação funciona como lentes analíticas que permitem visualizar padrões espaciais e identificar áreas vulneráveis à contaminação, contribuindo para uma compreensão mais precisa da qualidade da água e dos fatores ambientais que a influenciam. Esta etapa foi de suma importância para a compreensão de áreas contaminadas, focando espacialização cartográfica de identificação, caracterização e espacialização dos diferentes tipos de contaminação, a partir do que foi construído digitalmente e o encontrado em campo.

3.1.8 Análise e construção do texto final

Na fase 6 ocorreu a tabulação, classificação e análise dos materiais coletados e construídos. Além de relevar áreas de contaminação, demonstrou a necessidade de uma

adaptação da metodologia de avaliação ambiental integrada, à medida que a pesquisa foi sendo desenvolvida.

Ou seja, esta etapa se configurou como o momento de dedicação à avaliação, problematização e interpretação dos resultados, por meio da observação dos materiais coletados e elaborados durante toda a pesquisa. Para atingir esses objetivos, foi implementada uma adaptação da metodologia de avaliação ambiental integrada. Esta abordagem considera tanto as características ambientais naturais da área, quanto às ações antrópicas que impactam o ambiente. Essa perspectiva está em conformidade as reflexões de Jurandyr Ross (2009) quando ele considera:

As sociedades humanas não devem ser tratadas como elementos estranhos à natureza e aos ambientes onde vivem, mas precisam ser vistas como parte fundamental dessa dinâmica de fluxos energéticos... e, com frequência, induzem a graves processos degenerativos no ambiente natural e a longo prazo, a própria sociedade. (Ross, 2009, p. 54).

Portanto, para o autor, “É imprescindível uma pesquisa sobre as fragilidades e potencialidades ambientais integradas das relações da sociedade com a natureza, pois pressupõe o entendimento da dinâmica do ambiente natural com ou sem as intervenções humanas.” (Ross, 2009, p. 54).

Essa abordagem integrada é crucial para compreender a dinâmica do ambiente considerando tanto a sua evolução intrínseca quanto às diversas intervenções humanas. Além de colaborar com a identificação de áreas de vulnerabilidade do ecossistema e as suas capacidades de resiliência, fornecendo subsídios para o desenvolvimento de estratégias de gestão ambiental mais eficazes e sustentáveis. A compreensão dessas relações é vital para o planejamento territorial, a conservação dos recursos naturais e a mitigação dos impactos negativos decorrentes das atividades antrópicas no ambiente como um todo, inclusive, o meio fluvial e subterrâneo, no caso da pesquisa.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES



4.1 A microbacia do Riacho Agon, Catolé do Rocha: Uma Análise Ambiental Da Área De Estudo

4.1.1 Recorte climático: Caracterização Climática da microbacia do Riacho Agon, Catolé do Rocha³

As classificações climáticas mais utilizadas são a de Köppen e a de Strahler. Aplicando Köppen, é possível descrever o clima de Catolé do Rocha, com base em dados de temperatura e precipitação, como tipo tropical com inverno seco (Aw), também denominado como Tropical de Savana. São indicadas temperaturas médias anuais acima de 18°C, sem um inverno térmico definido. A letra "w" é crucial, apontando para uma estação seca bem marcada durante os meses de inverno (no hemisfério Sul, aproximadamente de junho a agosto) e maior parte da precipitação concentrada no verão.

Apesar da percepção de seca na região, a classificação Aw, segundo os critérios numéricos de Köppen, significa que a precipitação anual, mesmo que baixa e irregular, tecnicamente não é baixa o suficiente para enquadrar-se em clima semiárido (BSh), tipo de clima encontrado no Cariri paraibano.

Aplicando a classificação de Strahler, que se baseia nos fatores genéticos e na circulação atmosférica, o clima de Catolé do Rocha é caracterizado como Tropical Seco (ou Semiárido). Diferente de Köppen, Strahler enfatiza a causa da aridez. Nesta perspectiva, a escassez de chuvas é resultado da predominância de massas de ar com pouca umidade ou da limitada influência de sistemas atmosféricos úmidos sobre a região durante grande parte do ano. Este tipo climático ressalta a realidade de chuvas escassas e irregulares, com altas taxas de evaporação devido às temperaturas elevadas, configurando um ambiente de estresse hídrico constante.

Para além da classificação genética é importante analisar os sistemas causadores do tempo, trazendo uma perspectiva geográfica ao analisar o clima. Pois o interesse da Geografia reside na compreensão da dinâmica atmosférica em regiões específicas e na interação dos diferentes aspectos geográficos, que influenciam o ritmo climático - habitual ou excepcional - e como estes, permanentemente, agem e interagem com o espaço. Esse enfoque se difere dos objetivos dos meteorologistas. Embora ambos utilizem instrumentos semelhantes para medir temperatura, pressão, precipitação, entre outros, eles possuem

³ Nesse momento, está sendo analisado na escala de município para entender de maneira mais eficaz o contexto climático em que a bacia está inserida. Entretanto, a área de estudo da pesquisa é a microbacia do riacho Agon.

objetivos distintos. Em síntese, o geógrafo estabelece conexões entre os elementos climáticos e o meio geográfico (Zavattini, 2000).

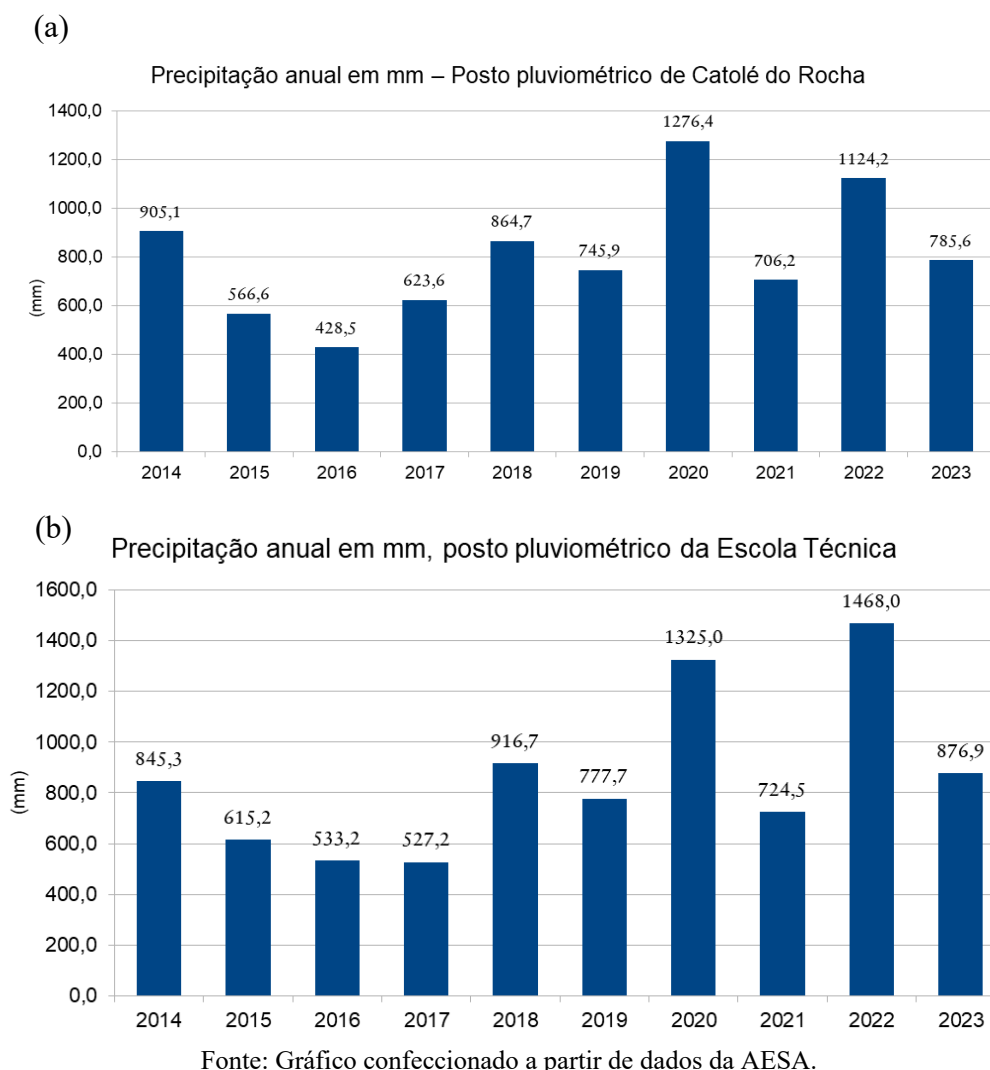
Nessa análise, nos voltaremos a precipitação, pois essa impacta de maneira muito significativa no tema de estudo da pesquisa (água e sua qualidade) e pela disponibilidade de dados mais consistentes serem de precipitação, visto que o município possui dois postos pluviométricos, um na área urbana da cidade e outro na Escola Técnica do Cajueiro, onde também encontra-se o *campus* V da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB.

A Estação ou Quadra Chuvosa de Catolé do Rocha são os meses de Fevereiro, Março, Abril e Maio. Desses, Março é o mês mais chuvoso. Os sistemas atuantes são: de grande escala, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e Massa Equatorial Continental (MEC); de mesoescala: Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN's), Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM's); de escala Local, Linhas de Instabilidade (LI) e as Brisas. Esses sistemas influenciam diretamente a distribuição das chuvas. Com base nisso, analisamos o comportamento climático utilizando dados de uma janela de dez anos, abarcando os anos de 2014 até 2023. Nas Figuras 9 A e B, podemos observar a precipitação anual/mm de cada um desses anos.

Através da análise dos gráficos, se observa uma similaridade entre eles, demonstrando a significativa variabilidade na precipitação anual. Ou seja, não há um padrão linear de aumento ou diminuição no acumulado. Podemos observar que, como indicado no Posto A, houve um período de precipitação relativamente baixa entre 2015 e 2017 (566,6 mm, 428,5 mm e 623,6 mm, respectivamente), com 2016 sendo o ano mais seco. Após 2017, há um aumento geral na precipitação, com um pico em 2020. Houve uma queda em 2021 (706,2 mm) e, em seguida, o pico de 2022 (1124,2 mm). Em 2023 (785,6 mm) ainda mostra volumes consideráveis de chuva, embora 2023 seja menos chuvoso do que em 2022.

A maior precipitação foi registrada em 2020, com impressionantes 1276,4 mm. Tal volume está bem acima da média para uma região semiárida. Em contrapartida, o ano de 2016 apresentou a menor precipitação, com apenas 428,5 mm. Isso representa uma diferença de mais de 800 mm, em relação ao ano mais chuvoso, representando uma diferença marcante para a região. Outro ponto de evidente relevância se observa na média dos anos analisados, estando em torno de 700-800 mm, com anos significativamente acima ou abaixo dessa faixa. Apesar da pequena diferença entre o acumulado de chuva anual dos postos pluviométricos de Catolé do Rocha (Posto A) e da Escola Técnica (Posto B), ambos mostram tendência similar.

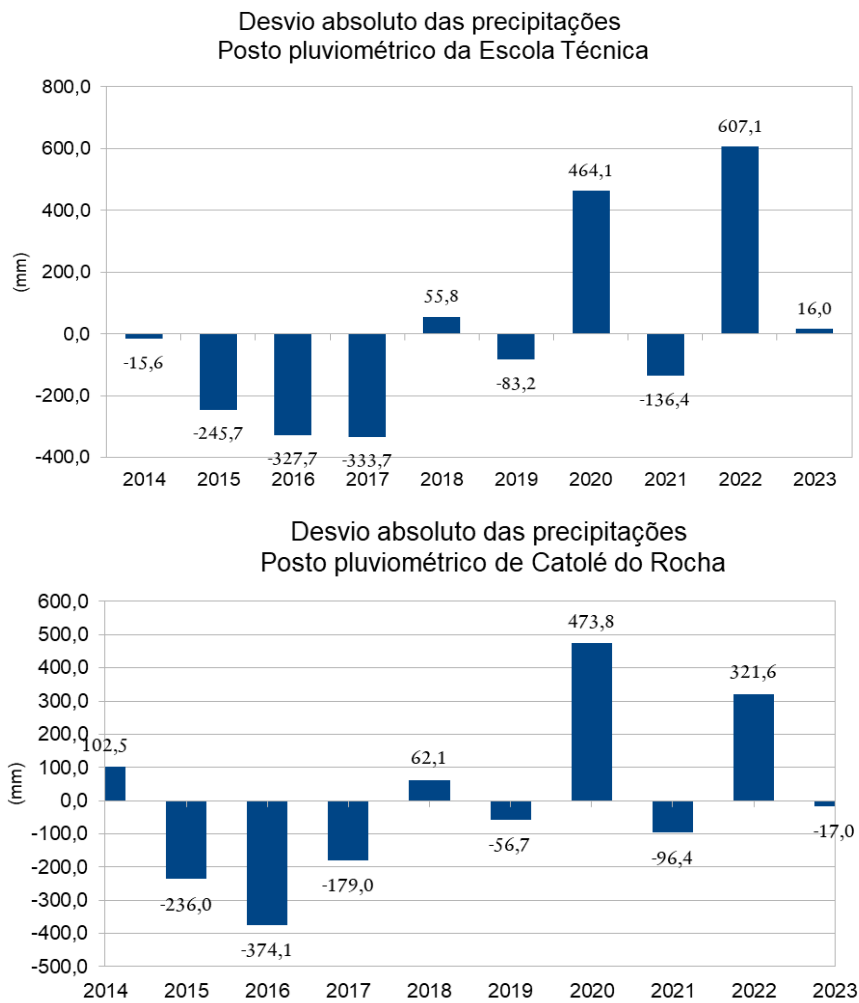
Figura 9. Precipitação anual em mm do município de Catolé do Rocha - Posto pluviométrico Catolé do Rocha (a) e Escola Técnica (b);



As Figuras 10 A e B mostram os desvios absolutos marcando os dados de precipitação anual, facilitando visualizar os anos que estiveram acima ou abaixo da média, realçando os extremos (anos secos como 2016 e anos chuvosos como 2020 e 2022).

Ao comparar os dois gráficos de desvio, identifica-se um padrão de comportamento pluviométrico muito similar para os dois postos, o que é esperado, já que ambos estão na mesma localidade e são afetados pelos mesmos sistemas climáticos. O desvio percentual, diferentemente do desvio absoluto, expressa a variação da precipitação anual em relação à sua média decenal (2014-2023) em termos de porcentagem. Isso permite uma comparação mais direta da intensidade relativa das secas ou cheias.

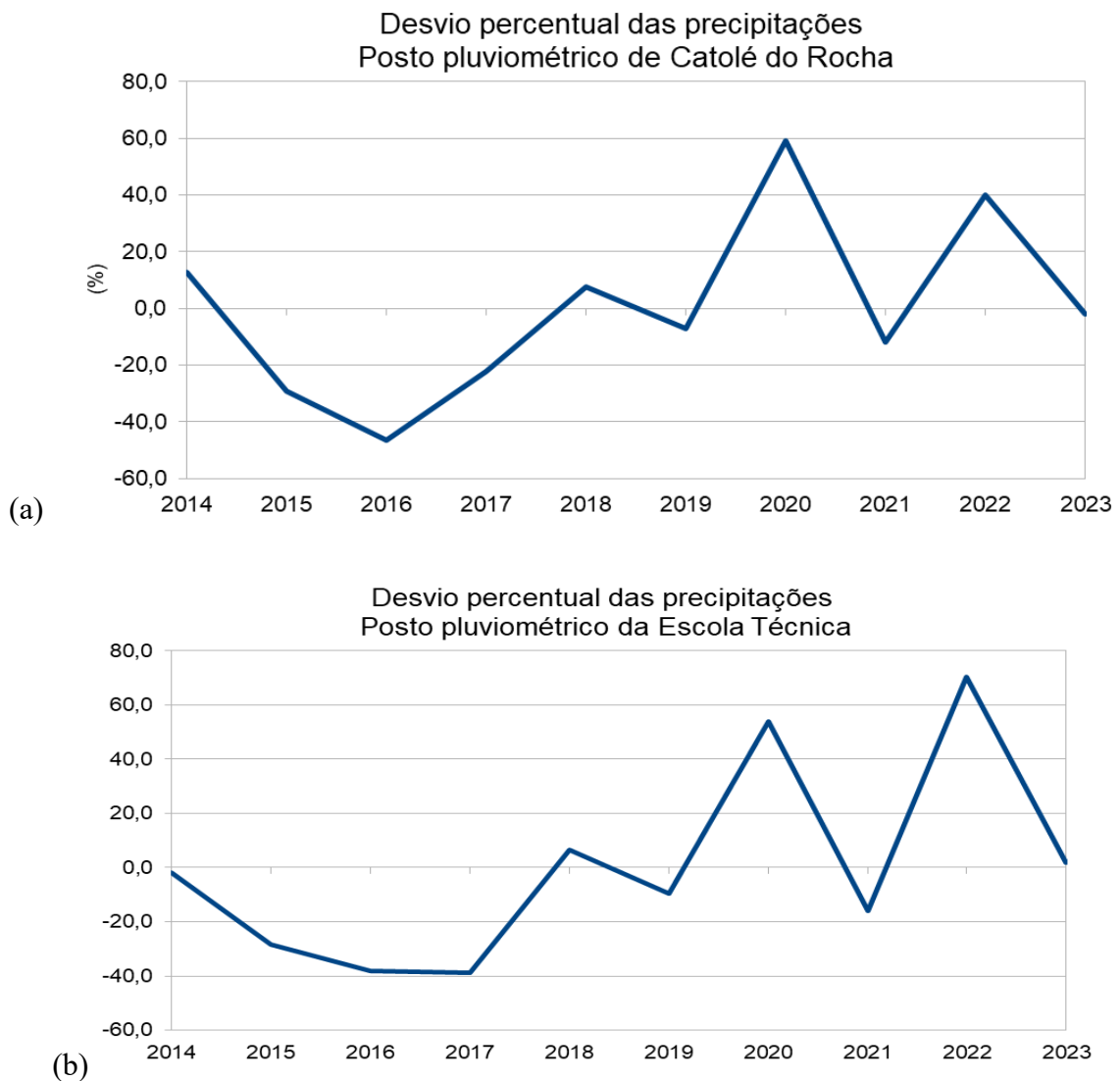
Figura 10. Desvio absoluto das precipitações do município de Catolé do Rocha (2014-2023) - Posto pluviométrico Catolé do Rocha (a) e Escola Técnica (b).



Fonte: Gráfico confeccionado a partir de dados da AESA.

Especificamente para o Posto de Catolé do Rocha, 2016 se destacou como o ano com o maior desvio percentual negativo, refletindo a seca mais severa dos anos analisados. Enquanto 2020 registrou o maior desvio percentual positivo, confirmando o ano de chuvas mais intensas. Da mesma forma, para o Posto da Escola Técnica, 2017 e 2016 apresentaram os maiores desvios percentuais negativos, e 2022 se sobressaiu com o maior desvio percentual positivo (Figura 11). Essa correlação direta entre os desvios absolutos e percentuais valida a representatividade dos dados e a forma como a precipitação se comporta em termos de anomalias em ambos os locais, ou seja, como o clima se comporta de maneira dinâmica e com uma ampla variedade de tipos de tempo.

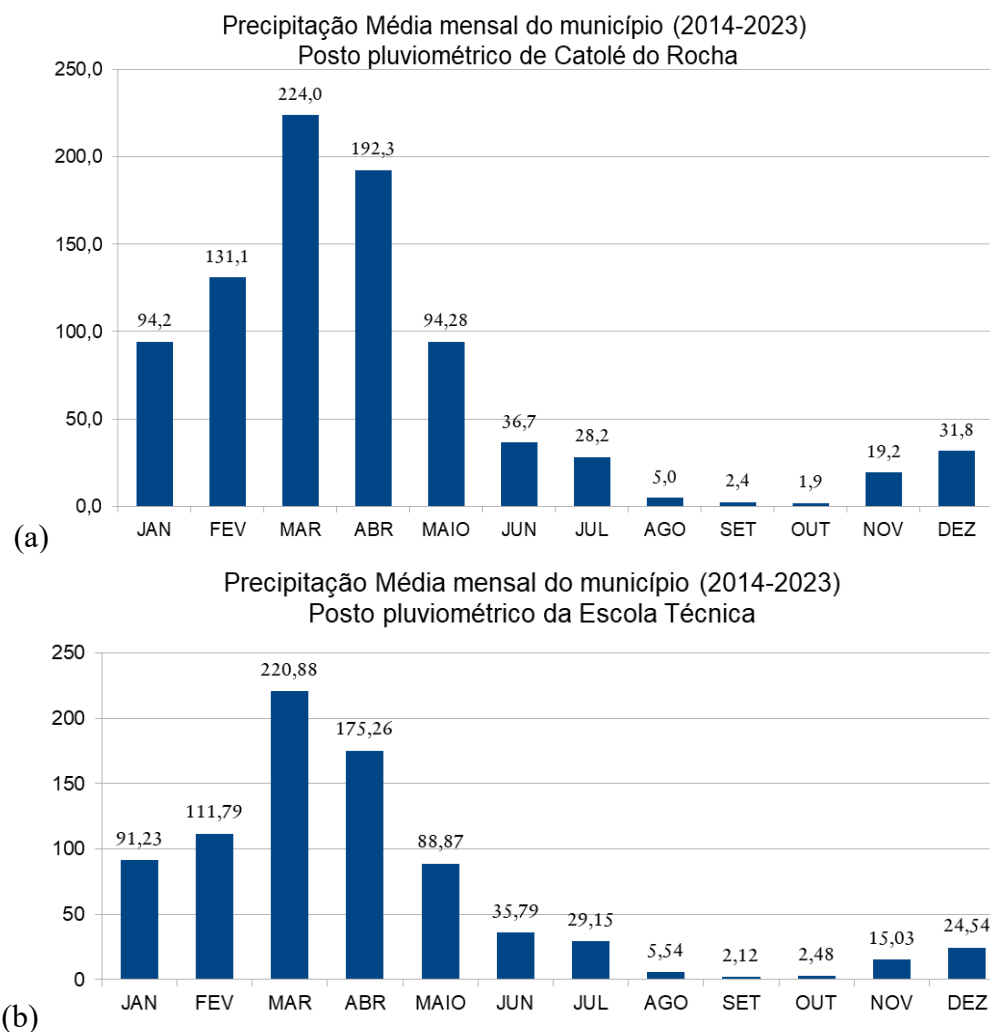
Figura 11. Desvio Percentual das precipitações do município de Catolé do Rocha (2014-2023) - Posto pluviométrico Catolé do Rocha (a) e Escola Técnica (b)



Fonte: Gráfico confeccionado a partir de dados da AESA.

As Figuras 12 A e B exibem a precipitação média mensal dos anos de 2014 a 2023, com dados do Posto pluviométrico de Catolé do Rocha e da Escola Técnica. Espacializando o regime pluviométrico médio mensal, em um período de 10 anos.

Figura 12. Precipitação Média do município de Catolé do Rocha (2014-2023) - Posto pluviométrico Catolé do Rocha (a) e Escola Técnica (b).



Fonte: Gráfico confeccionado a partir de dados da AESA.

É possível perceber uma estação chuvosa bem definida e concentrada, característica de climas tropicais com inverno seco ou semiáridos. Os meses de Março (média de 224,0 mm) e Abril (média de 192,3 mm) são, de longe, os mais chuvosos, concentrando a maior parte da precipitação anual, na estação de Catolé. No posto pluviométrico da Escola Técnica os números são similares com: 220,88 em Março e 175,26 em Abril.

São identificados Meses de Transição, como Fevereiro (131,1 mm, posto catolé e 111,19, na Escola Técnica) e Janeiro (94,2 mm, posto Catolé e 91,23, na Escola Técnica), fazendo um recorte da estação pré-chuvosa; e Maio (94,28 mm, posto catolé e 88,87, na Escola Técnica), Junho (36,7 mm, posto catolé e 35,79, na Escola Técnica) e Julho (28,2 mm, posto catolé e 29,15 na escola técnica), como uma etapa de quadra na precipitação,

marcando o início da estação seca. Esses meses também apresentam volumes chuvosos, que para região são significativos, contribuindo para a característica climática do município.

A estação Seca, de Agosto a Novembro, tem por característica uma precipitação extremamente baixa, quase insignificante. No gráfico do posto pluviométrico Catolé do Rocha e da Escola Técnica, destaca-se Agosto (5,0mm e 5,54mm), Setembro (2,4 mm e 2,12mm), Outubro (1,9 mm e 2,48mm) e Novembro (19,2 mm e 15,3mm), respectivamente. Isso indica uma forte estiagem nesses meses. Com indícios de algumas chuvas no mês de Dezembro (31,8 mm), onde já começa a mostrar um leve aumento, indicando a transição para a próxima estação pré-chuvosa.

As características apresentadas permitem identificar que este padrão de precipitação é típico de muitas áreas do semiárido nordestino. Nessas áreas as chuvas são concentradas em poucos meses (principalmente de Março a Maio, com início em Janeiro/Fevereiro e extensão em Junho), concentrada no outono (hemisfério sul), seguidos por longos períodos de estiagem. Essa concentração e irregularidade das chuvas estabeleceu condicionantes físicas para a vegetação local, levando-a a se adaptar à escassez do período seco.

O comportamento climático, levando em consideração o fator precipitação, pode ser visualizado nas Tabelas Síntese da Pluviosidade para o Posto Pluviométrico de Catolé do Rocha (A) e para o Posto Pluviométrico da Escola Técnica (B), considerando a série histórica de 2014 a 2023 (Tabela 6).

São analisadas as estações pré-chuvosa, chuvosa e a precipitação anual. A estação pré-chuvosa diz respeito aos três meses que antecedem a estação chuvosa, para a área da estação pré-chuvosa é do mês de novembro a janeiro, visto que, a estação chuvosa encontra-se no mês de fevereiro a maio.

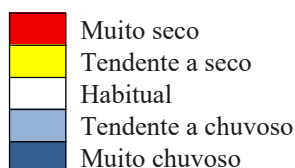
Já a precipitação anual está relacionada à precipitação acumulada no respectivo ano. A classificação das precipitações anuais, pré-estação chuvosa e estação chuvosa consideram os valores dos dados dos desvios percentuais da série anual, bem como os desvios percentuais da série da Pré-Estação Chuvosa e da Estação Chuvosa para cada posto pluviométrico, de acordo com as classes percentuais, sugeridas por Sant'Anna Neto (1990).

A classificação de Muito Chuvoso (MC), representa a ocorrência de pluviosidade elevada, com índices de desvios percentuais superiores a 25% da média da série; a Tendente a Chuvoso (TC), diz respeito a pluviosidade ligeiramente elevada, próxima à média da série com desvio entre +12,5% a 25%; Já o Habitual (H) seria a pluviosidade média, cujo total

pluvial está dentro dos desvios médios padrão, entre -12,5% a +12,5%; No Tendente a Seco (TS) a pluviosidade está ligeiramente reduzida, com desvios entre -25% a -12,5%; O Muito Seco (MS) representa pluviosidade reduzida, com índices inferiores a -25% da média da série. Portanto, leva em consideração os desvios da normalidade do que seria o habitual do município.

Tabela 6. Síntese de pluviosidade do município de Catolé do Rocha (2014-2023) - Posto pluviométrico Catolé do Rocha (a) e Escola Técnica (b)

Classificação	Catolé do Rocha									
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Pré-estação chuvosa	Red	Red	Light Blue	Red	Dark Blue	White	Dark Blue	Red	Dark Blue	Dark Blue
Estação chuvosa	Dark Blue	Red	Red	Red	White	White	Dark Blue	White	White	Light Blue
Anual	Light Blue	Red	Red	Yellow	White	White	Dark Blue	White	Dark Blue	White
Classificação	Escola Técnica									
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Pré-estação chuvosa	Red	Red	Light Blue	Red	Dark Blue	White	Dark Blue	Red	Dark Blue	White
Estação chuvosa	Light Blue	Yellow	Red	Red	White	White	Dark Blue	White	Dark Blue	White
Anual	White	Red	Red	Red	White	White	Dark Blue	Yellow	Dark Blue	White



Fonte: Confeccionado a partir de dados da AESA.

Entre os dois postos, percebe-se um padrão similar de comportamento pluviométrico, onde ambos registram uma clara distinção no regime anual de chuvas. Os anos de 2015, 2016 e 2017 são predominantemente classificados como Muito seco ou Tendente seco, tanto para a primeira estação chuvosa quanto para o total anual.

Em contraste aos anos secos, 2020 e 2022 destacam-se como Muito chuvoso em ambas as estações chuvosas (quando aplicável) e no acumulado anual. A estação chuvosa aparece majoritariamente como Habitual, evidenciando a concentração das chuvas na estação pré chuvosa, supondo uma chuva chegando mais cedo que o habitual. Tendo como um dos principais agentes influenciadores a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Ou seja, o dinamismo atmosférico, que engloba a atuação de sistemas como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN's), contribui de maneira significativa para variações de chuva observadas. A gênese climática do semiárido, caracterizada pela intermitência e irregularidade das chuvas, é o resultado

desses processos atmosféricos complexos. As tabelas sintetizam essa gênese ao categorizar os anos, ilustrando como o clima local é construído por essas interações oscilatórias.

A análise das tabelas e gráficos converge com as ideias de Monteiro (1991), que considera a estreita relação entre o dinamismo atmosférico e a gênese climática. Essa forma de analisar o clima, observando suas anomalias e não apenas linearmente, destaca a importância do ritmo como essência geográfica do clima.

O ritmo aqui não se refere apenas à periodicidade sazonal (a existência de uma estação chuvosa e uma seca bem definida), mas também à sua irregularidade interanual. A alternância entre anos muito secos e muito chuvosos é o verdadeiro ritmo que define a geografia do semiárido. Essa alternância molda a paisagem da caatinga, dos rios intermitentes, a disponibilidade hídrica e, conseqüentemente, as atividades humanas e a vida na região.

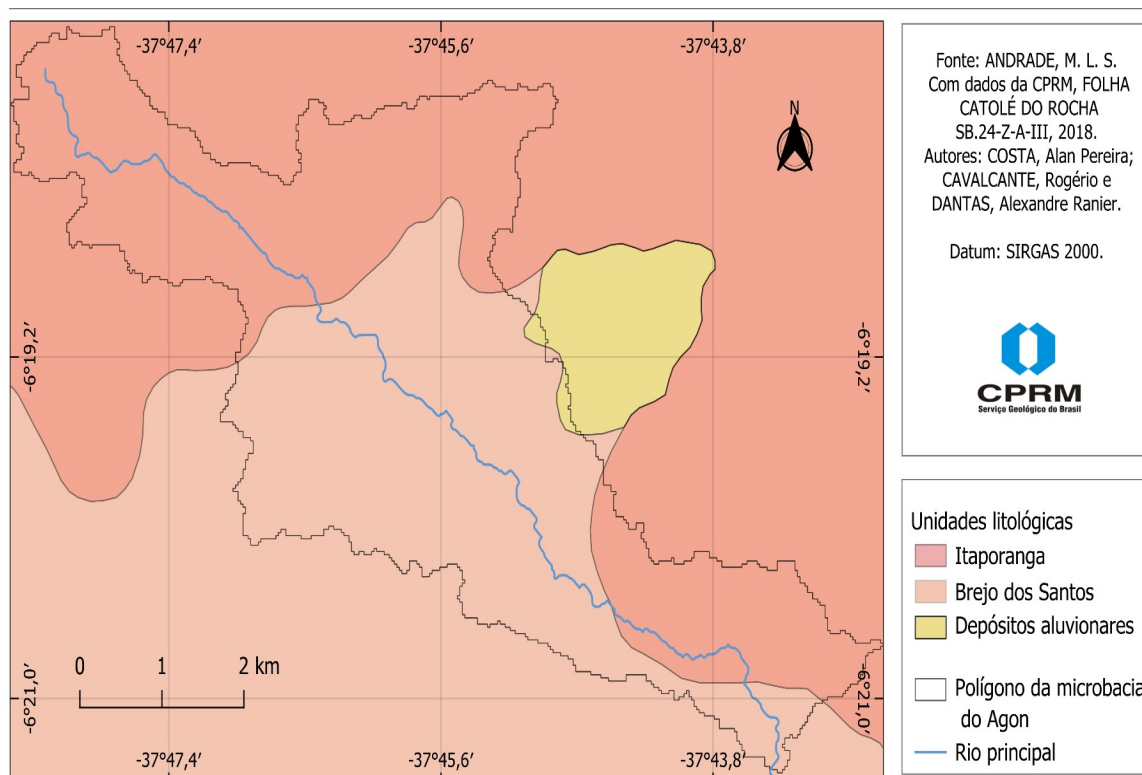
4.1.2 Recorte geológico e hidrogeológico

A Geologia Regional do município de Catolé do Rocha pode ser reconhecida através dos estudos apresentados no texto “O Batólito Catolé do Rocha (RN-PB): *Um magmatismo granítico do tipo-A2 reduzido no Domínio Rio Piranhas Seridó, Província Borborema, Nordeste do Brasil*” nele é apontado que na região entre o Rio Grande do Norte e o norte da Paraíba, existem cerca de 80 plutons com características mineralógicas, petrográficas, litoquímicas, geocronológicas e isotópicas distintas, agrupadas em seis suítes (Oliveira *et al.*, 2020, p. 108). Ressalta a suíte onde se encontra o Batólito Catolé do Rocha (CRB), devido ao volume e área exposta, sendo um dos maiores corpos. Este batólito possui aproximadamente 900 km², intrusivo nas rochas paleoproterozoicas do Domínio Rio Piranhas-Seridó (DSP), é composto por um pluton principal de sienogranito e três estoques satélites. (Medeiros *et al.*, 2007). O Batólito Catolé do Rocha é composto por sienogranito e quartzo sienito, rochas básicas intermediárias, bem como diques e/ou bolsas de microgranito. O sienogranito foi datado por Medeiros *et al.* (2007) em 571 ± 3 Ma (U-Pb em zircão). Segundo Oliveira, os

granitos cristalizaram a pressões entre 4,6 e 6,3 kbar (~16 – 24 km de profundidade), em um intervalo de temperatura de ca. 950 – 750°C. O magma sienito resultam da fusão parcial de uma fonte metassomatizada (ou o manto litosférico ou a crosta inferior sobrejacente) gerou os fundidos félsicos, com posterior diferenciação por frações processos de cristalização (Oliveira *et al.* 2020, p. 108).

O que mostra uma litologia predominante granítica na região, ricos em ferro e potássio. Quanto à questão estrutural, o batólito localiza-se entre duas grandes zonas de cisalhamento, o Lineamento Patos a Sul e a Zona de Cisalhamento Portalegre a Noroeste (OLIVEIRA *et al.* 2020, p. 108). Na área da bacia estão três unidades litológicas: a Itaporanga, Brejo Santo e Depósitos aluvionares (Figura 13).

Figura 13. Mapa geológico da microbacia do Agon.



Fonte: CPRM.

A unidade Itaporanga, pertencente ao Éon Proterozóico e Neoproterozóico, no período Ediacarano. Possui litologia de Biotita granito porfirítico, Monzonito, Granodiorito, Granito, Gabro, Diorito, de classe ígnea e origem plutônica.

A unidade Brejo Santo também pertencente ao Éon proterozoico e Neoproterozoico, período Ediacarano. Com litologia de Quartzo sienito, Biotita-anfibólio sienogranito, de classe ígnea e origem plutônica.

Os Depósitos aluvionares, por sua vez, pertencem ao Éon Fanerozóico e Cenozóico. Período Neogeno e Época Holoceno. Origem continental e de Sistema Sedimentar: Fluvial meandrante, anastomosado e entrelaçado. Com litologia de Areia, Areia arcoseana, Silte, Cascalho, Argila e Conglomerado polimítico. Com classe de rochas sendo material superficial, sedimentar e sedimento inconsolidado.

Esse material dá origem aos solos encontrados na área que são principalmente: Neossolos Litólicos Eutróficos com textura arenosa e/ou média, fase pedregosa e rochosa e relevo forte ondulado e montanhoso e substrato gnaisse e granito; e Argissolos Vermelho-Amarelo Eutrófico, textura argilosa, cascalhenta, fase relevo suave ondulado e ondulado.

No que diz respeito à hidrogeologia, o município de Catolé do Rocha encontra-se na Província escudo oriental. Essa província apresenta-se em duas sub-províncias (Nordeste e Sudeste). A nordeste é onde se localiza o município de Catolé do Rocha e a micro bacia do riacho Agon. Nela ocorre o predomínio de rochas cristalinas (gnaisses, xistos, migmatitos, granitos, quartzitos, entre outras).

Feitosa (2008) defende que nessa província “o meio aquífero é representado pelas fissuras e diáclases interconectadas resultantes dos esforços tectônicos sofridos” (Feitosa 2008, p.44) As rochas cristalinas não são consideradas como boas para formação de aquíferos pois Os poros capazes de conduzir água são limitados à porosidade secundária, o que corrobora para um potencial hidrogeológico menor na subprovíncia Nordeste, quando comparada a Sudeste.

Na sub-província do Nordeste, o potencial hidrogeológico mostra-se reduzido devido a combinações de fatores como às condições deficientes de circulação das águas subterrâneas somadas às condições de clima semiárido, que resultam taxas de salinidade excessivas em muitas áreas. Feitosa (2008) ainda ainda disserta que, além das vazões já naturalmente baixas, em algumas áreas, a alta concentração de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) inviabiliza o uso direto da água para consumo humano de muitos poços na região, trazendo desafios para o abastecimento.

No semiárido, há algumas áreas onde o manto de decomposição é mais espesso ou até mesmo de gênese aluvial, e dão origem a aquíferos onde é possível se encontrar água de qualidade, mas com vazões baixas a regulares. Um exemplo dessas áreas, onde há ocorrência de água doce em aquífero aluvionar, é a microbacia do riacho Agon. Segundo relatório da CPRM (2005), no município de Catolé do Rocha, onde se localiza a maior parcela da microbacia do Agon:

Foram coletadas e analisadas amostras de 62 pontos d' água. Os resultados das análises (STD) mostraram valores oscilando de 156,65 e 5154,50 mg/l, com valor médio de 711,53 mg/l. Observando a classificação das águas subterrâneas no município, verifica-se a predominância de água doce em 63% dos pontos amostrados (adaptado de CPRM, 2005 p. 8).

Essas áreas de aluvião são manchas pontuais e caracterizam em geral água de boa qualidade e de mais fácil acesso. O fato dessas áreas serem poucas e espaçadas no semiárido do Brasil, são umas das explicações do agravamento das secas, pois os aquíferos ou não existem, ou não são suficientemente recarregados para atender a demanda de água durante o período de estiagem, principalmente, quando esse período se estende ou mesmo se o período de chuva, não atende a quantidade suficiente para recarregar o aquífero.

Quando esse aquífero se encontra em ambientes fraturados, é recorrente a salinização das águas. Pois a água, em constante contato com a rocha, solubiliza os sais encontrados, manifestando a ocorrência de áreas salobras e salinas.

É importante ressaltar que açudes, uma das principais estruturas adotadas para oferta hídrica na perspectiva do “combate à seca”, também são passíveis de salinização, especialmente no período de seca e evaporação intensa, concentrando os sais dissolvidos. A escassez de água impõe dificuldades no desenvolvimento da agricultura, demandando soluções para a vulnerabilidade hídrica e aquífera da região.

4.1.3 Recorte geomorfológico

Fazendo um recorte, e chegando a escala de Estado, a Paraíba apresenta uma diversidade geomorfológica caracterizada por unidades de relevo que se sucedem do litoral ao interior. Esta distribuição das principais unidades de relevo é facilmente percebida pela diferença altimétrica. Na Paraíba ocorrem discrepâncias altimétricas, estando as áreas mais rebaixadas a leste e noroeste do estado e as mais elevadas na porção central. Nas Planícies Costeiras, próximas ao litoral, destacam-se feições geomorfológicas como praias, tabuleiros costeiros e áreas de manguezais. Elas são associadas a processos sedimentares, fluviomarinhos e estão associadas a processos mais recentes, encontram-se em áreas de baixa altitude. Mais a oeste, encontra-se o Planalto da Borborema, caracterizado como relevo bastante movimentado, de idade mais antiga, é onde localiza-se as maiores altitudes do Estado.

Na Paraíba há formações sedimentares e cristalinas interioranas importantes. A exemplo de formações sedimentares está a bacia sedimentar do Rio do Peixe, no oeste do Estado. Na dominância do cristalino está a Depressão Sertaneja. Nesta unidade de relevo há a ocorrência dos maciços residuais, inselbergs, serras e outras morfologias associadas ao embasamento cristalino (Carvalho, 1982).

Essa depressão está associada a condições geomorfológicas apontadas por Ab'Sáber, (2003; 2006), no Domínio das Depressões Interplanálticas Pontilhadas de Inselbergs Semiáridas do Nordeste. Com predominância do empirismo físico, em detrimento ao ao intemperismo químico e biológico. E com ocorrência intensa de diáclases e fragmentação (desagregação) de clastos.

Vale destacar que, a Depressão Sertaneja trata-se de uma das principais unidades do semiárido nordestino. A área de estudo da pesquisa, a microbacia do riacho Agon localiza-se na Depressão Sertaneja Setentrional, ela estende-se pela Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará. Nela há o predomínio de terrenos de rochas do embasamento cristalino, como gnaisses, granitos e migmatitos.

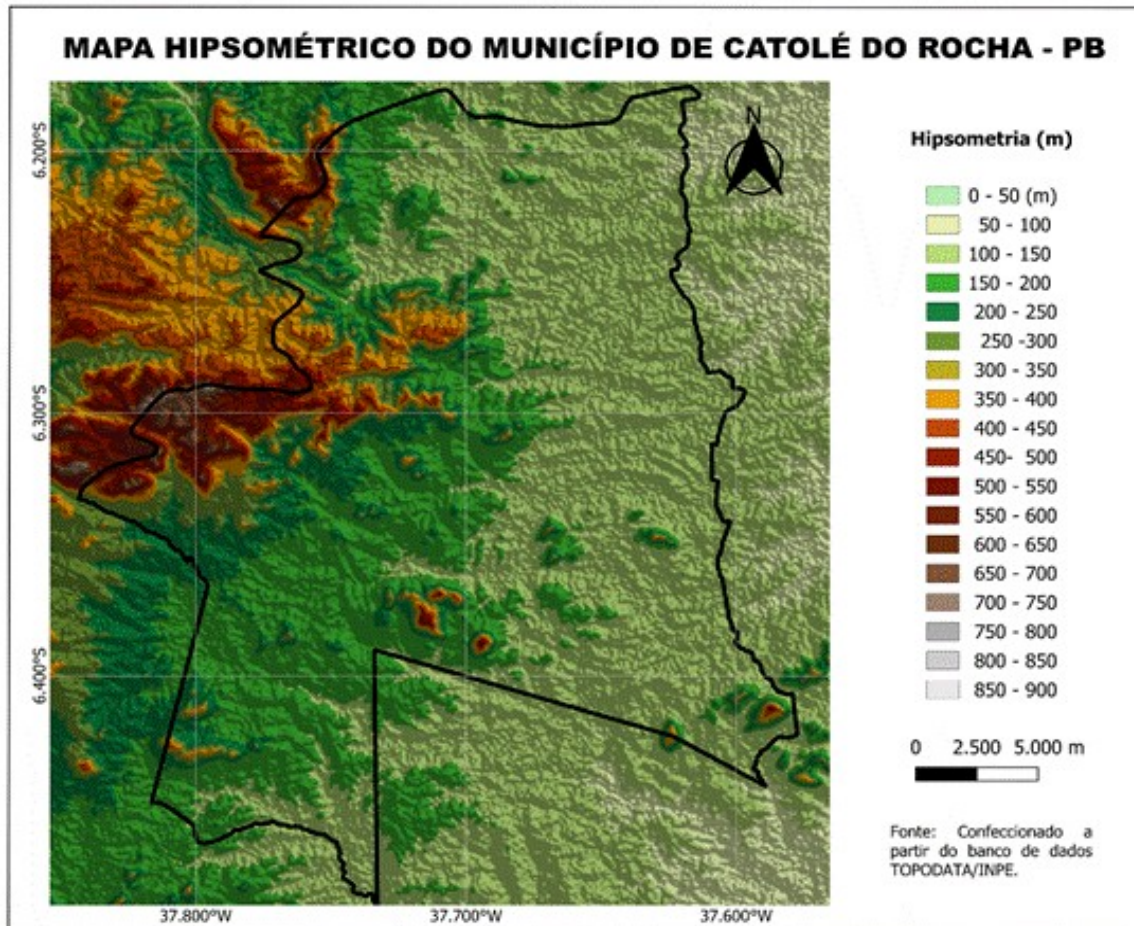
A paisagem da Depressão Sertaneja Setentrional é marcada por serras residuais, que surgem onde o embasamento cristalino é mais resistente à erosão. Também são comuns afloramentos rochosos e solos mais rasos, onde a erosão é intensa. Os processos de dissecação são desencadeados, sobretudo pelo contexto climático semiárido, onde há uma limitação da pedogênese, tornando os solos da superfície sertaneja mais rasos. Nesse contexto, comumente, a rocha matriz (embasamento) aflora (Costa, 2020, p.192). Bigarella (2003, *apud* Costa, 2020) explica que essas elevadas taxas de erosão decorrem do contexto de variabilidade climática da região, onde há a alternância de períodos secos e úmidos.

Portanto, são Formas Denudacionais que modelam o relevo e reiteram a ação da erosão diferencial sobre os materiais geológicos de diferentes composições e idades. Segundo Costa *et al.* (2020), “essa unidade se destaca não apenas pela diversidade das formas, mas principalmente em sua larga extensão, que evidencia o papel dos processos desnudacionais na evolução das formas do relevo” (Costa *et al* 2020, p. 191).

A Superfície Sertaneja 1 (SS1), região onde se encontra o município de Catolé do Rocha – PB, é caracterizada como uma região “típica de áreas mais baixas, constituindo-se como as áreas onde os processos de aplainamento são mais evidentes. Do ponto de vista altimétrico, está localizada entre cotas de 50 e 250 m aproximadamente, com topografias planas ou levemente onduladas” (Costa *et al* 2020, p. 191). Conforme evidenciado no Mapa hipsométrico do município (Figura 14)⁴.

⁴ Nesse momento, está sendo analisado na escala de município para entender de maneira mais eficaz o contexto geomorfológico em que a bacia está inserida. Entretanto, a área de estudo da pesquisa é a microbacia do riacho Agon.

Figura 14. Mapa hipsométrico do município de Catolé do Rocha – PB.



Fonte: Autoral, a partir de dados SRTM/INPE.

Em relação a Geomorfologia, a área do município serve de exemplo adequado às condições da depressão sertaneja setentrional, unidade supracitada. Uma característica a se ressaltar é a influência do Riacho Agon, que possui sua nascente no ponto de interseção das coordenadas 37,80°W e 6,30°S, onde se encontram as áreas com maior altitude.

O vale do riacho Agon está diretamente associado ao controle estrutural, que influencia a drenagem da área. Esta se caracteriza por um padrão dendrítico, estabelecendo-se em vales abertos e encaixados em modelados associados aos afloramentos do embasamento cristalino.

O vale escavado pelo rio cruza o perímetro urbano, e é responsável pela acumulação de sedimentos aluviais, advindo do transporte fluvial do Riacho Agon. As feições geomorfológicas advindas desse processo são as planícies aluviais, e os terraços fluviais (Figura 15).

Figura 15. Mosaico de fotografias de Planície aluvial (A) e terraço aluvial (B) do Riacho Agon, Catolé do Rocha -PB.



Fonte: Autoral, 03 de janeiro de 2023.

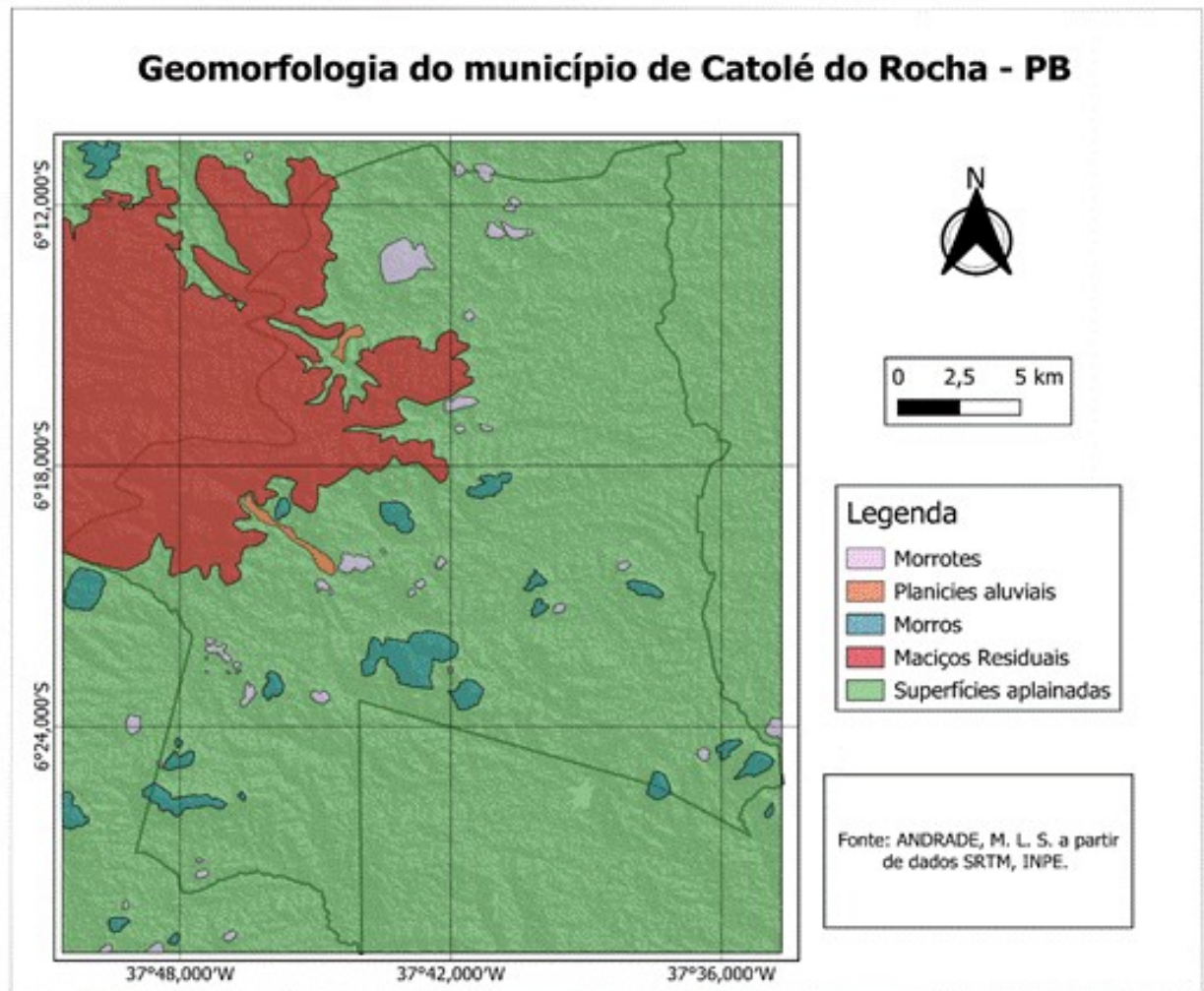
Costa *et al.* (2020) destaca que as planícies aluviais são unidades fluviais:

decorrentes da acumulação de sedimentos aluviais, depositados pela ação da rede de drenagem. No sertão nordestino essa unidade geomorfológica apresenta aspectos na dinâmica diferenciados do que ocorre em climas úmidos. O caráter intermitente dos rios tem repercussão na própria gênese dos ambientes semiáridos, já que grande parte dos detritos ficam à mercê dos processos erosivos nas calhas fluviais (Costa *et al.* 2020, p. 198).

No contexto da área, esses solos são amplamente utilizados na agricultura, sobretudo na cultura do capim, milho e feijão. Também é possível encontrar feições geomorfológicas como os terraços fluviais que margeiam parte da extensão do riacho Agon.

Os terraços fluviais são antigas planícies de inundação do rio, que foram abandonadas. Alguns são compostos por materiais relacionados à antiga planície de inundação, frequentemente chamados de terraços aluviais (Christoffoleti, 1980, p. 84). Ambos encontram-se acima do nível atual de inundação do rio. É um processo geomorfológico complexo que resulta da alternância entre períodos de agradação (deposição de sedimentos) e entalhamento (erosão vertical) pelo rio. Essa mudança ocorre, principalmente, devido a mudanças climáticas ou elevação do nível de base. No sentido oeste do município é nítida a ocorrência de superfícies marcadas por ondulações e áreas mais aplainadas, advindas de um processo de aplainamento (Figura 16).

Figura 16. Mapa Geomorfológico do município de Catolé do Rocha - PB.



Fonte: Autoral, a partir de dados SRTM/INPE, adaptado

Maia e Bezerra (2010. p.16) explicam que “o modelo de evolução da paisagem nordestina está baseado no fato que rampas de pedimentação estiveram submetidas a mudanças climáticas no Quaternário e a morfologia escalonada, como resposta a tectônica epirogênica.” Na região são observadas essas superfícies aplainadas (Figura 17).

Figura 17. Visão de superfícies aplainadas, morros e morrotes em Catolé do Rocha - PB.



Fonte: Autoral, 13 de junho de 2021.

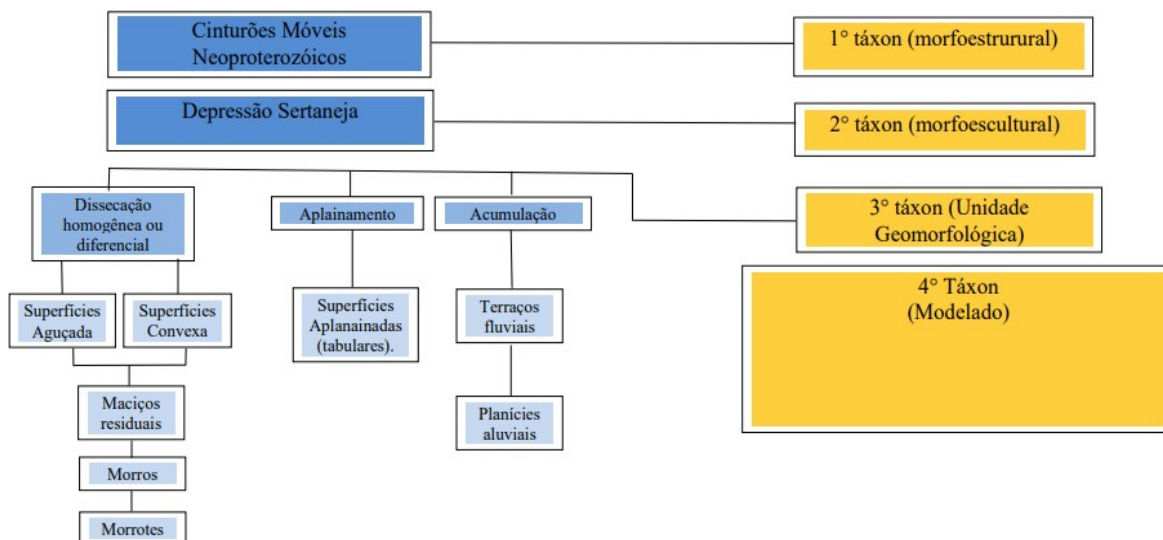
A CPRM (2005 p. 3) quando descreve o aspectos fisiográficos do município de Catolé do Rocha, cidade onde está maior parte da microbacia do Agon, explicita que:

A topografia apresenta predominantemente relevo ondulado a suavemente ondulado com declividade média à baixa, com exceção das áreas de relevo ondulado à fortemente ondulado e declividade elevada como ocorre à centro-oeste, nas serras do Coroatá, Cabeludo, João Dias, Biringue, São Gonçalo, Cumbe, Céu, Das Almas, Furna da Onça, e ,ao norte, na serra Pedro Alves (CPRM, 2005 p. 3)

Essas ondulações referidas são observáveis na ocorrência de serras residuais (além do Morros e Morretes) devido à resistência à erosão das rochas que as compõem, bem como os afloramentos desses corpos rochosos em forma de lajedos. Ou até mesmo solos mais rasos onde a erosão intensa expõe a rocha matriz.

Em resumo, na taxonomia do relevo da região, baseada na metodologia de Ross (1992), estão: os Cinturões Móveis Neoproterozoicos - 1º Táxon (Morfoestrutural); a Depressão Sertaneja Setentrional - 2º Táxon (Morfoescultural); 3º táxon (Unidade Geomorfológica): as superfícies de dissecção homogênea ou diferencial; as superfícies de aplainamento; e as superfícies de Acumulação. E como 4º taxon (Modelado): Superfícies aguçadas e convexas: Maciços Residuais, Morros e Morrotes; Superfícies aplainadas (tabulares); terraços fluviais e planícies aluviais (sistematizados na Figura 18).

Figura 18. Taxonomia do Relevo



Fonte: Autoral.

4.1.4 Recorte Fitogeográfico

A vegetação desempenha um papel crucial na manutenção das águas superficiais, na recarga e proteção dos aquíferos, pois proporciona um aumento da infiltração de água. As raízes criam canais no solo, aumentando sua porosidade e permitindo que a água da chuva se infiltre mais facilmente, em vez de escoar superficialmente. Isso se mostra essencial para reabastecer os lençóis freáticos e aquíferos.

As folhas e raízes ajudam também na proteção contra processos erosivos mais incisivos, como ravinamentos e sulcos. Portanto, em áreas sem vegetação, o solo fica exposto e compactado, diminuindo a infiltração e o potencial erosivo.

A cobertura vegetal é importante para a manutenção do fluxo de base, pois as águas subterrâneas, que são recarregadas pela infiltração facilitada pela vegetação, descarregando água nos rios, garantindo seu fluxo mesmo em períodos de estiagem (Martins Filho, 2013). Ou seja, a vegetação indiretamente ajuda a manter os rios perenes.

As plantas também auxiliam na regulação da temperatura do solo, pois a sombra da vegetação ajuda a manter o solo mais fresco, o que reduz a evaporação da água. Ela também desempenha um importante papel na redução da erosão do solo, pois o protege contra a erosão causada pela chuva e pelo vento. A cobertura do solo e as raízes das plantas fixam o solo, dificultando o transporte de sedimentos.

Além de proteger da erosão, a cobertura vegetal é responsável por reduzir a

velocidade do escoamento superficial: A vegetação diminui a velocidade com que a água da chuva escoar pela superfície, o que reduz o risco de enchentes e permite que mais água seja absorvida pelo solo ou chegue aos rios de forma gradual (Graeff, 2015).

A caatinga, vegetação presente na área de estudo, desempenha esse papel e tantos outros. É o único bioma exclusivamente brasileiro, entretanto, vem sendo paulatinamente degradado. O desmatamento na Caatinga é um processo complexo, impulsionado por uma série de fatores interligados. Estes estão associados a expansão da agropecuária, extração de madeira e lenha, muitas vezes de forma ilegal e insustentável, para uso doméstico e/ou comercial; crescimento urbano e infraestrutura; queimadas, a partir de fogo para limpeza de terrenos, seja para agropecuária ou por outros motivos, descontrola-se facilmente e causa grandes incêndios que destroem a vegetação nativa e empobrecem o solo (EMBRAPA - Semi-Árido, 2007).

A modelagem climática tem mostrado que a presença ou ausência da vegetação pode influenciar o clima regional. Essa análise sugere a existência de dois circuitos na caracterização climática regional: a circulação predominantemente horizontal das massas de ar na espessura da atmosfera e a circulação vertical dos fluxos de água e calor entre o solo, vegetação e a camada atmosférica. A problemática do desmatamento repercute de maneira significativa nas mudanças climáticas, pois a relação entre a cobertura vegetal e as massas de ar impacta a circulação atmosférica (Zavatini, 2000).

A caatinga, apesar de ser adaptada a secas prolongadas, assim como outros biomas, é vulnerável às mudanças climáticas. As previsões são de um clima mais quente e seco, o que agrava ainda mais a degradação e a perda de espécies. A Caatinga possui cerca de 40% da sua área degradada e 8% do solo é exposto e propenso a desertificação (INPE 2016 e MMA 2017).

No mapa de Uso e uso e cobertura do solo da microbacia do Agon, é possível perceber o quanto o desmatamento vem avançando na área. Sendo que o percentual de 0,30% Caatinga arbórea (78.996 m²), 69,86% Caatinga arbustiva (18.292.698 m²), 0,05% Caatinga herbácea e arbustiva (12.442 m²). Esses dados são espacializados no mapa de uso e cobertura do solo, (Figura 28) e tabulado com outras classes (Figura 29). Apesar de haver uma área considerável de caatinga, não se sabe exatamente se essa é vegetação nativa, ou em maior quantidade secundária, com espécies de fácil dispersão como a Jurema (*Mimosa tenuiflora*).

É possível perceber no mapa de uso e cobertura do solo que a área de nascente está amplamente degradada, principalmente para usos de agricultura e pastagem. Em

contrapartida, a conservação das matas de nascente e ciliares é citada como prioridade pela legislação brasileira. Das nascentes a Lei 14.653, de 2023, objetiva disciplinar a intervenção e a implantação de instalações necessárias à recuperação e à proteção de nascentes (Brasil, 2023). E em relação às matas ciliares o Código Florestal (Lei nº 12.651/2012) define essas áreas como Áreas de Preservação Permanente (APP), reforçando sua importância para a proteção dos recursos hídricos e o equilíbrio ambiental .

4.1.5 Organização Urbana

As terras que hoje constituem o município de Catolé do Rocha são marcadas por um genocídio dos primeiros habitantes da localidade, os povos indígenas seminômades dos Pegas, Coyacus e Cariris. Hoje é possível compreender um pouco do modo de vida desse povo a partir de gravuras rupestres, deixadas em lajedos na zona rural do município (Figura 19). Apesar de bastante desgastada pelo processo erosivo, sobretudo, esfoliação esferoidal, é sítio arqueológico de importância regional.

Esse genocídio aconteceu, sobretudo, pelo requerimento das sesmarias de três léguas de comprimentos por uma de largura. Comandadas pelos Garcias D'Ávila, Rocha Pita e os Oliveiras Ledo que povoaram, principalmente, a região do Riacho Agon. Os primeiros registros de fazendas de gado na região são de 1700, em 1774, foi construída a primeira capela dedicada a Nossa Senhora do Rosário. A autonomia administrativa da região começou em 1835, quando houve a criação da Vila de Catolé do Rocha , sob ordem da Lei Provincial nº 5, em 26 de maio. A vila federal de Catolé do Rocha em 1935, 100 anos depois, foi elevada a cidade pelo Decreto de 21 de janeiro de 1935.

A cidade de Catolé do Rocha surge às margens do Riacho Agon. Anterior a sua fundação, há histórias de que seu surgimento se daria em outra área, onde hoje está estabelecida a comunidade Nossa Senhora da Conceição. A comunidade foi povoada às margens de outro riacho e possui construções históricas, como a capela Nossa Senhora da Conceição (com data aproximada de 1730) e casarões históricos, que contam um pouco da história do município.

Entretanto, a ocupação que posteriormente levaria à fundação da cidade não ocorreu na atual Comunidade Conceição, nem no riacho da localidade. Em vez disso, deu-se às margens do riacho Agon, devido ao seu potencial hídrico. Portanto, o riacho Agon se mostra como mais de um importante recurso natural, mas também como um fator histórico. Ou seja,

a relevância do riacho Agon, sobretudo o potencial hídrico que oferecia na época, foi o principal fator que determinou a decisão da localização da fundação e desenvolvimento da cidade.

Figura 19. Gravuras rupestres no município de Catolé do Rocha - PB.



Fonte: autoral

Há consolidado na história do município a oferta de água pelo Agon até em momentos de estiagem, garantindo água para o desenvolvimento e sustentabilidade da comunidade que ali vivia. Logo, Catolé do Rocha, a cidade às margens do Agon continuou a crescer, sobretudo na margem direita do riacho, onde se encontram até hoje a maioria das sedes administrativas (como a Câmara de vereadores e a Prefeitura) e equipamentos públicos do município.

O Riacho Agon não é mais o principal fornecedor de água para a população da cidade. Atualmente o abastecimento acontece com as águas do rio Piranhas, coletadas na altura do município de Paulista - PB. Onde a água é captada pela adutora e levada até Catolé do Rocha por um sistema de bombeamento. Esse sistema requer uma capacidade de pressão hidráulica e de energia, quando uma dessas duas oscila, impacta o abastecimento da cidade. Alguns outros fatores dificultam a chegada da água até a cidade, um deles é o relevo

acidentado da região, que demanda ainda mais pressão hidráulica e essa é impactada pela irregularidade das chuvas, que repercute no nível do Rio Piranhas.

A adutora foi construída em 1980, desde então não houve expansão, mesmo a população tendo aumentado, saindo de 25.855 em 1980, segundo IBGE (1980), para 30.661 habitantes (IBGE, 2022). Ou seja, um aumento de cerca de 18,59% da população. Somados esses dois fatores - a expansão da cidade enquanto a adutora permanece com a mesma capacidade e as fragilidades com o bombeamento - revelam uma problemática no abastecimento coletivo (sistema de abastecimento de água para consumo humano - SAA), feito na cidade pela Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA).

A companhia optou por um sistema de rodízio entre os bairros da cidade, que são: Centro, Corrente, Batalhão, Tabajara, Noel Veras, Sandy Soares, Luzia Maia, Natanael Maia, João Pinheiro Dantas, Santa Clara, Várzea, Tancredo Neves, Padre Pedro Serrão, Jardim Elesbão Gonçalves, Liberdade, São Paulo I, II e III, Loteamento Dr. Benjamim, Loteamento João Serafim, e Loteamento Creuza Cortez Costa. Quando há qualquer problema no abastecimento causa distúrbio no sistema de rodízio, acarreta, conseqüentemente, em atrasos no abastecimento de alguns bairros.

Para evitar a dependência total da água vinda da adutora, a CAGEPA possui um poço no município que abastece a penitenciária da cidade e uma porção do bairro Tancredo Neves. No que diz respeito à zona rural, boa parte não possui abastecimento coletivo pela Companhia (SAA), mas encontra-se enquadradas na solução alternativa coletiva de abastecimento de água (SAC) e solução alternativa individual de abastecimento de água para consumo humano (SAI). Tendo como principal fornecedor de água os carros pipa, a partir do projeto Operação Carro Pipa, poços e açudes locais.

O saneamento básico apresenta algumas dificuldades, segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2020), 79,19% da população não têm acesso ao sistema de captação e tratamento de esgoto e a porcentagem da população com acesso a esse serviço na zona rural cai consideravelmente.

4.2 Microbacia do Riacho Agon

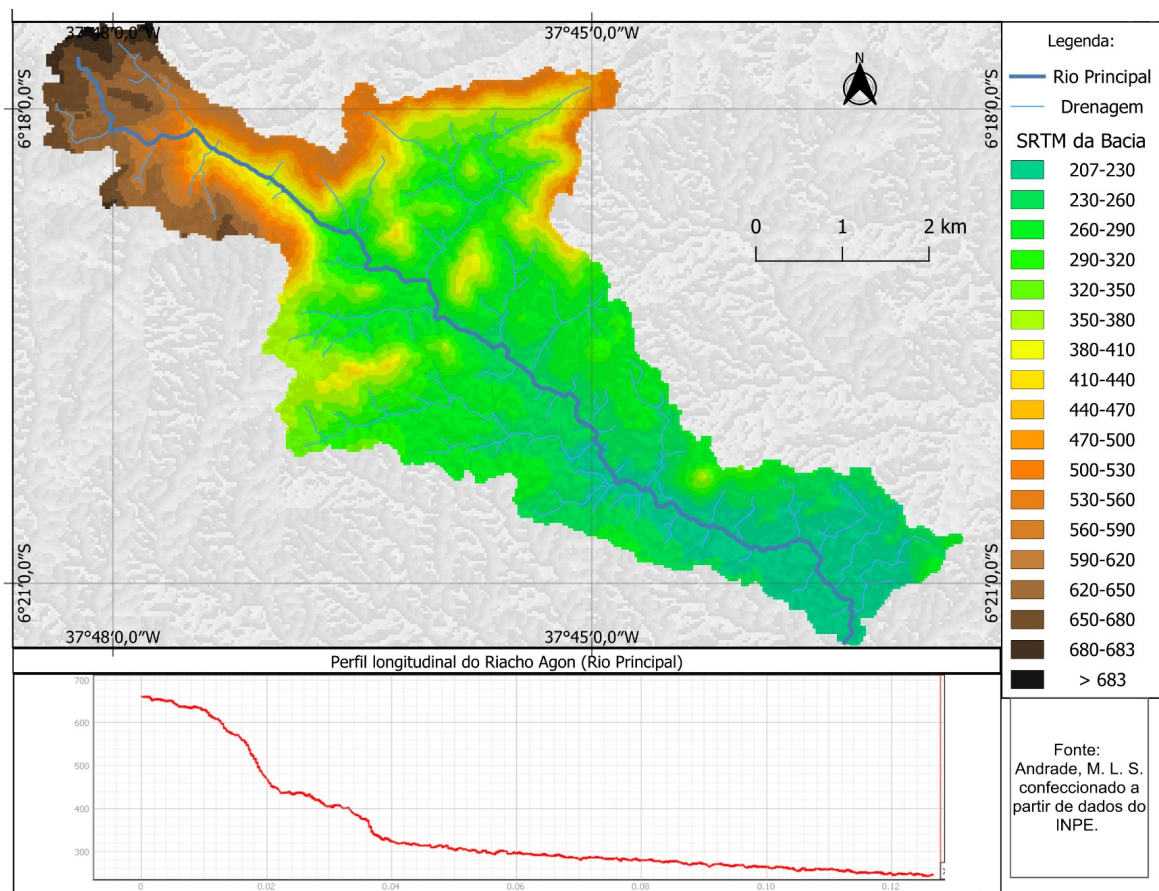
A microbacia do Riacho Agon possui sua maior parcela territorial no município de Catolé do Rocha - PB. O riacho está localizado na macrorregião hidrográfica do Nordeste oriental, na mesorregião Piancó-Piranhas-Açu e na microrregião do Médio curso do

Piranhas. Portanto, o riacho Agon pertence à bacia hidrográfica do Rio Piranhas. Essa é uma importante bacia para o Estado da Paraíba, e sobretudo para o sertão (AESA, 2004).

As águas do riacho Agon deságuam no leito do Riacho do Santíssimo, localizado ainda no município de Catolé do Rocha, e correm em direção ao município de Brejo do Cruz e deságua no Rio Piranhas. O Riacho tem sua nascente nas vertentes do conjunto de serras originados pelo batólito Catolé do Rocha (CRB), descrito no Recorte Geológico do município (item 4.4.2). Uma porção de sua nascente pertence ao município de João Dias - RN.

No mapa hipsométrico da microbacia (Figura 20), fica evidente a presença de vertentes abruptas a noroeste, que marcam a localização do batólito. É nessa área onde há a coalescência das águas, formando a nascente do riacho Agon, que então segue seu curso em direção à cidade.

Figura 20. Modelo de digital de elevação da microbacia do riacho Agon.

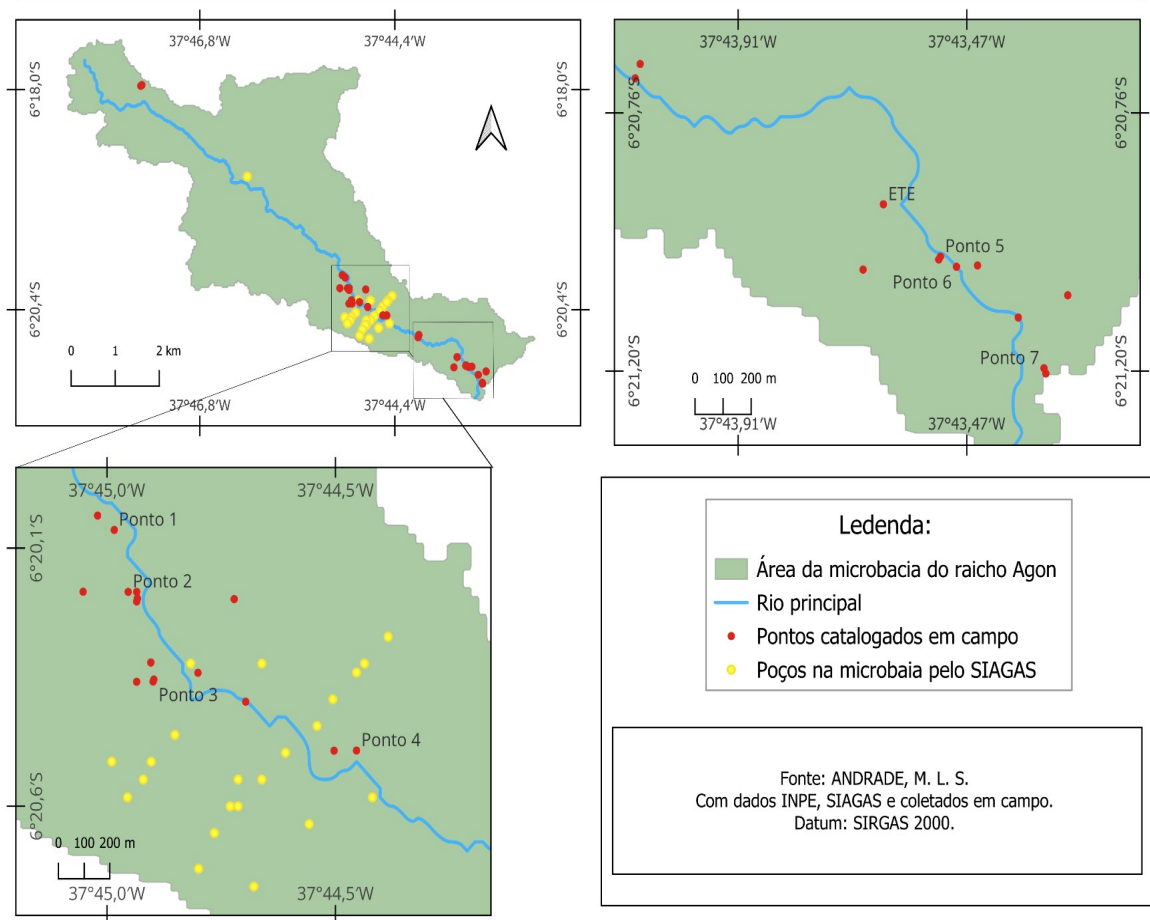


Fonte: Autoral, confeccionada a partir de dados do INPE.

As cotas de altitude da bacia variam de um mínimo de 207,65 metros a um máximo de 683,10 metros. As porções mais elevadas da bacia são áreas formadas por rochas graníticas aflorantes. Essas rochas, que compõem o batólito, são resistentes à erosão e formam as vertentes elevadas e íngremes, onde se localiza a nascente do Agon. O comprimento do rio é de cerca de 14,140 km e a área da bacia possui aproximadamente 26,186 km².

As áreas mais rebaixadas da bacia são caracterizadas pela presença de aluviões, que são depósitos sedimentares formados pela ação da água do Riacho Agon. Ali abrigasse também o aquífero, uma fonte de água para a cidade, principalmente pelo uso para abastecimento, a partir da captação a partir de poços escavados (Figura 21), característicos de cacimbão: com diâmetro superior a inferior a 5 m e revestimento parcial ou total em sua parede (Vasconcelos, 2015).

Figura 21. Mapa de poços na microbacia do riacho Agon.



Fonte: Autoral e de dados do SIAGAS/SBG.

Os poços nos Pontos 1, 2 e 3 são do tipo Cacimbão, com profundidade entre 11 e 13 m. São poços ativos, sendo os pontos 1 e 2 utilizados para o abastecimento de carros pipa, algumas áreas irrigáveis e abastecimento doméstico, se encaixando como SAC - solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano - e SAI - solução alternativa individual de abastecimento de água para consumo humano. O ponto 3, sob gerenciamento da CAGEPA, é uma responsável por parcela do abastecimento do município, ou seja, é parte do sistema de abastecimento de água para consumo humano.

Ao passar pela área urbana, mas especificamente o centro da cidade, o riacho Agon é canalizado. Infelizmente, observa-se ao longo dessa canalização a ocorrência de lançamentos de esgoto *in natura*. Essa problemática foi evidenciada em estudos como o de Garrido et al. (2012) e Dantas (2008), em que ambos se debruçaram sobre a qualidade da água encontrada na época de suas pesquisas. Os autores salientaram o lançamento de efluentes direto no canal do riacho.

Após essa canalização, a “água” do riacho passa a aflorar em alguns pontos, de maneira quase que perene. É onde se encontra o ponto 4, situado ao lado do monte Tabor, um maciço residual às margens do riacho Agon. Esse maciço contribui para a captação da água da chuva que escoam pelas suas vertentes. Isso resulta em maior disponibilidade hídrica para a vegetação do sopé, o que influencia na permanência de caatinga arbórea.

Mais abaixo no curso do riacho, à jusante do ponto 4 e próximo à foz, observa-se a construção de diversos poços. Dentre eles, destacam-se aqueles localizados na Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), dentro do campus, cerca de 7 poços. Desses foram escolhidos dois para análise, sendo representados pelos pontos 5 e 7. Atualmente, são amplamente utilizados para agricultura e dessedentação animal. Embora já tenha sido utilizada como fonte de água para consumo humano, na atualidade, a qualidade revela a inviabilidade de seu uso para consumo humano.

O ponto 6, também encontra-se na área pertencente à UEPB, entretanto, é de natureza superficial. A água é utilizada para agricultura e, assim como os pontos 5 e 7, se mostra inviável para consumo humano. Há várias fontes potenciais de contaminação a montante, principalmente os efluentes domésticos, comerciais (ocupação urbana sem esgotamento sanitário, postos de gasolina, oficinas e lava jatos) e a estação de efluentes da CAGEPA. É possível perceber a distribuição dessa área urbanizada, a localização dos pontos de coleta e Estação de Tratamento no Mapa Síntese (Figura 28).

Essa caracterização dos pontos de coleta fornece o contexto necessário para a

interpretação dos parâmetros físico-químicos e biológicos da área. Tais elementos serão detalhadamente analisados no capítulo Resultados e Discussões.

4.3 Qualidade da água e contaminação

Os resultados aqui apresentados são o produto da caracterização ambiental da microbacia do Riacho Agon, interconectada com as observações dos quatro campos desenvolvidos durante a pesquisa e que incluíram a coleta e análise laboratorial das amostras de água dos 7 pontos definidos, mais a amostra de efluente.

Do que foi coletado, a partir do levantamento bibliográfico e da caracterização, encontra-se no capítulo 4, com discussão acerca das condições ambientais, tais como: clima, geologia, geomorfologia e dinâmica urbana.

Esse levantamento delimita a microbacia do Riacho Agon com 26,186 km², com altitude de que variam de 207,65 metros a 683,10 metros. Marcadas por rochas do embasamento cristalino, com forte ocorrência de granitos e gnaisses de Proterozoica e Neoproterozoica e Depósitos aluvionares: areias, cascalhos e argilas, de idade Cenozóica e Quaternária.

Uma estrutura importante para microbacia do Agon é o batólito Catolé do Rocha. A nascente do riacho Agon tem sua origem na coalescência das águas das vertentes na área sudeste do batólito. A competência fluvial do riacho Agon e a disponibilidade de material do batólito, foi essencial para a construção dos aluviões que hoje compõem o aquífero da microbacia, pois existem geoindicadores de que o Agon poderia ter maior fluxo no passado (como os terraços fluviais). Essas mudanças de regime do rio podem ter acontecido por algumas variáveis, incluindo a mudança climática sofrida na região, ajustes no nível de base da microbacia, por vezes associados também ao movimento lateral de canal. Entretanto, são necessários estudos mais aprofundados para detalhar essas mudanças.

No que diz respeito às condições climáticas atuais, são marcadas pelos períodos chuvosos e de estiagem, conforme aprofundado no capítulo 4, e também irregularidades interanuais. A alternância entre as estações chuvosas e secas, e entre os anos muito secos e muito chuvosos é o verdadeiro ritmo que define a geografia climática, não só da microbacia do Agon, mas de uma boa parcela do semiárido.

Essa alternância molda a disponibilidade hídrica, o fluxo dos rios e aquíferos. O Semiárido brasileiro é sim um dos mais chuvosos do mundo, na área da pesquisa, por exemplo, há chuvas em torno de 800 mm/ano. A maior questão encontra-se na falta ou na

dimensão baixa dos aquíferos, pouca capacidade de armazenamento dos escassos ou pequenas manchas aquíferas. Essas manchas de aquíferos de boa qualidade, em geral se encontram nas várzeas ou depósitos de sedimentos arenosos nas margens ou em torno dos rios de maior classe.

Associada a essas áreas de disponibilidade de água, há um processo de superexploração dos recursos hídricos, incluindo o caso da microbacia do Agon. A própria localização do aquífero, que encontra-se no perímetro da cidade de Catolé do Rocha, somado ao constante rodízio no sistema de abastecimento público, colaboram para essa superexploração.

O aquífero tem como característica ser de tipo livre, com gênese de aluviões. O poço mais profundo mapeado chega a 13 metros de profundidade, chegando ao topo de rochas graníticas nessa profundidade.

A água superficial é pouco explorada devido a diminuição do fluxo do riacho e sua contaminação vista a olho nu. Parte da poluição advém das fossas, descarte inadequado de lixo e efluentes advindos de galeria pluviais, que embora sejam destinados a drenar água da chuva, constantemente são utilizadas para drenagem de efluentes, sobretudo, domésticos. Essas condições foram observadas nos campos realizados durante a pesquisa. Estes foram feitos nos meses de Janeiro, Maio, Julho e Setembro.

No que diz respeito à distribuição da água no município, a Vazão da adutora que abastece a cidade de Catolé do Rocha tem vazão máxima de 216 m³/por hora, e foi construída na década de 1980. Há uma diminuição desse volume com o tempo devido ao uso intensivo das bombas necessárias para trazer a água do município de Paulista - PB, onde há captação da água do Rio Piranhas, chegando a operação de cerca de 190 m³/por hora, atualmente. O transporte da água é feito por um sistema de bombeamento.

A cidade é dividida por setores e muitas vezes a pressão da água não chega com muita força devido a dificuldade com o relevo ondulado da cidade. Devido a esses desafios, constantemente a população é abastecida por água subterrânea da microbacia do riacho Agon. A principal forma de coleta são os carros pipas: operados de maneira particular ou pública (prefeitura), geralmente, sem o tratamento prévio antes da distribuição. Há captação da água subterrânea do aquífero do Agon pela CAGEPA, que tem um poço na área da microbacia do Agon, que faz a cloração da água para distribuição. Com o objetivo de avaliar a qualidade da água que abastece a população nessas condições, os resultados dos laudos laboratoriais estão detalhados na Tabela 7.

A análise desses parâmetros laboratoriais integram parte da representação e da explicação da situação hídrica local e na data em que foram feitas as coletas das amostras. Contudo, para compreender as razões pelas quais esses contaminantes atingem o reservatório, se faz necessário investigar as características intrínsecas do meio físico, etapa que será abordada a seguir por meio da avaliação da vulnerabilidade aquífera, no próximo tópico.

4.4 Avaliação da Vulnerabilidade Aquífera

O método utilizado na pesquisa para calcular a vulnerabilidade foi o GOD⁵ (Hirata e Foster, 1988). Ele é um dos métodos mais utilizados atualmente, busca avaliar a vulnerabilidade natural de aquíferos à contaminação e funciona atribuindo um valor (um índice) a cada um dos parâmetros avaliados. O índice final de vulnerabilidade é obtido pela multiplicação desses três valores, e o resultado classifica o aquífero em diferentes classes de vulnerabilidade: insignificante de 0-0,1, baixa de 0,1-0,3; média: 0,3-0,5; alta: 0,5-0,7 e extrema: 0,7-1. Onde o valor 1 representa a alta vulnerabilidade (ou seja, mínima proteção).

O parâmetro “G” (Groundwater occurrence) refere ao grau de confinamento do aquífero. Na microbacia do riacho Agon trata-se de aquífero livre, para essa ocorrência se atribui o valor 1,0. Acerca da litologia “O” (Overall Lithology), a microbacia está situada em areias e cascalhos de formações magmáticas e/ou metamórficas antigas, sendo atribuído a essa característica o valor de 0,7. No “D” (Depth to groundwater table), que se refere à distância da superfície do terreno ao aquífero. O aquífero pesquisado encontra-se entre 5 e 20 metros, sendo classificado com 0,8 no método. Aplicando esses valores a fórmula:

$$GOD = G \times O \times D$$

$$GOD = 1,0 \times 0,7 \times 0,8$$

$$GOD = 0,56$$

Portanto, o grau de vulnerabilidade aquífera da área de aluvião da microbacia do riacho Agon é de aproximadamente de 0.56. Esse número significa um grau de vulnerabilidade Alto, segundo o método GOD. Isso representa uma proteção natural baixa, quando comparadas a aquíferos confinados ou semiconfinados, pois as condições naturais

⁵ Conforme o procedimento indicado na metodologia no tópico 3.1.5, tabela 5 e página 65.

do aquífero estudado nessa pesquisa oferecem poucas barreiras eficazes contra poluentes antrópicos.

Portanto, o risco de contaminação tende a ser mais rápido, quando comparado aos aquíferos mais profundos. Pois os contaminantes lançados na superfície têm um caminho de trânsito relativamente rápido para alcançar o lençol freático, com pouco tempo para que processos naturais (como filtração, diluição ou degradação) atenuem a poluição.

Nas áreas classificadas como de alta vulnerabilidade, é crucial que os órgãos ambientais e gestores de recursos hídricos estabeleçam medidas de controle sobre o uso e ocupação do solo, necessidade de restringir ou diminuir atividades de potencial contaminação e a exigência de sistemas de tratamento eficazes.

Portanto, 0.56 alerta para um risco alto de contaminação. É um índice que exige atenção ao planejamento e fiscalização de atividades na microbacia do Agon que possam gerar efluentes ou resíduos na superfície. No entanto, a medição do nível de contaminação é possível através da análise da água e da avaliação baseada na legislação brasileira vigente, com ênfase na Portaria GM/MS nº 888/2021 e na Resolução nº 357/2005 e nº 396/2008 do CONAMA.

4.5 Analisando resultados de acordo com a Portaria GM/MS nº 888/2021

A tabela síntese dos resultados dos laudos das amostras de água (Tabela 7), que analisou os parâmetros físico-químicos e microbiológicos, em comparação com a Portaria GM/MS nº 888/2021, revela que todas as amostras estão em não conformidade para consumo humano, seja por contaminação microbiológica, alterações físico-químicas, ou ambas.

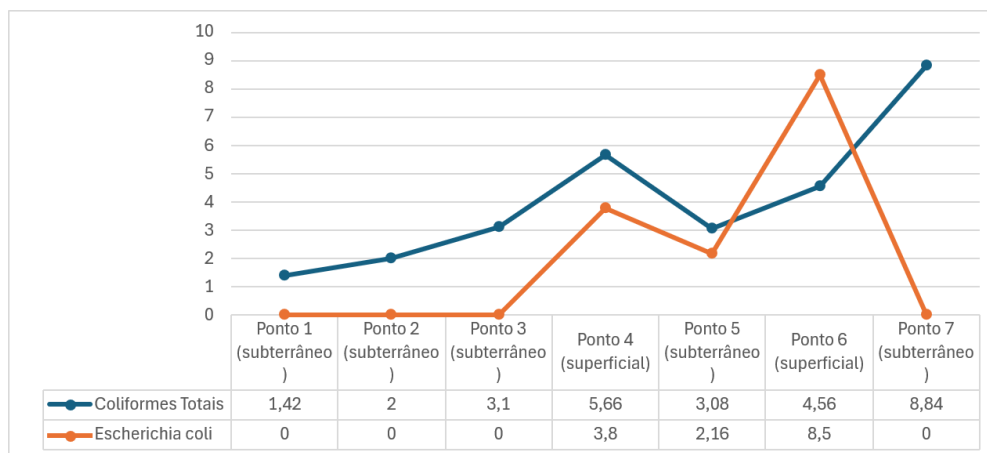
Tabela 7: Síntese dos resultados dos laudos das amostras de água.

Parâmetro	Unid.	VMP (Portaria GM/M SN 888/21)	Ponto 1 (subterrâneo)	Ponto 2 (subterrâneo)	Ponto 3 (subterrâneo)	Ponto 4 (superficial)	Ponto 5 (subterrâneo)	Ponto 6 (superficial)	Ponto 7 (subterrâneo)
Temperatura	°C	–	29,5	29,4 °C	26,5	23,0	17,6	19,4	17,7
Físico-Químico									
pH	–	6,0-9,0	6,28	6,23	6,41	7,24	7,28	7,69	7,18
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/L	500	165,9	338,01	427,61	460,79	525,93	650,42	534,72
Turbidez	NTU	5	0,16	0,09	0,33	4,82	0,58	63,9	10,69
Cloreto	mg/L	250	50,06	116,75	140,09	143,39	189,57	195,12	188,41
Dureza Total	mg/L	300	78,62	172,09	221,34	186,73	162,28	167,18	201,67
Nitrato (N-NO ₃)	mg/L	10	14,73	44,57	7,68	0,67	6,88	1,53	0,45
Nitrito (N-NO ₂)	mh/L	1	0,02	0,03	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02
Sódio	mg/L	200	34,91	81,75	96,37	95,72	132,94	144,38	129,68
Sulfato	mg/L	250	7,18	13,11	22,18	30,91	17,59	28,90	9,38
Microbiológico									
Coliformes Totais	UFC/100ml	Ausência	1,42×10²	2×10²	3,1×10²	5,66×10²	3,08×10²	4,56×10²	8,84×10²
<i>Escherichia coli</i>	UFC/100ml	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	3,8×10¹	2,16×10²	8,5×10²	Ausência

Fonte: Autoral, com dados coletados em campo e dos laudos.

A não conformidade mais crítica é a contaminação microbiológica, presente nas sete amostras analisadas. Pois em todas as amostras apresentaram resultados positivos para Coliformes Totais, com valores variando de 1,42 UFC/100ml a 8,84 UFC/100ml. Aumentando de montante para jusante de maneira significativa (Figura 22).

Figura 22. Relação da distribuição microbiológica das amostras coletadas na microbacia do Agon, em UFC/100ml.



Fonte: Autoral, com dados obtidos nos laudos da análise microbiológica.

A Portaria 888/2021 do Ministério da Saúde exige que as águas para consumo humano devem ter a ausência de coliformes em 100 ml para água potável. A presença desses organismos é um forte indicativo de contaminação fecal, embora não confirme a presença de patógenos específicos. No entanto, é um alerta sanitário e é importante que haja tratamento e desinfecção primária. A desinfecção primária tem o foco na inativação de microrganismos patogênicos, principalmente na redução da carga microbiológica, como bactérias, vírus e protozoários.

Por outro lado, a *Escherichia coli* esteve presente nas amostras dos pontos 4, 5 e 6. É importante ressaltar que a natureza dessa do ponto 5 é subterrânea, que embora a subterrânea seja mais propensa à contaminação química, nitrato e nitrito, contém um alto índice de contaminação por *E. Coli*. O ponto 5, assim como o ponto 4 (que também apresenta *E. Coli*), estão em uma posição de muita proximidade da área urbanizada, e proximidade do canal.

Nos pontos, 4, 5 e 6, as fontes potencialmente poluidoras mais evidentes são os poluentes da cidade concomitante aos efluentes da estação de tratamento da CAGEPA. A contaminação por *Escherichia coli* é mais amplamente explicada nesses pontos por um deles amostras estarem a jusante da canalização do Riacho Agon, onde há pontos de lançamento de esgoto *in natura*, via galerias pluviais utilizadas de maneira inadequada (Figura 23).

Figura 23. Fotografias de efluente sendo despejado e lixos descartados no canal.



Fonte: Autoral.

O que indica ser efluente no ponto da Figura 23 se deve ao fato de que durante os dias antecedentes à fotografia não houve precipitação na área. Outra questão é o mau cheiro evidente que se sobressai, e a paisagem é marcada por uma urbanização bem acentuada. Ao lado do canal, há fontes potencialmente poluidoras como, postos de gasolina, oficinas mecânicas, casas e comércios, produzindo outros contaminantes potenciais.

A presença de *E. Coli.* é um indicador que confirma a contaminação por esgotos domésticos, particularmente de dejetos humanos, que podem conter bactérias, vírus e protozoários causadores de doenças e representa um risco elevado à saúde pública (como cólera, esquistossomose, leptospirose, etc).

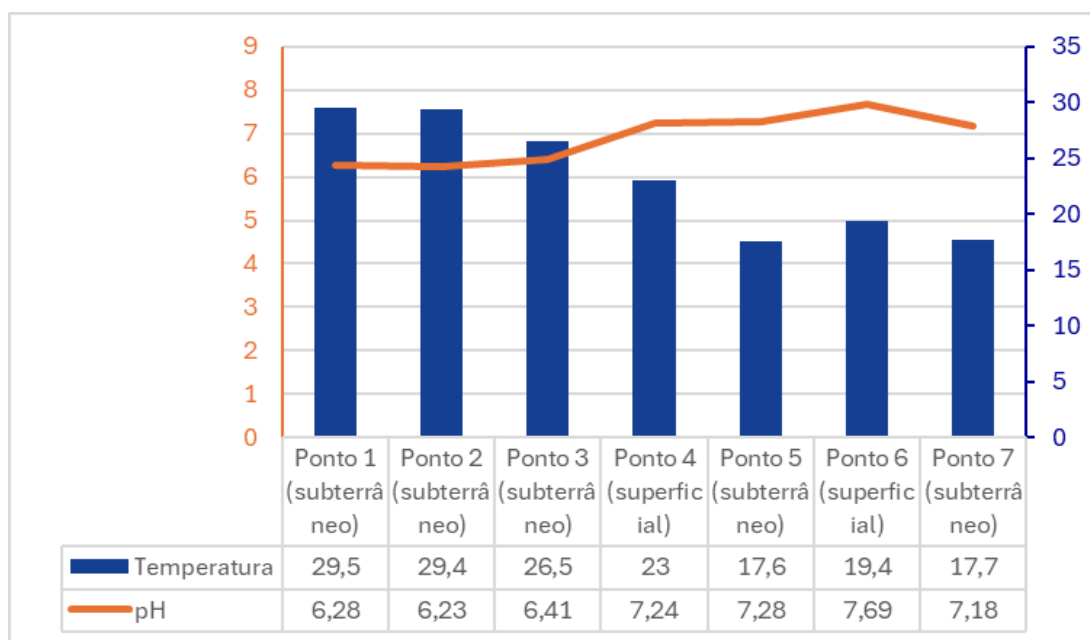
É importante que se façam mais pesquisas que estejam voltadas a mapear e analisar as fontes potencialmente contaminantes na área da microbacia. Sobretudo, com atenção especial a esse parâmetro, pois boa parte da cidade (cerca de 79,19%, SNIS, 2020) não tem esgotamento sanitário, reverberando no aumento desse parâmetro na água do aquífero, do rio e no solo.

A temperatura é um parâmetro importante de ser estudado. Apesar de não ser determinada na Portaria a temperatura, ela interfere de maneira significativa nos parâmetros

microbiológicos como os organismos do grupo Coliformes termotolerantes e dos Coliformes Totais, incluem bactérias que possuem capacidade de reproduzir a temperatura de 35–37 °C. A relação observada no gráfico de temperatura e pH (Figura 24) sugere uma condição favorável para a ocorrência dessas bactérias.

Na Figura 24 é possível observar outro dado importante, o aumento do pH com a diminuição da temperatura. Isso é natural de soluções aquosas, não significa nenhum tipo de contaminação, mas interfere na dissolução de contaminantes e decomposição de matéria orgânica, por exemplo.

Figura 24. Relação Temperatura (°C) e pH das amostras coletadas na microbacia do riacho Agon.



Fonte: Autoral, com dados dos laudos das amostras coletadas nos pontos pré-estabelecidos.

A maior temperatura foi a do ponto 1, com 29,5 °C, enquanto a menor foi observada no ponto 7, com 17,7 °C. Em relação ao pH, o ponto 1 apresentou o valor mais básico (6,28), e o ponto 7 o mais ácido (7,18). Isso acontece quando a temperatura da água está mais baixa, ela se auto ioniza menos, resultando em menor concentração de íons H + e, conseqüentemente, um pH mais alto (Cunha e Reis, 2010).

Em relação aos parâmetros físicos e Químicos, alguns excederam os limites permitidos pela Portaria 888/2021 do Ministério da Saúde. Os Sólidos Totais Dissolvidos (STD), possuem amostras que estão em conformidade com as normas do Ministério da Saúde. Estes são os pontos de 1, 2, 3 e 4 (com resultado de 165,9; 338,01; 427,61 e 460,79; respectivamente). Nas outras três amostras, 5, 6 e 7 apresentaram níveis de STD acima do

VMP de 500 mg/L (534,72; 650,42 e 525,93; respectivamente). Indicando uma alta concentração de minerais, sais ou matéria orgânica dissolvida na água ou em suspensão. O resultado de 650,42 mg/L na amostra do ponto 6 (Figura 25) é o mais elevado.

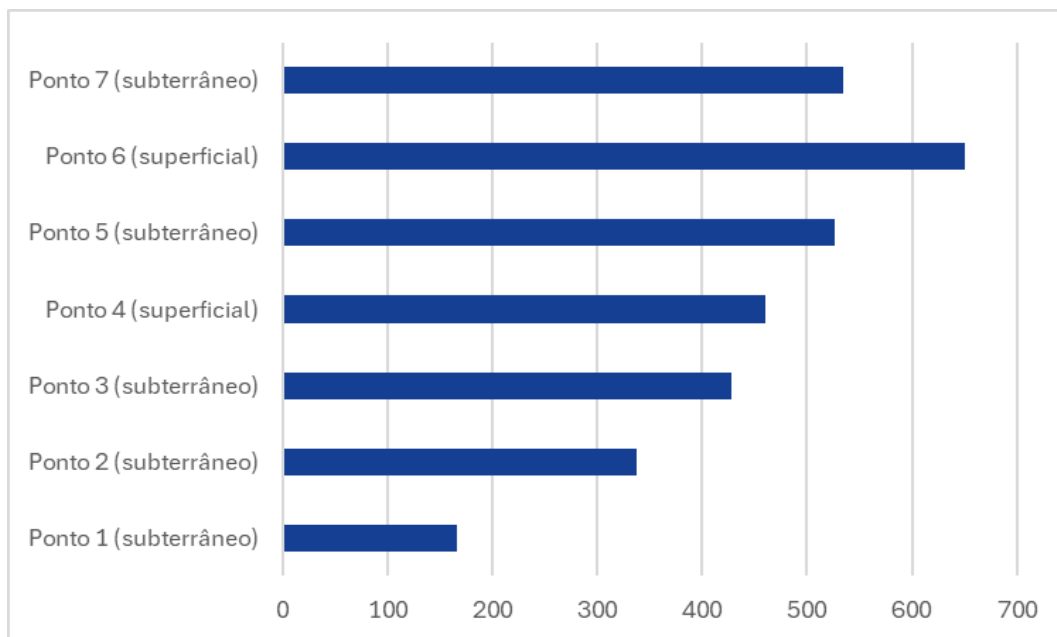
Figura 25. Fotografia da passagem do riacho Agon no Campus da UEPB.



Fonte: Autoral.

A tendência é de aumento de sólidos dissolvidos totais de montante para jusante exceto nesse ponto 6, que foram contabilizados **650,42 mg/L**, para o ponto 7 que seria mais jusante, contabilizando **534,72 mg/L**. Ou seja, esse parâmetro encontra-se com valor maior que o posterior a ele, o ponto 7 (Figura 26).

Figura 26. Gráfico dos índices de Os sólidos totais dissolvidos (STD) das amostras coletadas na microbacia do Agon em mg/L.



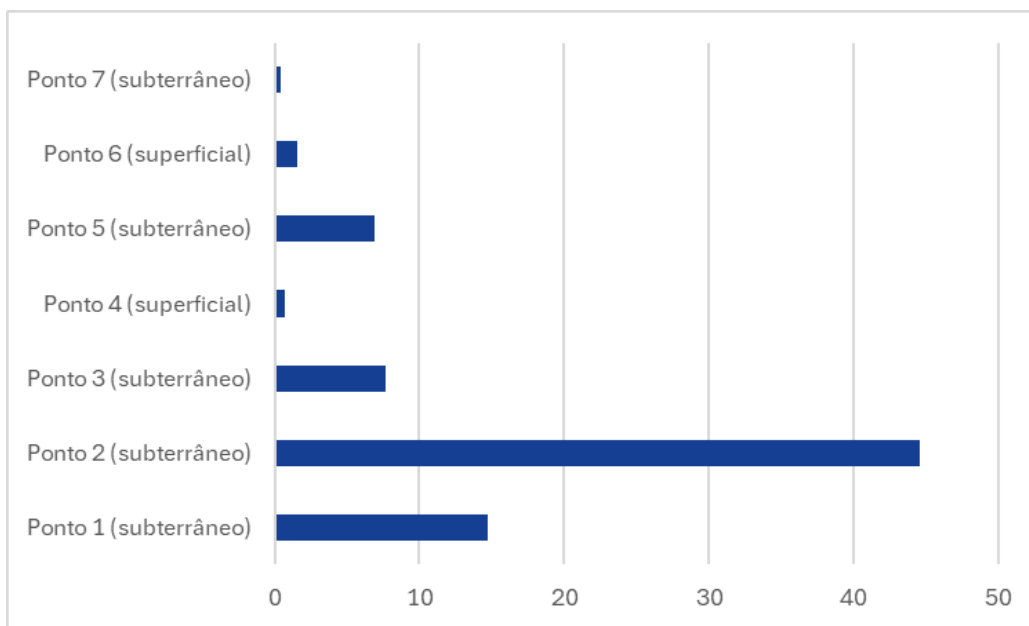
Fonte: Autoral, com dados obtidos nos laudos de análise físico química.

Enquanto os Sólidos dissolvidos é um parâmetro físico que mede a concentração total de substâncias dissolvidas na água, a turbidez é um parâmetro físico que mede o grau de opacidade, em geral são parâmetros que podem estar associados. Nas amostras coletadas, a turbidez da água do ponto 6 e 7 está significativamente acima do VMP de 5,0 uT, chegando a valores de 63,90 NTU e 10,69 uT, respectivamente. Esse é um parâmetro que aumenta de montante para jusante, seguindo uma tendência semelhante aos anteriormente citados.

A alta turbidez pode proteger microrganismos de alguns desinfetantes, como, por exemplo, do cloro, que é um importante componente utilizado para auxiliar na melhoria da qualidade microbiológica da água distribuída. A turbidez também pode estar associada a outros contaminantes, dependendo dos resultados de outros parâmetros.

No que diz respeito ao Nitrato (Figura 27), as amostras dos pontos 2 e 1 mostraram níveis de nitrato de 44,57 mg/L e 14,73 mg/L, respectivamente. Ambos estão muito acima do limite de 10,00 ppm, designado pela portaria 888/2021 do Ministério da Saúde. O nitrato elevado na água é um indicador de poluição por esgoto, fertilizantes ou resíduos de animais e pode ser perigoso para a saúde, especialmente em bebês, causando a "síndrome do bebê azul" (meta-hemoglobinemia).

Figura 27. Gráfico dos índices de Nitrato das amostras coletadas na microbacia do Agon.



Fonte: Autoral, com dados obtidos nos laudos de análise físico química.

Esses pontos são poços encontrados próximos a áreas residenciais em um setor em que o esgotamento não está totalmente regularizado. O que leva boa parte da população à construção de fossas sépticas e rudimentares. Essas, apesar de se mostrarem como uma forma primária de contenção de carga contaminante ao aquífero, muitas vezes não são construídas de maneira adequada, ou em não conformidade com as normas da NBR 7229/1997, ou não estão com manutenção atualizada. Por isso, constantemente se apresentam como fontes potenciais de contaminação, como é o caso dessa área.

O nitrato quando associado a parâmetros, como os coliformes fecais, reforçam a evidência de contaminação por esgoto, caso do ponto 1 e 2. Vale ressaltar, a proximidade do Valor Máximo Permitido de Nitrato nos pontos 3 e 6 e que também apresentam coliformes totais, o que pode indicar que a pluma contaminante de nitrato não esteja tão avançada nesse setor.

As concentrações de nitrito indicam, mesmo em baixos teores, contaminação recente. Isso é relevante nos pontos que exibem elevadas concentrações de nitrato, sugerindo a evolução do ciclo do nitrogênio no meio hidrogeológico, o que pode indicar a carga contaminante continuamente depositada. Ou seja, tem as duas fases da evolução do ciclo de nitrogênio, a carga de nitrito já se transformou em nitrato e está diluído em água.

Nos demais parâmetros (Sódio e Sulfato) estão em conformidade com a portaria 888/2021 do Ministério da Saúde. No entanto, é importante ressaltar que a data de coleta das

amostras, 28/07/2025, é um período próximo ao término da estação chuvosa. Logo, ainda há uma boa disponibilidade de água no sistema, o que reverbera na dissolução de alguns contaminantes, sais, material orgânico e etc.

Portanto, é indicado se fazer um estudos mais aprofundados sobre esses parâmetros em outros períodos, como por exemplo de julho a dezembro, onde há a predominância de sistemas atuantes que não viabilizam a precipitação na microbacia.

No entanto, ao destacar o cenário que se releva: evidencia-se um padrão de aumento dos valores medidos dos parâmetros de montante para jusante. Ou seja, esse comportamento indica o acréscimo de carga contaminante das nascentes para a foz do rio.

Com base nisso, os dados coletados serão agora analisados de acordo com os critérios estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 e nº 396/2008, que estabelece diretrizes para análise da contaminação da água com ênfase na questão ambiental.

4.6 Analisando resultados de acordo com CONAMA: Resolução nº 357/2005 e 396/2008.

O CONAMA designou o enquadramento das águas País adotando uma classificação de águas na Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. A classificação de corpos de água (Tabela 1) adequada à água do riacho encontra-se nas águas doces, na classe 2, tendo em visto que ele ainda não foi devidamente catalogado pelo comitê. Nesse caso o CONAMA sugere o uso da classe dois para análises (Brasil, 2005). Portanto, a análise das águas superficiais (Tabela 8) serão baseada nos padrões de qualidade da classe 2 de água doces.

A resolução CONAMA nº 396 de 3 de abril de 2008, adota usos para as águas subterrâneas para compreender e estabelecer parâmetros a partir de seus usos. No caso da pesquisa, as amostras coletadas (de origem subterrânea) são, em sua maioria, para uso humano. Portanto, os parâmetros de referência analisados dizem respeito às diretrizes atribuídas à água subterrânea para consumo humano (Tabela 8).

Tabela 8: Síntese dos resultados dos laudos das amostras de água, CONAMA 357 e 396.

Parâmetros	CONAMA 357/2005 Classe 2	CONAMA 396/2008 (Uso humano)	Ponto 1 (subterrâneo) (Res. N°396)	Ponto 2 (subterrâneo) (Res. N°396)	Ponto 3 (subterrâneo) (Res. N°396)	Ponto 4 (superficial) (Res. N°357)	Ponto 5 (subterrâneo) (Res. N°396)	Ponto 6 (superficial) (Res. N°357)	Ponto 7 (subterrâneo) (Res. N°396)
Temperatura	°C	-	29,5	29,4 °C	26,5	23,0	17,6	19,4	17,7
Físico-Químico									
pH	-	6,0-9,0	6,28	6,23	6,41	7,24	7,28	7,69	7,18
Sólidos Totais Dissolvidos	500 mg/L	1,000 mg/L	165,9	338,01	427,61	460,79	525,93	650,42	534,72
Turbidez	40 UNT	40 UNT (Classe 2)	0,16	0,09	0,33	4,82	0,58	63,9	10,69
Cloreto	250 mg/L	250 mg/L	50,06	116,75	140,09	143,39	189,57	195,12	188,41
Dureza Total	mg/L	300	78,62	172,09	221,34	186,73	162,28	167,18	201,67
Nitrato (N-NO ₃)	10 mg/L	10 mg/L	14,73	44,57	7,68	0,67	6,88	1,53	0,45
Nitrito (N-NO ₂)	1 mg/L	1 mg/L	0,02	0,03	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02
Sódio	-	200 mg/L	34,91	81,75	96,37	95,72	132,94	144,38	129,68
Sulfato	250 mg/L	250 mg/L	7,18	13,11	22,18	30,91	17,59	28,90	9,38
Microbiológico									
Coliformes Totais	-	Ausência	1,42×10 ²	2×10 ²	3,1×10 ²	5,66×10 ²	3,08×10 ²	4,56×10 ₂	8,84×10 ²
<i>Escherichia coli</i>	1 UFC/100ml	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	3,8×10 ¹	2,16×10 ²	8,5×10 ²	Ausência

Fonte: Autoral, com dados coletados em campo e dos laudos.

Embora os Valores Máximos Permitidos (VMPs) para cada parâmetro sejam muito semelhantes entre as diretrizes estabelecidas pela Portaria 888/2021 do Ministério da Saúde, no documento do CONAMA, na resolução n°357, alguns dos VMPs listados na portaria não possuem referência correspondente na resolução CONAMA. Os pontos 4 e 6 se encaixam na análise dessa portaria pois são de origem superficial. Os principais parâmetros fora do enquadramento são: Turbidez, na amostra do ponto 6, com 63,9 UNT; e nos Sólidos Totais Dissolvidos: 650,42 mg/L na amostra do ponto 6. No ponto 4 e 6 há a ocorrência de *E. Coli*, nos valores de 3,8 UFC/100 ml e 8,5 UFC/100 ml respectivamente, mantendo-se fora do enquadramento proposto pelo CONAMA.

Neste estudo foram analisados os pontos 1, 2, 3, 5 e 7, que são de natureza subterrânea, de acordo com a Resolução nº 396. A contaminação mais expressiva mostrada pelos laudos é a contaminação por Coliformes Totais em todas as amostras, bem como a contaminação por Nitrato nos pontos 1 e 2, com valores de 14,73 UNT e 44,57 UNT, respectivamente.

Apesar de diretrizes menos rigorosas que a portaria 888/2021 do Ministério da Saúde, as Resoluções CONAMA nº 357/2005 e nº 396/2008, revela que a água não encontra-se nas condições adequadas. Assim como na análise da portaria do Ministério da Saúde, é importante salientar que houve um padrão de aumento dos valores dos parâmetros de montante para jusante, que se aproximam dos valores limites do CONAMA. Esse comportamento sugere o acréscimo de carga contaminante à medida que toma-se a direção da foz. A distribuição espacial desses parâmetros será melhor detalhada no Mapa Síntese, no próximo tópico.

4.7 Mapa Síntese: estabelecendo correlações

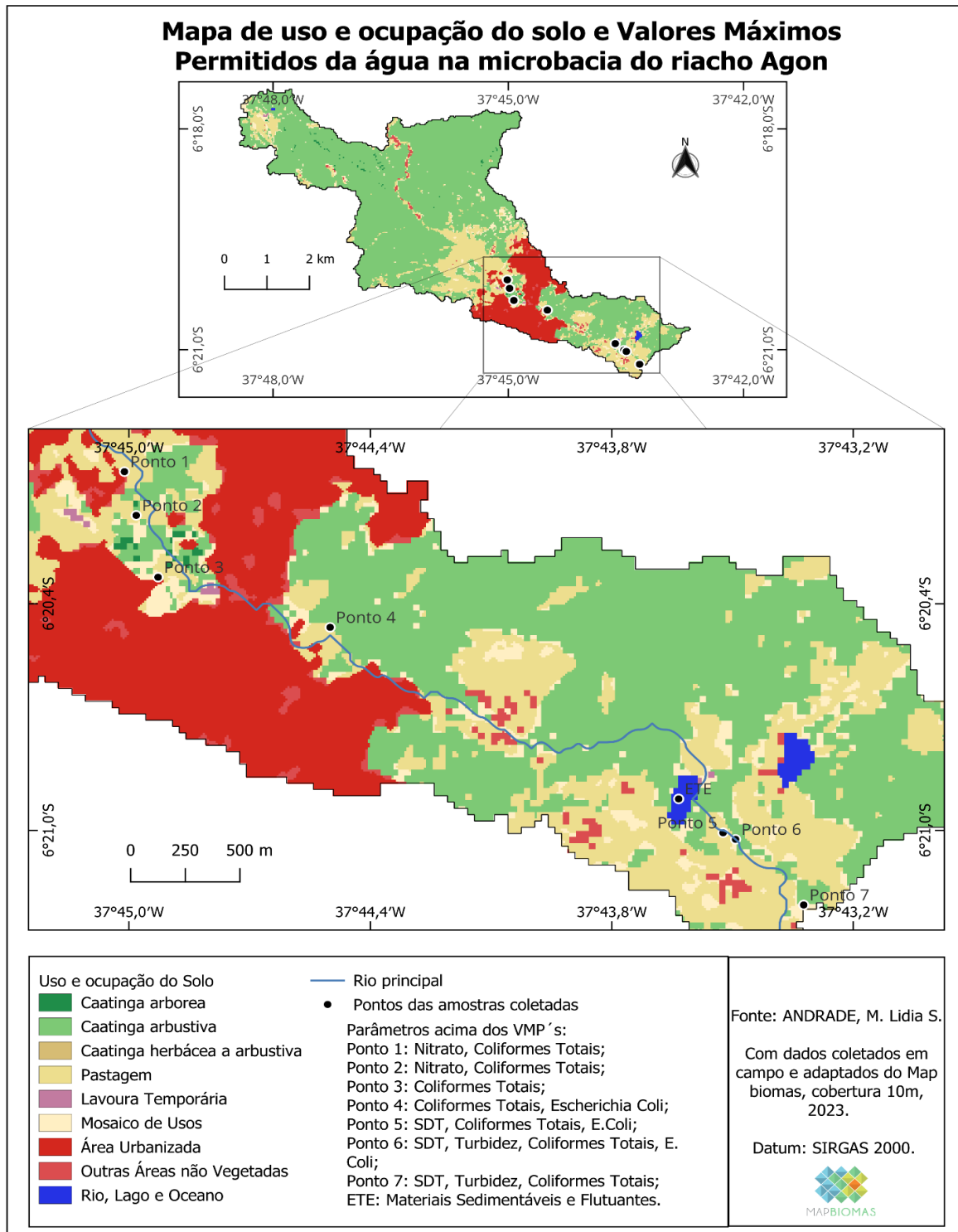
A construção do Mapa Síntese tem por objetivo sobrepor o uso e cobertura da terra com as características apresentadas nos parâmetros analisados em laboratório. Ele permite perspectiva mais abrangente da área da microbacia. Ao passo que possibilita uma análise espacial entre as diferentes classes de uso e cobertura do solo, também colabora para com a correlação dessas classes com dados coletados em campo.

O mapa síntese (Figura 28) foi elaborado a partir de dados do Map Biomas (coleção 7). Com *download* de *raster* com resolução de 10 m, processado em ambiente SIG, no *software* Qgis. O mapa síntese teve como Datum, o SIRGAS 2000 (SRC EPSG 4674), o sistema geodésico oficial brasileiro, garantindo a precisão posicional dos dados trabalhados. A escala do mapa confirma a classificação como microbacia e permite uma análise espacial mais detalhada das relações entre as classes de uso e cobertura do solo.

A classe Mosaico de usos do solo possui um tom bege. Esse uso se distribui em manchas, muitas vezes adjacentes ou intercaladas com a vegetação de caatinga (Figura 28). É uma classe, que segundo MapBiomas, representa uma complexa mistura de pequenas áreas de agricultura (lavoura temporária), pastagem e áreas de vegetação secundária, indicando uma intensificação da atividade humana e uma paisagem altamente fragmentada nessa porção. Entretanto, ela não está totalmente definida. Aproximadamente 3,97% (1.039.162

m²) da área da microbacia do Agon está na classe Mosaico de usos do solo. Essa classe é constantemente compreendida como uma atividade potencialmente poluidora, associada à contaminação difusa.

Figura 28. Mapa Síntese



Fonte: Autoral, dados coletados em campo e Map Biomias.

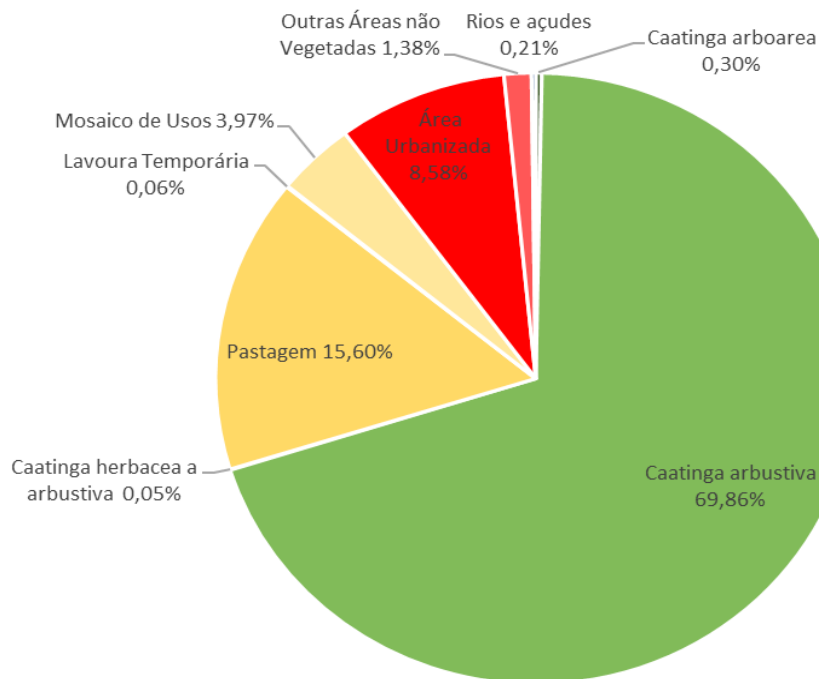
A Lavoura Temporária, por sua vez, está representada em um tom de salmão, é menos expressiva, cerca de 0,06% (15.799 m²). Mas sua presença dentro do mosaico confirma a existência de agricultura de vazante ou irrigada em algumas áreas da microbacia.

A Área Urbanizada, em vermelho mais intenso, possui cerca de 8,58% (2.245.732 m²) da área da microbacia. É altamente concentrada na porção mais a sul da microbacia, correspondendo a sede municipal e núcleo populacional importante do município de Catolé do Rocha. As áreas urbanizadas são caracterizadas pela presença de diferentes usos, como residências, comércios, vias pavimentadas e serviços urbanos, os quais estão frequentemente associados a fontes potenciais de contaminação, incluindo o lançamento de efluentes domésticos, a geração de resíduos sólidos. Sua localização dentro da zona de maior Mosaico de Usos e próximo à saída da microbacia é um ponto de atenção, pois releva atividades ainda não catalogadas e que podem impactar de maneira significativa no equilíbrio ambiental e na qualidade da água.

A observação do mapa revela a predominância da vegetação, nas cores verde escuro e verde claro. Sendo a Caatinga arbustiva cerca de 69,86% (18.292.698 m²) da área da bacia (Figura 29). Apesar de sua maioria não ser caatinga primária, a sua existência ameniza impactos como desertificação e lixiviação dos solos. As classes de caatinga herbácea à arbustiva e caatinga arbórea não estão ausentes da área da microbacia, sendo 0,05% (12.442 m²) e 0,30% (78.996 m²), respectivamente.

Isso sugere que, apesar das atividades humanas, há uma parte significativa da cobertura vegetal. As áreas de Ocupação Antrópica são classes representadas pelos tons de amarelo e vermelho. A classe Pastagem (amarelo) tem uma presença considerável, tipicamente associada à atividade pecuária, com cerca de 15,60% (4.084.016 m²) com uso do solo nessa atividade (Figura 29).

Figura 29. Percentual de uso e cobertura do solo da microbacia do riacho Agon.



Fonte: MapBiomias, 2023.

Essa classe de área Urbanizada, especializada no mapa síntese, representa uma fonte de potencial de contaminação dos mananciais locais, principalmente, o aquífero e o rio Agon. Esta situação é agravada pela ausência de um sistema de esgotamento sanitário adequado. Além disso, nas observações de campo foi possível perceber o despejo de efluentes e descarte inadequado de resíduos sólidos (Figura 30).

Figura 30. Descarte de resíduos sólidos.



Fonte: Autoral.

Outro indicativo de contaminação originada nesta área são expressas nos resultados das amostras de água analisadas. A totalidade dessas amostras não atende aos valores máximos permitidos no aspecto microbiológico. Além disso, observou-se alteração em parâmetros físicos, tais como nitrato e sólidos dissolvidos.

Os corpos d'água Rios e açudes, em azul escuro, representam 0,21% (55.096 m²). São pontos mais esparsos, confirmando a natureza intermitente dos reservatórios de água. O ponto mais a norte com essa classe, próximo a nascente, trata-se de uma pequena barragem e ao sul representa a estação de tratamento de efluentes.

Considerando os Usos, especializados no mapa síntese e correlacionando esses às análises feitas em laboratório, ele revela que a concentração urbana e os mosaicos de usos, designados como sendo áreas de variação de atividades antrópicas, estão relacionadas às áreas mais contaminadas.

O ponto 1 que encontra-se em uma área de urbanizada, possui Nitrato e Coliformes acima dos Valores Máximos Permitidos na portaria 888/2021 do Ministério da Saúde, e encontra-se acima do enquadramento da resolução 396/2008 do CONAMA. Esses dois parâmetros conjugados são fortes indicativos de contaminação por esgoto.

A análise do mapa síntese revela que o Ponto 2 está classificado como mosaico de usos. Embora não esteja em área urbanizada, essa classificação contribui para níveis de nitrato e coliformes acima dos limites estabelecidos pela legislação. Os Pontos 1 e 2, localizados em áreas mais periféricas, não dispõem de sistema de esgotamento sanitário. Consequentemente, a população dessas áreas utilizam fossas ou realiza o descarte de parte de seus efluentes diretamente no solo, afetando diretamente a qualidade da água.

O ponto 3 possui apenas um parâmetro em não conformidade com a portaria do 888/2021 do Ministério da Saúde e da resolução 396/2008 do CONAMA, os Coliformes Totais. Entretanto, sua quantidade de nitrato se aproxima dos Valores Máximos Permitidos. Indicando uma atenuação da pluma de nitrato na área. Essa situação não é estável, a depender da quantidade de material depositado e da frequência, a tendência é que a contaminação por nitrato ultrapasse os limites estabelecidos pela legislação, haja vista que o ponto 3 está na direção do fluxo hídrico superficial e subterrâneo do riacho Agon.

O ponto 4 é de água superficial, ou seja, amostra coletada no leito do riacho Agon. Esse ponto está em meio a caatinga arbórea e arbustiva, entretanto, a água encontrada ali atravessa um trecho de água densamente urbanizada e um canal, que frequentemente é usado para o despejo de efluentes, na maioria das vezes não tratado. Por isso, os parâmetros microbiológicos encontravam-se acima dos limites estabelecidos pelo Ministério da Saúde e CONAMA, na resolução 357/2005.

A partir do ponto 5, todos pontos possuem Sólidos Dissolvidos Totais (STD) acima do estabelecido na legislação (Portaria 888/2021 do Ministério da Saúde e CONAMA 396/2008), o indício mais forte de uso que acarretou essa mudança é a Estação de tratamento de efluente, que trataremos com mais ênfase mais adiante.

No ponto 5, além do SDT acima dos VMPs, constatou-se a presença de coliformes totais e *E. Coli.*, indicando a contaminação de origem fecal. A amostra do ponto 6 foi similar a do ponto 5, contudo, ela também apresentou altos índices de Turbidez.

Esse padrão também foi quase replicado na amostra do ponto 7, entretanto, nesta não havia a presença de *E. Coli.* As explicações mais prováveis para a ausência de *E. Coli.* na amostra do ponto 7 são duas. A primeira é a capacidade de filtração do aquífero, pois essa

água é de origem subterrânea, e teve um ponto de trânsito longo, da área urbanizada até a localização do poço. A segunda razão é a temperatura da água. A amostra do ponto 7 teve a temperatura mais baixa de todas as amostras coletadas (17,7 °C) e a *E. Coli.* é uma bactéria Termotolerante, apesar de ainda se desenvolver nessa temperatura, seu desenvolvimento ideal é entre 35 e 40°C.

Assim, a análise aponta que a qualidade da água nos pontos de coleta é afetada tanto por usos a montante - principalmente na área urbanizada - quanto por atividades nas áreas onde os próprios pontos estão situados.

A contaminação direta é evidente pela alta concentração de contaminantes em pontos específicos, como o Nitrato nos pontos 1 e 2. Já a contaminação difusa se manifesta pelo aumento da carga contaminante de vários parâmetros (Sólidos Dissolvidos Totais – SDT, Turbidez, Cloreto, Dureza, Coliformes Totais e *E. Coli.*) com uma tendência de crescimento progressivo de montante para jusante. Alguns desses parâmetros não ultrapassaram os VMP, mas encontram-se em padrão de aumento, indicando um aumento de carga contaminante.

Através das análises dos dados do Mapa Síntese, uma questão se interpõe: considerando a posição geográfica da Estação de Tratamento, o intenso despejo de efluentes tratados está comprometendo a qualidade da água do Riacho Agon e de reservatórios a jusante?

Em busca de respostas a esse questionamento, buscando uma fundamentação científica sólida para as preocupações levantadas pela pesquisa e a comunidade local, decidimos realizar a análise laboratorial da amostra de efluente proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE).

4.8 Analisando o Efluente

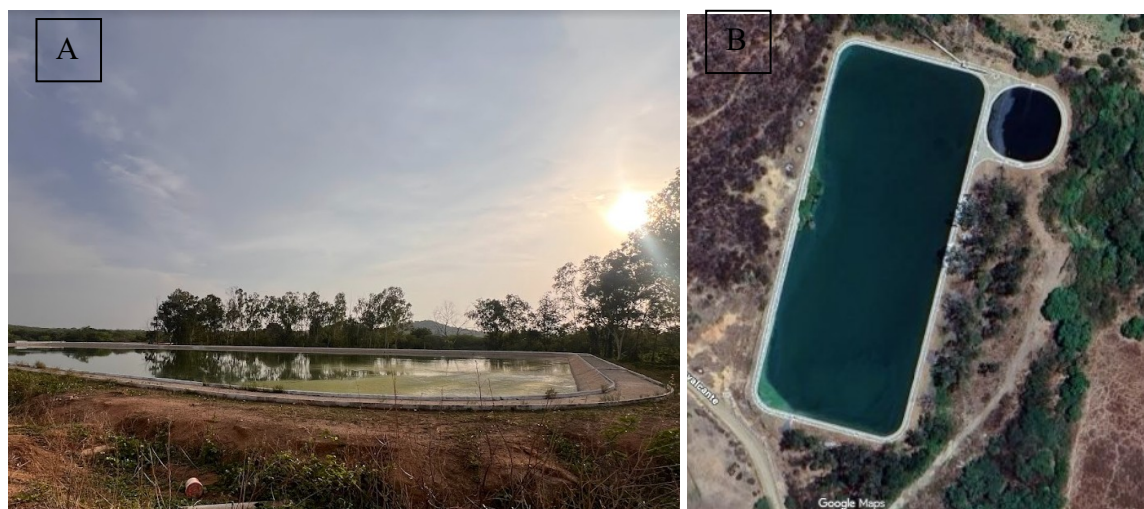
No município de Catolé do Rocha, onde encontra-se quase que a totalidade da área da microbacia do riacho Agon, possui cerca de 20,81% (SNIS, 2023) de área com esgotamento sanitário. E riacho Agon é constantemente utilizado como manancial receptor de efluentes tratados e, infelizmente, não tratados.

O percentual de esgoto coletado tem como principal destino a Estação de tratamento de Esgoto da CAGEPA (Figura 31). Ela conta com duas lagoas. Na primeira Lagoa de tratamento ocorre a decantação do material e em seguida se inicia o processo anaeróbico. Na segunda Lagoa, essa bem maior, se deposita o peróxido de hidrogênio, para evitar o mau

cheiro. Após esse processo, o material permanece nessa lagoa maior e aos poucos, por meio de tubulações, vai sendo depositado no leito do Riacho Agon.

Na observação da paisagem, logo nos primeiros campos, foi observada que a estação traz impactos na quantidade de água dos poços a jusante da ETE. O odor de alguns dos poços é sentido à simples aproximação, como é o caso do ponto 5, anteriormente analisado.

Figura 31. Mosaico de imagens da Lagoa de estabilização de efluentes da CAGEPA. A: Fotografias no tirada em campo; B: Imagem de satélite.



Fonte: Autoral e Google Maps.

Em contato com os usuários desses poços, muitos relataram que não utilizam água para consumo humano, ficando o uso restrito, quase que exclusivamente, à agricultura. Ainda assim, há relatos de impacto na agricultura local, sobretudo, na diminuição da produção de hortaliças, pois se configuram como culturas frescas e com bastante contato com a água.

Outra característica observada na paisagem após a estação foi o aumento da disponibilidade de água superficial, mesmo em períodos de estiagem. A coloração da água se aproxima de um verde claro, o que pode significar um crescimento de algas/cianobactérias, indicando um processo, em algum nível, de eutrofização (Figura 25).

Tendo em vista tudo que foi observado, no contexto da paisagem e das propriedades organolépticas da água, foi decidido analisar o efluente final da ETE. A coleta foi feita no mesmo dia das amostras de água, 28/07/2025, com o mesmo processo de coleta e armazenamento das amostras de água. Tripla coleta e refrigerado até a análise em laboratório, no município de João Pessoa - PB.

Os parâmetros foram analisados de acordo na Resolução CONAMA n° 430, de 13 de maio de 2011, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA.

Os parâmetros analisados foram: Temperatura, Cor verdadeira, pH, Materiais Sedimentáveis, Materiais Flutuantes, Turbidez, Amônia, Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO, Ferro total, Fenóis totais, Manganês dissolvido, Nitrato, Nitrito, Nitrogênio Amoniacal Total, Óleos minerais, Óleos vegetais e animais, Oxigênio Dissolvido, Zinco e Coliformes termotolerantes (Tabela 9).

Tabela 9. Parâmetros de efluente da estação de tratamento da CAGEPA.

Parâmetros	Unidade	CONAMA 430/2011	Resultado da análise do efluente final da ETE CAGEPA*
Ensaio físico			
Temperatura	°C	–	23,5
Cor verdadeira	uH	–	1.346,95
pH	-	6,0- 9,0	6,52
Materiais Sedimentáveis	ml/L	1	2,4
Materiais Flutuantes	–	AUSÊNCIA	PRESENÇA
Turbidez	uT	–	278,64
Ensaio químico			
Amônia	ppm em N-NH ₃	–	14,73
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO	ppm O ₂	–	115,08
Ferro total	ppm em Fe	15,0	2,03
Fenóis totais	ppm em C ₆ H ₅ OH	0,5	< 0,01
Manganês dissolvido	ppm em Mn	1,0	0,02
Nitrato	ppm em N-NO ₃	–	3,41
Nitrito	ppm em N-NO ₂	–	0,06
Nitrogênio Amoniacal Total	ppm N-NH ₄	20,0	1,03
Óleos minerais	Ppm	20,0	0,09
Óleos vegetais e animais	Ppm	50,0	0,72
Oxigênio Dissolvido	ppm O ₂	–	3,98

Parâmetros	Unidade	CONAMA 430/2011	Resultado da análise do efluente final da ETE CAGEPA*
Zinco	ppm em Zn	5,00	0,73
Ensaio microbiológico			
Coliformes termotolerantes	UFC/100mL	–	2,04×10 ²

Fonte: Autoral, com dados coletados em campo.

De acordo com laudos e em conformidade com a Resolução CONAMA 430, a amostra de efluente analisada em laboratório apresentou alterações nos Materiais Sedimentáveis e Materiais Flutuantes⁶.

Os Materiais Flutuantes foram presentes na amostra coletada, entretanto a Resolução CONAMA 430 estabelece que, para o descarte em mananciais, é necessário a ausência total deste parâmetro. Bem como os materiais sedimentáveis, onde a resolução estabelece limite de 1 ml/L e o resultado foi de 2,4 ml/L. Resultando em não conformidade quando comparados com a Resolução CONAMA nº 430, DE 13 DE MAIO DE 2011.

O Art. 16 da resolução determina que “os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente no corpo receptor desde que obedeçam as condições e padrões previstos neste artigo, resguardadas outras exigências cabíveis: I - condições de lançamento de efluentes: a) pH entre 5 a 9; b) temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura; c) materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff. e) óleos e graxas: 1. óleos minerais: até 20 mg/L; 2. óleos vegetais e gorduras animais: até 50 mg/L; f) ausência de materiais flutuantes” (Brasil, 2011).

Muitas desses materiais são de natureza orgânica (restos de alimentos, fezes, resíduos vegetais e animais) impactam na degradação orgânica: Quando essa matéria orgânica se deposita, ela é decomposta por microrganismos aeróbios (que usam oxigênio). Interfere no Oxigênio Dissolvido, pois esse processo de decomposição consome o oxigênio dissolvido da água. A baixa concentração de OD (Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO alta) é crítica e pode levar à morte de peixes e outros organismos aquáticos. E podem provocar a liberação de poluentes e patógenos, pois esses sólidos sedimentáveis e flutuantes, podem atuar como vetores para outros poluentes e contaminantes. Eles também trazem um

⁶ Laudo no anexo 2.

impacto visual, formação de películas na superfície da água ou mesmo prejuízo à oxigenação e troca gasosa no corpo receptor (Jordão e Pessôa, 2005; Brasil, 2002).

Em suma, de acordo com a análise laboratorial da amostra de efluente, foram identificadas inconformidades em relação aos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 430/2011 e as diretrizes do corpo hídrico, no caso do riacho Agon, de classe 2. As alterações observadas nos parâmetros de Materiais Flutuantes e Sedimentáveis indicam que o efluente, no estado encontrado na data da coleta, não atende aos requisitos legais para descarte em corpos receptores, especialmente mananciais.

Por ser classificado como efluente impróprio para lançamento direto em mananciais, conforme os critérios da Resolução CONAMA N° 430/2011 na classe especial. Há, portanto, a necessidade de revisão do sistema de tratamento de efluentes (ETE).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS



5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na construção da análise ambiental da microbacia do Agon, foi possível perceber que se trata de uma área que merece atenção, do ponto de vista da segurança hídrica, tanto com relação aos habitantes da cidade de Catolé do Rocha, como também para os moradores da zona rural. Pois as condições ambientais do clima provocam uma irregularidade na distribuição de chuvas à área. Essa irregularidade afeta de maneira significativa o fluxo dos rios, no caso do riacho Agon, de carácter intermitente.

A geologia de natureza cristalina não favorece a formação de grandes aquíferos, tornando a hidrogeologia aquífera da área mais restrita aos aquíferos aluvionares. Para além do abastecimento humano essas águas subterrâneas são importantes para a sustentação da vegetação de caatinga, que na área é cerca de 69% do uso e cobertura do solo.

No que diz respeito à vulnerabilidade aquífera, dentro do método GOD, há um grau de vulnerabilidade de 0.56, que representa alto grau de vulnerabilidade para o aquífero aluvionar da microbacia do riacho Agon. Isso significa baixa proteção natural, devido suas características naturais: um aquífero livre, com litologia permeável e tempo de trânsito rápido.

As amostras de água coletadas seguiram um padrão de aumento de montante para jusante, salvo em casos de água superficial (sendo significativamente maiores nos parâmetros de STD e turbidez). Esse padrão de aumento se deu pelo acréscimo de carga contaminante, sobretudo da área urbanizada, durante o fluxo hídrico.

A água de todos os pontos de coleta, seja ele de natureza superficial ou subterrânea, não é segura para consumo humano sem tratamento prévio. E não estão em concordância com os Valores Máximos Permitidos (VMP), designados pela resolução 888/2021 do Ministério da Saúde ou pela resolução CONAMA 357/2005 (classe 2) e 396/2008 (uso humano). Há a presença de coliformes totais em todas as amostras e de *Escherichia Coli* em três delas (pontos 4, 5 e 6). Esse é um sinal claro de contaminação fecal e de um risco para doenças de veiculação hídrica. As alterações nos parâmetros físico-químicos, como o nitrato STD e a turbidez, corroboram o diagnóstico de uma qualidade de água comprometida.

A situação da qualidade da água na microbacia do riacho Agon é alarmante. A combinação de contaminação fecal, níveis elevados de nitrato e outras alterações físico-químicas exige uma intervenção imediata para mitigar impactos ambientais e sanitários significativos. Pois parte da distribuição da água de alguns desses pontos são para consumo

humano, sem nenhum tipo de tratamento.

É importante adotar medidas urgentes, como a descontinuidade do uso sem tratamento dessas fontes para consumo humano e a implementação de soluções para o aumento da abrangência da rede de saneamento básico eficaz.

A análise do efluente coletado na Estação de Tratamento de Efluente da CAGEPA, concluiu que alguns parâmetros dos que foram analisados, não estão em concordância com a resolução CONAMA nº 430/2011. Tendo como principais parâmetros fora do enquadramento os materiais sedimentáveis e flutuantes. Esses parâmetros não conformantes com a legislação prejudicam a água que se está a jusante, prova disso é a Turbidez nas amostras à jusante da ETE.

O mapeamento de uso e cobertura do solo evidenciou usos que estão impactando a qualidade da água da microbacia do Agon, destacando a área urbanizada desprovida de rede de coleta de esgoto universalizada e os mosaicos de uso.

O Mapa Síntese expressou, para além das atividades desempenhadas na bacia e sua correlação com a qualidade da água, a necessidade de reflorestamento da nascente do riacho Agon, para melhorar questões de erosão do solo e melhoria na infiltração da água no aquífero, beneficiando sua recarga, bem como o fluxo hídrico superficial.

Para além do reflorestamento da nascente, é importante fazer a proteção, ou mesmo recuperação da mata ciliar, pois como apresentado no mapa de uso e cobertura do solo está degradada em muitas áreas.

Não menos importante, se faz necessário a realização de campanhas direcionadas à educação ambiental. Elas são essenciais para participação da recuperação da área e da consciência cidadã. É crucial abarcar temas como a importância da conservação dos mananciais, descarte adequado de efluentes e resíduos sólidos, a importância da preservação de vegetação nativa nas nascentes e favorecer a participação da comunidade.

A fiscalização é um pilar insubstituível na tríade de qualquer política de gestão ambiental eficaz: Planejamento, Monitoramento e Fiscalização. Na microbacia do Agon a necessidade de fiscalizar vai para além da aplicação de multas, mas representa o mecanismo de regulação legítima, pois busca assegurar a concretização dos objetivos ambientais e o cumprimento da legislação vigente.

Para além das dificuldades encontradas na área, é possível expressar as dificuldades encontradas para desenvolver esta pesquisa. Entre elas estão a dificuldade: por dados com grau de detalhe necessário para confecção dos mapas em escala adequada; o difícil acesso a

laboratório de água para análise das amostras; a distância desse laboratório, cerca de 400 km; o preço, visto que foram feitas amostras em laboratório particular; a dificuldade na viabilidade transporte ofertado para campos e visitas técnicas.

Por fim, respondendo o questionamento principal da dissertação: Considerando a concentração da Área Urbanizada e Estação de Tratamento de Efluentes, detalhada no mapa de uso e cobertura do solo, está comprometendo a qualidade da água do Riacho Agon e de reservatórios a jusante? Sim! Os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos analisados associado ao mapa síntese de uso e cobertura do solo, revelam a contaminação do riacho Agon e do aquífero, tanto de contaminação pontual, como difusa.

É fundamentalmente dialético, portanto, contraditória com a realidade encontrada na microbacia do Agon. Trata-se de uma área que, ao passo que enfrenta dificuldades socioeconômicas e ambientais relacionadas à escassez hídrica, está submetida à uma lógica de contaminação muito expressiva. Essa dualidade expõe a complexidade da crise: a “falta” de um recurso vital (água) convive com a contaminação de agentes poluentes desse mesmo recurso tão vital. Isso revela falhas na gestão da água, no uso e no tratamento e descarte dos efluentes. A escassez e a contaminação, se mostram como são duas faces da mesma moeda, de um lado o descuido do aspecto ambiental, de outro o desencontro de um bem estar social.

Ficam alguns questionamentos para as próximas pesquisas, que foram não amplamente debatidos nesta pesquisa:

Dada a predominância de pastagem e mosaico de usos, qual é o grau de compactação do solo nessas áreas e como isso afeta a infiltração de água e a recarga do lençol freático na microbacia (em especialmente em um ambiente semiárido, onde as chuvas são concentradas e torrenciais)?

Considerando que as áreas de mata ciliar nas margens do riacho (que são Áreas de Preservação Permanente - APP) são muito utilizadas para pastagem ou mosaico de usos, estão influenciando a erosão e assoreamento do riacho em que nível?

O Mosaico de Usos no sul/sudeste da microbacia representa a maior pressão de uso. Quais são as práticas agrícolas predominantes nesta área e em que medida elas utilizam insumos (agrotóxicos/fertilizantes) que podem ser carregados para o riacho, impactando o ambiente?

A área de Mosaico de Usos se expandiu em detrimento de qual classe de cobertura original? Existe um monitoramento temporal (análise multitemporal) para avaliar a taxa de

desmatamento e a evolução da degradação do solo na microbacia?

A expansão da Área Urbanizada está sendo planejada de forma a evitar o avanço sobre as APPs e sobre as áreas de maior importância para a conservação? Há conflitos de uso da água ou da terra entre os diferentes atores?

Esses questionamentos podem auxiliar nos próximos passos, que entre todos os possíveis, ser otimista seja talvez a melhor escolha. Estes passos incluem coleta e ampliação de dados, e o desenvolvimento de políticas públicas baseadas na recuperação ambiental e na gestão da microbacia, fundamentados em dados geoespaciais.

REFERÊNCIAS

AB’SÁBER, Aziz. **Os Domínios de Natureza no Brasil: Potencialidades Paisagísticas**. 7. ed. Cotia: Ateliê Editorial, 2012.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12212/2017: Projeto de poço tubular para captação de água subterrânea – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12244/2017: Construção de poço para captação de água subterrânea. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7229/1997: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9898/1987: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, Jun. 1987.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15847: Amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento – Métodos de purga. Rio de Janeiro: ABNT, 2010. 24 p.

AESA. Bacias hidrográficas do Estado da Paraíba. Governo do Estado da Paraíba, 2004. Disponível em <<http://geoserver.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportal/mapas.html>>, acesso em: 17/08/2023

Agência Nacional de Águas (Brasil). **Plano Nacional de Segurança Hídrica** / Agência Nacional de Águas. – Brasília : ANA, 2019 112 p.

ANDRADE, J. A. de; NUNES, M. A. Acesso à água no Semiárido brasileiro: uma análise das políticas públicas implementadas na região. Revista espinhaço, 3 (2), p. 28-39, 2014.

BRASIL PORTARIA Nº 2.914, DE 12 DE DEZEMBRO DE 2011, , MINISTRO DE ESTADO DA SAÚDE. Disponível em: https://bvsm.sau.gov.br/bvs/sau/legis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html. Acessado em 21/07/2025.

BRASIL. Lei nº 14.653, de 23 de agosto de 2023. Altera as Leis nºs 12.651, de 25 de maio de 2012, e 14.119, de 13 de janeiro de 2021, para disciplinar a intervenção e a implantação de instalações necessárias à recuperação e à proteção de nascentes. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 162, p. 7, 24 ago. 2023. Disponível em: <https://normas.leg.br/?urn=urn:lex:br:federal:lei:2023-08-23;14653>.

BRASIL. **Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998**. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 13 fev. 1998. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19605.htm. Acesso em: 2 dez. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Saúde Ambiental e Gestão de Resíduos de Serviços de Saúde**. Brasília: Ministério da Saúde, 2002. 450 p. (Série F). Módulo 3: Controle de

Efluentes Líquidos e Emissões Gasosas, p. 160-180. Disponível em: <https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/UNIDADE03.PDF>.

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. Guia para implementação da norma de qualidade da água para consumo humano [recurso eletrônico] / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente, Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. – Brasília : Ministério da Saúde, 2024. 131 p. : il. Modo de acesso: World Wide Web: http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_implementacao_norma_qualidade_agua.pdf ISBN 978-65-5993-669-4

BRASIL. Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Ministério da Saúde.

BRASIL. Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, 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. Disponível em:

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente [CONAMA]. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005 Publicada no DOU nº 053, de 18 de março de 2005, páginas 58 - 63. Correlações: alterada a resolução nº 410/2009 e pela 430/2011. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente [CONAMA]. RESOLUÇÃO Nº 430, DE 13 DE MAIO DE 2011. Publicada no DOU nº 92, de 16/05/2011, pág. 89 Correlações: • Complementa e altera a Resolução nº 357/2005. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente [CONAMA]. Resolução nº 396, de 3 de abril de 2008. Publicada no DOU nº 66, de de abril de 2008, Seção 1, página 64-68. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.

CAMPOS José Nilson B. . Secas e políticas públicas no semiárido: ideias, pensadores e períodos. Estudos avançados 28 (82), 2014. p. 65-88

CARVALHO, Maria Gelza R. F. "**Estado da Paraíba**"; **classificação geomorfológica**. João Pessoa, Editora Universitária/UFPb, 1982.

CATOLÉ DO ROCHA (PB). Prefeitura. História da Cidade. Disponível em: https://catoledorocha.pb.gov.br/a_cidade/historia , acesso em 16/07/2025.

CIRILO, J.A. **Políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido**. Estudos Avançados, n. 22(63), 61-82, 2008.

COELHO NETTO, A. L. **Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia**. In:

A. J. T. Guerra and S. B. Cunha, Eds., Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos, Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 1994, pp. 93-148.

COSTA, Luis R. F. MAIA, Rubson Pinheiro; BARRETO, L. L.; SALES, Vanda C. C. **GEOMORFOLOGIA DO NORDESTE SETENTRIONAL BRASILEIRO: UMA PROPOSTA DE CLASSIFICAÇÃO**. Revista Brasileira de Geomorfologia v. 21, nº 1 (2020).

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Catolé do Rocha, estado da Paraíba**/ Organizado (por] João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Junior, Franklin de Moraes, Vanildo Almeida Mendes, Jorge Luiz Fortunato de Miranda. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

CUNHA, J.P.; ALVES, G.S.; e REIS, E.F; **EFEITO DA TEMPERATURA NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE SOLUÇÕES AQUOSAS COM ADJUVANTES DE USO AGRÍCOLA**. Planta Daninha, Viçosa-MG, v. 28, n. 3, p. 665-672, 2010.

DANTAS, RENILSON T., VIANA, ELAINE P. T., FILHO, NIVALDO T. de ARRUDA; ARAUJO, KALLIANNA. **AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DO Riacho Agong EM CATOLÉ DO ROCHA – PB**, XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia - Belo Horizonte, 2009.

EMBRAPA Semi-Árido. **Preservação e uso da Caatinga**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. 39 p. (ABC da Agricultura Familiar, 16). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/122743/1/00081410.pdf>.

FEITOSA, Fernando A.C; MANOEL FILHO, João; FEITOSA, Edilton Carneiro; DEMETRIO, J. Geilson A. **Hidrogeologia : conceitos e aplicações**. 3. ed. rev. e ampl. – Rio de Janeiro : CPRM : LABHID, 2008. 812 p.

FERREIRA, A.G.; MELLO, N.G.S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos pacífico e Atlântico no clima da região. Revista Brasileira de Climatologia, ABCLIMA, ano 1, dez. 2005.

MARTINS FILHO, Marcilio Vieira. **Hidrologia: Infiltração de Água no Solo**. Jaboticabal: UNESP/FCAV; STAB, 2013. 80 slides. Disponível em: https://www.stab.org.br/palestra_sistematizacao_2013/03_marcilio_22.pdf. Acesso em: 17 dez. 2024.

FOSTER, S.D.S.; HIRATA, R.C.A. **Groundwater pollution risk evaluation: the methodology using available data**. Lima: CEPIS/PAHO/WHO, 1988. v. 78, n. 9.

GARRIDO, José Wagner Alves. **Degradação de recursos hídricos da microbacia do Riacho Agong, município de catolé do rocha – pb**. Anais I ENECT / UEPB... Campina Grande: Realize Editora, 2012. Disponível em <<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/1676>>. Acesso em: 15/08/2023.

GOMES, M. da C. R. **Análise situacional qualitativa sobre as águas subterrâneas de Fortaleza, Ceará-Brasil como subsídio a gestão dos recursos hídricos**. 2013. Tese

(Doutorado em geologia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, 2013.

GRAEFF, Orlando. **Fitogeografia do Brasil: uma atualização de bases e conceitos** / Orlando Graef. - 1º ed. - Rio de Janeiro: Nau Ed., 2015. 552 p.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da (Orgs.). Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007, p. 93-148.

HIRATA, R. et al. **As águas subterrâneas e sua importância ambiental e socioeconômica para o Brasil**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2019.

HIRATA, Ricardo; SUHOGUSOFF, Alexandra Vieira; MARCELLINI, Silvana Susko VILLAR, Pilar Carolina. **Águas subterrâneas e saneamento básico**, Instituto Trata Brasil, 2019. Disponível em: <https://bkp-trata.aideia.com/tratabrasil.org.br/pt/estudos-completo/itb/aguas-subterraneas-e-saneamento-basico.html> . Acessado em: 20/03/2025

IBGE. Catolé do Rocha , Biblioteca IBGE. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo.html?id=3889&view=detalhes> , acessado em: 16/07/2025.

IBGE. CENSO DEMOGRÁFICO: 1980, dados gerais, migração, instrução, fecundidade, mortalidade I Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. - Rio de Janeiro : IBGE, 1982-1983. <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=772>.

INPE - Centro do INPE avança no mapeamento da Caatinga. Disponível em:< http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=4157>

JORDÃO, Eduardo Pacheco; PESSÔA, Constantino Arruda. *Tratamento de Esgotos Domésticos*. 4. ed. Rio de Janeiro: ABES (Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental), 2005.

LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**/ Marcelo Libânio. Campinas, SP: Editora Átomo, 3º Edição, 2010.

MACHADO, Pedro José O; TORRES, Felipe T. P. **Introdução à Hidrogeografia**. São Paulo: Cengage Learning, 2012

MAIA, Rúbson P; BEZERRA, Francisco H. R; SALES, Vanda C. **GEOMORFOLOGIA DO NORDESTE: CONCEPÇÕES CLÁSSICAS E ATUAIS ACERCA DAS SUPERFÍCIES DE APLAINAMENTO NORDESTINAS**. Revista de Geografia. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. especial VIII SINAGEO, n. 1, Set. 2010.

MEDEIROS, V. C., GALINDO, A. C., NASCIMENTO, M. A. L., FREIRE, A. G. (2007). **Geologia, petrografia e idade do Batólito de Catolé do Rocha (RN-PB), porção W do Domínio Rio Grande do Norte da Província Borborema**. Revista de Geologia, 20, 219-230.

MENDONÇA, A.S.F. e GASTALDINI, M. do C., Conceitos para Avaliação da Qualidade de Água, Capítulo 15 do livro Hidrologia Aplicada à Gestão de Bacias Hidrográficas. FINEP/ABRH, 2001

MMA. Ministério do Meio Ambiente; IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Caatinga: Monitoramento do Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Satélite. 2017.

MONTEIRO, C. A. de Figueiredo. “**DE TEMPOS E RITMOS: Entre o Cronológico e o Meteorológico para a Compreensão Geográfica dos Climas**”, 2001. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/15369>

MONTEIRO, C. A. de Figueiredo; **Clima e excepcionalismo : Conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico**. Editora da UFSC, Florianópolis: 1991.

MONTEIRO, C.A. de Figueiredo. **Teoria e Clima Urbano**. Série “Teses e Monografias” nº 25. 181pp. Ilustr. São Paulo: Instituto de Geografia da USP, 1976.

MONTENEGRO, A.A.A; MONTENEGRO, S.M.G.L. **Olhares sobre as políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido**. IN: Recursos hídricos em regiões semiáridas / editores, Hans Raj Gheyi, Vital Pedro da Silva Paz, Salomão de Sousa Medeiros, Carlos de Oliveira Galvão - Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, Cruz das Almas, BA: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2012, 258P.

MOURA, M. S. B. **Clima e água de chuva no Semiárido**. Petrolina: EMPRABA, 2007.

NASCIMENTO, C. E.P. do.; SANTOS, M. D. C. **ESTADO E POLÍTICAS PÚBLICAS: A SECA NO SEMIÁRIDO NORDESTINO**. GEO. Temas -ISSN: 2236-255X -Pau dos Ferros, RN, Brasil, v. 12, p. 01-25, 2022.

NETO, A. S. **ANÁLISE DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS NO ENTORNO DOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA REGIÃO GEOGRÁFICA IMEDIATA DE CATOLÉ DO ROCHA - SÃO BENTO, ESTADO DA PARAÍBA**. UFPB - JOÃO PESSOA, 2019.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro, IBGE, 1989.

OLIVEIRA, Robson R.; VILALVA F. C. J; ALVES, Adriana; MEDEIROS, V. C; DALAN, C. A. **The Catolé do Rocha Batholith (RN-PB): A reduced A 2-type granitic magmatism in the Rio Piranhas-Seridó Domain, Borborema Province, Northeastern of Brazil**. Revista do Instituto de Geociências - USP Geol. USP, Sér. cient., São Paulo, v. 20, n. 3, p. 00-30, Setembro 2020.

PEIXOTO, F. S; CAVALCANTE I. N. **O desafio do binômio água e cidade para o gerenciamento dos aquíferos urbanos**. Estudos Avançados, 2025. DOI: 10.1590/s0103-4014.202539114.012.

REBOUÇAS, Aldo da C. **Água na região Nordeste: desperdício e escassez**. ESTUDOS AVANÇADOS, Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, 1997. p. 127-154.

ROCHA, Altemar Amaral; VIANNA, Pedro Costa Guedes. **A BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE GESTÃO DA ÁGUA**. II SEMILUSO - Seminário Luso-Brasileiro Agricultura Familiar e Desertificação, João Pessoa, 2008.

ROCHA, Wilson S; SANTOS, Simone A. **VULNERABILIDADE AMBIENTAL E HÍDRICA EM BACIAS HIDROGRÁFICAS**

ROSS, Jurandyr, L. S. **O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo.** Revista do Departamento de Geografia, FFLCH-USP, n. 6. p. 17-29, 1992.

ROSS, Jurandyr; **Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental.** São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

SANT'ANNA NETO, João Lima. **Da climatologia geográfica à geografia do clima: gênese, paradigmas e aplicações climáticas como fenômeno geográfico.** Revista da ANPEGE, v. 4, p. 1-18, 2008.

SANT'ANNA NETO, João Lima. **História da climatologia no Brasil.** Cadernos Geográficos (UFSC), Florianópolis, v. 7, p. 1-124, 2004.

SANT'ANNA NETO, João Lima. **Por uma Geografia do Clima Antecedentes históricos, paradigmas contemporâneos e uma nova razão para um novo conhecimento.** Terra Livre n. 14. São Paulo, 2001. p. 49-62.

SANT'ANNA NETO, João Lima. **Por uma Geografia do Clima.** Terra Livre, São Paulo, v. 17, p. 49-62, 2001.

SEMIÁRIDAS: DINÂMICA, RISCOS E CONSERVAÇÃO. Revista Ouricuri, Juazeiro, Bahia, v.15, n.1. 2025, p.03 -25. jan./jun., Publicação contínua <http://www.revistas.uneb.br/index.php/ouricuri> | ISSN 2317-0131

SILVA, L. L. **Precipitações Pluviais da Pré-Estação Chuvosa no Período Chuvoso e suas Influências na Produtividade Agrícola da Paraíba.** (Dissertação de Mestrado). Campina Grande: Programa de Pós-Graduação em Meteorologia/UFCG, 2007. 114p.

SNIS. **INDICADORES DE ÁGUA E ESGOTO CATOLÉ DO ROCHA.** Disponível em<http://appsnis.mdr.gov.br/indicadores/web/agua_esgoto/mapa-agua> acessado em: 16 de agosto de 2023.

TAVARES, P. R L et al. 2009. **Mapeamento da vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas localizadas na Bacia Sedimentar do Araripe, Estado do Ceará, Brasil.** Rem: Rev. Esc. Minas [online]. vol.62, n.2, pp.227-236. ISSN 0370-4467. <http://dx.doi.org/10.1590/S0370-44672009000200015>.

TEDESCO, A.M.; OLIVEIRA, G.A.; TROJAN, F. **Avaliação da vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas por meio dos métodos AHP e TOPSIS.** Eng Sanit Ambient | v.26 n.3 | maio/jun 2021 | 401-407

Tomaz, Paula A; Santos, J. O; JEPSON, Wendy. **Insegurança Hídrica Domiciliar e Vulnerabilidade Social em Contexto Municipal do Semiárido Cearense.** Soc. Nat. | Uberlândia, MG | v.35 | e69988| 2023. Acesso em: <https://doi.org/10.14393/SN-v35-2023-69988>

TÔRRES, Lucas Matheus Garcia. **Escassez e contaminação: desafios para conservação**

das águas subterrâneas em pequenas cidades no semiárido brasileiro. (Dissertação de Mestrado) UFRN, Mossoró - RN, 2023.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação.** Editora UFRGS, Porto Alegre - RS, 2004.

VASCONCELOS, Mickaelon B. **POÇOS PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: REVISÃO DE CONCEITOS E PROPOSTA DE NOMENCLATURA.** XVIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Belo Horizonte - MG, 2015.

XAVIER, Rafael Albuquerque. **Processos geomorfológicos e evolução da paisagem no semiárido brasileiro.** Revista de Geociências do Nordeste, v. 7, n. 1, 2021.

ZANELLA, M. E. **Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino.** Presidente Prudente: Caderno Prudentino de Geografia, n. 36; Associação dos Geógrafos Brasileiros (AGB), 2014.

ZAVATTINI, J. A. **O Paradigma da Análise Rítmica e a Climatologia Geográfica Brasileira.** Geografia (Rio Claro), Rio Claro, v. 25, n.3, p. 25-43, 2000.

ANEXO I:
Fichas de Cadastro dos Poços

Ficha de Cadastro de Poço - Preenchimento em Campo

Informações Básicas do Poço

Proprietário/Responsável: N.

Data da Visita/Cadastro: 28/07/2025

Data de Perfuração: Não informado.

Localização e Detalhes Físicos

Município/Cidade: Catolé do Rocha Estado: PB

Coordenadas Geográficas: Latitude: -6,3417. Longitude: -37,7528

Tipo de Poço: Amazonas

Uso Principal: Abastecimento Humano Características Técnicas

Profundidade Total (m): 11,400m. Diâmetro: 4 m

Nível Estático (m): 1.4 m. Nível Dinâmico (m): _____ m

Equipamento de Bombeamento (Tipo/Potência/Marca): Não informado

Licenciamento/Outorga (sim/não): Não

Data da Última Manutenção/Limpeza: Não informado

Coleta

Ponto de coleta da amostra: N (Amostra A)

Temperatura da amostra: 29,5

Data: 28/07/2025

Hora da coleta: 7:45

Ficha de Cadastro de Poço - Preenchimento em Campo

Informações Básicas do Poço

Proprietário/Responsável: P.

Data da Visita/Cadastro: 28/07/2025

Data de Perfuração: aproximadamente 3 anos

Localização e Detalhes Físicos

Município/Cidade: Catolé do Rocha Estado: PB

Coordenadas Geográficas: Latitude: -6,3361. Longitude: -37,7497

Tipo de Poço: Cacimbão

Uso Principal: Abastecimento Humano

Características Técnicas

Profundidade Total (m): aproximadamente 10 m. Diâmetro: 4 m.

Nível Estático (m): 8,65 m. Nível Dinâmico (m): _____ m

Equipamento de Bombeamento (Tipo/Potência/Marca): Não informado

Licenciamento/Outorga (sim/não): Não

Manutenção e Observações:

Data da Última Manutenção/Limpeza: Não houve

Coleta

Ponto de coleta da amostra: P (Amostra B)

Temperatura da amostra: 29,4

Data: 28/07/2025

Hora da coleta: 8:07

Ficha de Cadastro de Poço - Preenchimento em Campo

Informações Básicas do Poço

Proprietário/Responsável: Poço da CAGEPA (Amostra C)

Data da Visita/Cadastro: 28/072025

Data de Perfuração: + de 40 anos

Localização e Detalhes Físicos

Município/Cidade: Catolé do Rocha Estado: PB

Coordenadas Geográficas (Lat/Long): Latitude: -6,3389. Longitude: -37,7489

Tipo de Poço: Amazonas

Uso Principal: Abastecimento Humano

Características Técnicas

Profundidade Total (m): 13 m. Diâmetro: aprox. 4 m

Nível Estático (m): _____ m. Nível Dinâmico (m): _____ m

Equipamento de Bombeamento (Tipo/Potência/Marca): Não informado

Licenciamento/Outorga (sim/não): Não informado

Data da Última Manutenção/Limpeza: ____ / ____ / ____

Coleta

Ponto de coleta da amostra: Poço da CAGEPA (Amostra C)

Temperatura da amostra: 26,5

Data: 28/07/2025

Hora da coleta: 8:35

Ficha de Cadastro de Poço - Preenchimento em Campo

Informações Básicas do Poço

Proprietário/Responsável: Poço próximo ao riacho/POÇO 2 (amostra E)

Data da Visita/Cadastro: 28/07/2025

Data de Perfuração: + 20 anos

Localização e Detalhes Físicos

Município/Cidade: Catolé do Rocha Estado-PB

Coordenadas Geográficas: Latitude: -6,3505. Longitude: -37,7254.

Tipo de Poço: Amazonas

Uso Principal: Irrigação.

Características Técnicas

Profundidade Total (m): 6 m. Diâmetro: 3,64 m

Nível Estático (m): 2,64 m. Nível Dinâmico (m): _____ m

Equipamento de Bombeamento (Tipo/Potência/Marca): 2 cv

Licenciamento/Outorga (sim/não): Não informado

Data da Última Manutenção/Limpeza: ano de 2010

Coleta

Ponto de coleta da amostra: Poço próximo ao riacho/POÇO 2 (amostra E)

Temperatura da amostra: 17,6

Data: 28/07/2025

Hora da coleta: 9:46

Ficha de Cadastro de Poço - Preenchimento em Campo

Informações Básicas do Poço

Proprietário/Responsável: Poço Hortaliça/ Poço 6 (Amostra F)

Data da Visita/Cadastro: 28/07/2025

Data de Perfuração: ____ / ____ / ____

Localização e Detalhes Físicos

Município/Cidade: Catolé do Rocha Estado: PB

Coordenadas Geográficas (Lat/Long):

Latitude: -6,3532. Longitude: -37,7220

Tipo de Poço: Amazonas

Uso Principal: Irrigação

Características Técnicas

Profundidade Total (m): ____? ____ m. Diâmetro: 6,30 m

Nível Estático (m): 3,62 m. Nível Dinâmico (m): ____ m

Licenciamento/Outorga (sim/não): Não informado

Manutenção e Observações:

Data da Última Manutenção/Limpeza: ____ / ____ / ____

Coleta

Ponto de coleta da amostra: Poço hortaliça UEPB/ Poço 6 (Amostra F).

Temperatura da amostra: 17,7

Data: 28/07/2025

Hora da coleta: 10:05

Lagoa de tratamento (EFLUENTE)

Coordenadas: Latitude: -6,3031. Longitude: -37,8028

Hora 9:05

Temperatura 23,5

Retirado de efluente final

Catolé do Rocha – PB

Passagem do riacho na UEPB: Amostra D.

Hora: 9:26

Temperatura 19.4

Tipo superficial/manancial, bomba 10 cv, instalada em 2015.

Amostra do riacho após a ponte, ao lado do monte Tabor: Amostra G.

Hora: 10:32

Temperatura: 23.0

Tipo superficial/manancial.

ANEXO II:
Laudos das amostras de água e efluente



LABORATÓRIO: MAIS ÁGUA SERVIÇOS DE TESTES E ANÁLISES TÉCNICAS LTDA

LAUDO DE ANÁLISE N° 459/07

EMISSÃO DE LAUDO: 01 de Agosto de 2025

DADOS DO LABORATÓRIO

RAZÃO SOCIAL	MAIS AGUA SERVICOS DE TESTES E ANALISES TECNICAS LTDA		
CNPJ	43.374.196/0001-97		
ENDEREÇO	AV. JULIA FREIRE, 1106, SALA 306	CEP	58.040-040
BAIRRO	TORRE	CIDADE - UF	JOAO PESSOA - PB
TELEFONE	(83) 9.8197-7186		
E-MAIL	analismaisagua@gmail.com		

DADOS DO CLIENTE

NOME	MARIA LIDIA DOS SANTOS ANDRADE		
CPF			
LOCAL	POÇO PONTO I	CEP	58.884-000
BAIRRO	ZONA RURAL	CIDADE - UF	CATOLÉ DO ROCHA - PB
TELEFONE			
RESPONSÁVEL PELA SOLICITAÇÃO	SRA. LIDIA		
E-MAIL	lidialima165@gmail.com		

DADOS DA AMOSTRA

MATRIZ DA AMOSTRA	ÁGUA
RESPONSÁVEL PELA COLETA DA AMOSTRA	CLIENTE
DESCRIÇÃO DA ANÁLISE DA AMOSTRA	AMOSTRA DE AGUA PARA ANALISE FISICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA
PONTO DA COLETA DA AMOSTRA	AMOSTRA DE AGUA PROVENIENTE DO PONTO I
TEMPERATURA DA AMOSTRA	29,5 °C
CONDIÇÕES DE TRANSPORTE DA AMOSTRA	REFRIGERADO
COORDENADAS GEOGRÁFICAS	LATITUDE: -6,3417. LONGITUDE: -37,7528
DATA/HORA DA COLETA	28/07/2025 / 07:45
DATA/HORA DA ENTRADA	28/07/2025 / 18:20
DATA/HORA DO INÍCIO DA ANÁLISE	28/07/2025 / 20:15
DATA/HORA DO TÉRMINO DA ANÁLISE	01/08/2025 / 08:10
CHUVA NAS ÚLTIMAS 24 HORAS	NÃO

RESULTADOS ANALÍTICOS FÍSICO - QUÍMICOS

ENSAIO FÍSICO

ENSAIO	RESULTADO	UNIDADE	INCERTEZA DE MEDIÇÃO (+/-) %	*LQ	DESVIO PADRÃO	**VMP Portaria GM/MS N° 888/21	***METODOLOGIA
pH	6,28	-	0,02	0,00 a 14,00	0,01	6,0 – 9,0	SMEWW 24 Ed. 4500 H+ B
SOLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS - STD	165,90	ppm	0,15	0,15	0,02	500	SMEWW 24 Ed. 2540 C
TEMPERATURA DE ANÁLISE	21,2	°C	0,27	5,00	0,01	-	SMEWW 24 Ed. 2550 B
TURBIDEZ	0,16	NTU	0,80	0,00	0,02	5,0	SMEWW 24 Ed. 2130 B

ENSAIO QUÍMICO

ENSAIO	RESULTADO	UNIDADE	INCERTEZA DE MEDIÇÃO (+/-) %	*LQ	DESVIO PADRÃO	**VMP Portaria GM/MS N° 888/21	***METODOLOGIA
CLORETO	50,06	ppm em Cl	0,05	0,29	0,00	250,00	SMEWW 24 Ed. 4500 Cl- B
DUREZA TOTAL	78,62	ppm em CaCO ₃	0,01	0,50	0,00	300,00	SMEWW 24 Ed. 2340 C
NITRATO	14,73	ppm em N-NO ₃	0,02	0,04	0,00	10,00	SMEWW 24 Ed. 4500 NO ₃ B
NITRITO	0,02	ppm em N-NO ₂	0,01	0,01	0,00	1,00	SMEWW 24 Ed. 4500 NO ₂ B
SÓDIO	34,91	ppm em Na	0,25	0,10	0,00	200,00	SMEWW 24 Ed. 3500 Na B
SULFATO	7,18	ppm em SO ₄ ⁻²	0,03	0,08	0,00	250,00	SMEWW 24 Ed. 4500 SO ₄ ⁻² E

RESULTADOS ANALÍTICOS MICROBIOLÓGICOS

ENSAIO MICROBIOLÓGICO

ENSAIO	RESULTADO	UNIDADE	INCERTEZA DE MEDIÇÃO (+/-) %	*LQ	DESVIO PADRÃO	**VMP Portaria GM/MS N° 888/21	***METODOLOGIA
COLIFORMES TOTAIS	1,42 x 10 ⁴	UFC/100mL	N/A	AUSÊNCIA	0,00	AUSÊNCIA EM 100 mL	SMEWW 24 Ed. 9221 B e C
ESCHERICHIA COLI	AUSÊNCIA	UFC/100mL	N/A	AUSÊNCIA	0,00	AUSÊNCIA EM 100 mL	SMEWW 24 Ed. 9221 F

RESPONSÁVEL TÉCNICO
Msc. OSCAR BORGES MELO
CRQ: 19.3.00292 – XIX REGIÃO

MAIS ÁGUA SERVIÇOS DE TESTES E ANÁLISES TÉCNICAS LTDA - CNPJ: 43.374.196/0001-97

Av. Júlia Freire, n° 1106, Sala 306, Torre, João Pessoa/PB – CEP: 58040-040

Contato: (83) 9.8197-7186 / analismaisagua@gmail.com

Licença Sanitária - GVS: N° 06294 – Licença - SEMAM: 9189-22-JP-LOS – Licença CRQ 19° Região: N° 638



LABORATÓRIO: MAIS ÁGUA SERVIÇOS DE TESTES E ANÁLISES TÉCNICAS LTDA

LAUDO DE ANÁLISE N° 459/07

ABRANGÊNCIA

O(s) resultado(s) apresentados possui(em) significação restrita e se aplica tão somente à(s) amostra(s) analisada(s). Este Laudo de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração. Reprodução parcial somente com prévia autorização.

LEGISLAÇÃO

Portaria GM/MS N° 888, de 04 de Maio de 2021, Anexo XX, do Ministério da Saúde para controle e vigilância da qualidade de água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Os resultados desta análise têm significado restrito e se aplicam somente a amostra analisada. Este relatório somente pode ser reproduzido por completo e sem nenhuma alteração.

METODOLOGIA

***Metodologias: APHA – Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24ª ed. 2023.

LEGENDA

SMWW 24ª Ed= Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater - 24 Edition

(+/-) = Mais ou Menos

< = Menor que

*LQ = Limite de Quantificação

**VMP= Valor Máximo Permitido

(°C)= Graus Celsius

N/A = Não se Aplica

NTU= Unidade de Turbidez Nefelométrica

N/O = Não Objetável

pH= Potencial Hidrogeniônico

ppm= Parte por Milhão

UFC = Unidade Formadora de Colônias

POLÍTICA DE PRIVACIDADE: LGPD – LEI GERAL DE PROTEÇÃO DOS DADOS

O Laboratório Mais Água reconhece a importância da privacidade de dados pessoais e dados pessoais sensíveis e, em atendimento à Lei Geral de Proteção de Dados – LGPD (Lei 13.709/2018).

CONCLUSÕES

A amostra da água analisada em laboratório apresentou alterações dos seguintes parâmetros: Nitrato e Coliformes Totais. Resultando em NÃO CONFORMIDADE segundo a Portaria GM/MS N° 888, de 04 de Maio de 2021, Anexo XX, do Ministério da Saúde para controle e vigilância da qualidade de água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

RESPONSÁVEL TÉCNICO
MSc. OSCAR BORGES MELO
CRQ: 19.3.00292 – XIX REGIÃO

MAIS ÁGUA SERVIÇOS DE TESTES E ANÁLISES TÉCNICAS LTDA - CNPJ: 43.374.196/0001-97
Av. Júlia Freire, n°1106, Sala 306, Torre, João Pessoa/PB – CEP: 58040-040
Contato: (83) 9.8197-7186 / analisemaisagua@gmail.com
Licença Sanitária - GVS: N° 06294 – Licença - SEMAM: 9189-22-JP-LOS – Licença CRQ 19° Região: N° 638



LABORATÓRIO: MAIS ÁGUA SERVIÇOS DE TESTES E ANÁLISES TÉCNICAS LTDA

LAUDO DE ANÁLISE N° 460/07

EMISSÃO DE LAUDO: 01 de Agosto de 2025

DADOS DO LABORATÓRIO

RAZÃO SOCIAL	MAIS AGUA SERVICOS DE TESTES E ANALISES TECNICAS LTDA		
CNPJ	43.374.196/0001-97		
ENDEREÇO	AV. JULIA FREIRE, 1106, SALA 306	CEP	58.040-040
BAIRRO	TORRE	CIDADE - UF	JOAO PESSOA - PB
TELEFONE	(83) 9.8197-7186		
E-MAIL	analisemaisagua@gmail.com		

DADOS DO CLIENTE

NOME	MARIA LIDIA DOS SANTOS ANDRADE		
CPF			
LOCAL	POÇO DO SR. PONTO 2	CEP	58.884-000
BAIRRO	ZONA RURAL	CIDADE - UF	CATOLÉ DO ROCHA - PB
TELEFONE			
RESPONSÁVEL PELA SOLICITAÇÃO	SRA. LIDIA		
E-MAIL	lidialima165@gmail.com		

DADOS DA AMOSTRA

MATRIZ DA AMOSTRA	ÁGUA
RESPONSÁVEL PELA COLETA DA AMOSTRA	CLIENTE
DESCRIÇÃO DA ANÁLISE DA AMOSTRA	AMOSTRA DE AGUA PARA ANALISE FISICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA
PONTO DA COLETA DA AMOSTRA	AMOSTRA DE AGUA PROVENIENTE DO POÇO DO PONTO 2
TEMPERATURA DA AMOSTRA	29,4 °C
CONDIÇÕES DE TRANSPORTE DA AMOSTRA	REFRIGERADO
COORDENADAS GEOGRÁFICAS	LATITUDE: -6,3361. LONGITUDE: -37,7497
DATA/HORA DA COLETA	28/07/2025 / 08:07
DATA/HORA DA ENTRADA	28/07/2025 / 18:20
DATA/HORA DO INÍCIO DA ANÁLISE	28/07/2025 / 20:15
DATA/HORA DO TÉRMINO DA ANÁLISE	01/08/2025 / 08:10
CHUVA NAS ÚLTIMAS 24 HORAS	NÃO

RESULTADOS ANALÍTICOS FÍSICO - QUÍMICOS

ENSAIO FÍSICO

ENSAIO	RESULTADO	UNIDADE	INCERTEZA DE MEDIÇÃO (+/-) %	*LQ	DESVIO PADRÃO	**VMP Portaria GM/MS N° 888/21	***METODOLOGIA
pH	6,23	-	0,02	0,00 a 14,00	0,01	6,0 – 9,0	SMEWW 24 Ed. 4500 H+ B
SOLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS - STD	338,01	ppm	0,15	0,15	0,02	500	SMEWW 24 Ed. 2540 C
TEMPERATURA DE ANÁLISE	21,0	°C	0,27	5,00	0,01	-	SMEWW 24 Ed. 2550 B
TURBIDEZ	0,09	NTU	0,80	0,00	0,02	5,0	SMEWW 24 Ed. 2130 B

ENSAIO QUÍMICO

ENSAIO	RESULTADO	UNIDADE	INCERTEZA DE MEDIÇÃO (+/-) %	*LQ	DESVIO PADRÃO	**VMP Portaria GM/MS N° 888/21	***METODOLOGIA
CLORETO	116,75	ppm em Cl	0,05	0,29	0,00	250,00	SMEWW 24 Ed. 4500 Cl- B
DUREZA TOTAL	172,09	ppm em CaCO ₃	0,01	0,50	0,00	300,00	SMEWW 24 Ed. 2340 C
NITRATO	44,57	ppm em N-NO ₃	0,02	0,04	0,00	10,00	SMEWW 24 Ed. 4500 NO ₃ B
NITRITO	0,03	ppm em N-NO ₂	0,01	0,01	0,00	1,00	SMEWW 24 Ed. 4500 NO ₂ B
SÓDIO	81,75	ppm em Na	0,25	0,10	0,00	200,00	SMEWW 24 Ed. 3500 Na B
SULFATO	13,11	ppm em SO ₄ ⁻²	0,03	0,08	0,00	250,00	SMEWW 24 Ed. 4500 SO ₄ ⁻² E

RESULTADOS ANALÍTICOS MICROBIOLÓGICOS

ENSAIO MICROBIOLÓGICO

ENSAIO	RESULTADO	UNIDADE	INCERTEZA DE MEDIÇÃO (+/-) %	*LQ	DESVIO PADRÃO	**VMP Portaria GM/MS N° 888/21	***METODOLOGIA
COLIFORMES TOTAIS	2	UFC/100mL	N/A	AUSÊNCIA	0,00	AUSÊNCIA EM 100 mL	SMEWW 24 Ed. 9221 B e C
ESCHERICHIA COLI	AUSÊNCIA	UFC/100mL	N/A	AUSÊNCIA	0,00	AUSÊNCIA EM 100 mL	SMEWW 24 Ed. 9221 F

RESPONSÁVEL TÉCNICO
Msc. OSCAR BORGES MELO
CRQ: 19.3.00292 – XIX REGIÃO

MAIS ÁGUA SERVIÇOS DE TESTES E ANÁLISES TÉCNICAS LTDA - CNPJ: 43.374.196/0001-97
Av. Júlia Freire, n°1106, Sala 306, Torre, João Pessoa/PB – CEP: 58040-040
Contato: (83) 9.8197-7186 / analisemaisagua@gmail.com

Licença Sanitária - GVS: N° 06294 – Licença - SEMAM: 9189-22-JP-LOS – Licença CRQ 19° Região: N° 638



LABORATÓRIO: MAIS ÁGUA SERVIÇOS DE TESTES E ANÁLISES TÉCNICAS LTDA

LAUDO DE ANÁLISE N° 460/07

ABRANGÊNCIA

O(s) resultado(s) apresentados possui(em) significação restrita e se aplica tão somente à(s) amostra(s) analisada(s). Este Laudo de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração. Reprodução parcial somente com prévia autorização.

LEGISLAÇÃO

Portaria GM/MS N° 888, de 04 de Maio de 2021, Anexo XX, do Ministério da Saúde para controle e vigilância da qualidade de água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Os resultados desta análise têm significado restrito e se aplicam somente a amostra analisada. Este relatório somente pode ser reproduzido por completo e sem nenhuma alteração.

METODOLOGIA

***Metodologias: APHA – Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24ª ed. 2023.

LEGENDA

SMWW 24ª Ed= Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater - 24 Edition

(+/-) = Mais ou Menos

< = Menor que

*LQ = Limite de Quantificação

**VMP= Valor Máximo Permitido

(°C)= Graus Celsius

N/A = Não se Aplica

NTU= Unidade de Turbidez Nefelométrica

N/O = Não Objetável

pH= Potencial Hidrogeniônico

ppm= Parte por Milhão

UFC = Unidade Formadora de Colônias

POLITICA DE PRIVACIDADE: LGPD – LEI GERAL DE PROTEÇÃO DOS DADOS

O Laboratório Mais Água reconhece a importância da privacidade de dados pessoais e dados pessoais sensíveis e, em atendimento à Lei Geral de Proteção de Dados – LGPD (Lei 13.709/2018).

CONCLUSÕES

A amostra da água analisada em laboratório apresentou alterações dos seguintes parâmetros: Nitrato e Coliformes Totais. Resultando em NÃO CONFORMIDADE segundo a Portaria GM/MS N° 888, de 04 de Maio de 2021, Anexo XX, do Ministério da Saúde para controle e vigilância da qualidade de água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

RESPONSÁVEL TÉCNICO
MSc. OSCAR BORGES MELO
CRQ: 19.3.00292 – XIX REGIÃO

MAIS ÁGUA SERVIÇOS DE TESTES E ANÁLISES TÉCNICAS LTDA - CNPJ: 43.374.196/0001-97
Av. Júlia Freire, nº 1106, Sala 306, Torre, João Pessoa/PB – CEP: 58040-040
Contato: (83) 9.8197-7186 / analisemaisagua@gmail.com
Licença Sanitária - GVS: N° 06294 – Licença - SEMAM: 9189-22-JP-LOS – Licença CRQ 19° Região: N° 638



LABORATÓRIO: MAIS ÁGUA SERVIÇOS DE TESTES E ANÁLISES TÉCNICAS LTDA

LAUDO DE ANÁLISE N° 461/07

EMISSÃO DE LAUDO: 01 de Agosto de 2025

DADOS DO LABORATÓRIO

RAZÃO SOCIAL	MAIS AGUA SERVICOS DE TESTES E ANALISES TECNICAS LTDA		
CNPJ	43.374.196/0001-97		
ENDEREÇO	AV. JULIA FREIRE, 1106, SALA 306	CEP	58.040-040
BAIRRO	TORRE	CIDADE - UF	JOAO PESSOA - PB
TELEFONE	(83) 9.8197-7186		
E-MAIL	analismaisagua@gmail.com		

DADOS DO CLIENTE

NOME	MARIA LIDIA DOS SANTOS ANDRADE		
CPF			
LOCAL	POÇO PONTO 3	CEP	58.884-000
BAIRRO	ZONA RURAL	CIDADE - UF	CATOLÉ DO ROCHA - PB
TELEFONE			
RESPONSÁVEL PELA SOLICITAÇÃO	SRA. LIDIA		
E-MAIL	lidialima165@gmail.com		

DADOS DA AMOSTRA

MATRIZ DA AMOSTRA	ÁGUA
RESPONSÁVEL PELA COLETA DA AMOSTRA	CLIENTE
DESCRIÇÃO DA ANÁLISE DA AMOSTRA	AMOSTRA DE ÁGUA PARA ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA
PONTO DA COLETA DA AMOSTRA	PONTO 3
TEMPERATURA DA AMOSTRA	26,5 °C
CONDIÇÕES DE TRANSPORTE DA AMOSTRA	REFRIGERADO
COORDENADAS GEOGRÁFICAS	LATITUDE: -6,3389. LONGITUDE: -37,7489
DATA/HORA DA COLETA	28/07/2025 / 08:35
DATA/HORA DA ENTRADA	28/07/2025 / 18:20
DATA/HORA DO INÍCIO DA ANÁLISE	28/07/2025 / 20:15
DATA/HORA DO TÉRMINO DA ANÁLISE	01/08/2025 / 08:10
CHUVA NAS ÚLTIMAS 24 HORAS	NÃO

RESULTADOS ANALÍTICOS FÍSICO - QUÍMICOS

ENSAIO FÍSICO

ENSAIO	RESULTADO	UNIDADE	INCERTEZA DE MEDIÇÃO (+/-) %	*LQ	DESVIO PADRÃO	**VMP Portaria GM/MS N° 888/21	***METODOLOGIA
pH	6,41	-	0,02	0,00 a 14,00	0,01	6,0 – 9,0	SMEWW 24 Ed. 4500 H+ B
SOLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS - STD	427,61	ppm	0,15	0,15	0,02	500	SMEWW 24 Ed. 2540 C
TEMPERATURA DE ANÁLISE	21,1	°C	0,27	5,00	0,01	-	SMEWW 24 Ed. 2550 B
TURBIDEZ	0,33	NTU	0,80	0,00	0,02	5,0	SMEWW 24 Ed. 2130 B

ENSAIO QUÍMICO

ENSAIO	RESULTADO	UNIDADE	INCERTEZA DE MEDIÇÃO (+/-) %	*LQ	DESVIO PADRÃO	**VMP Portaria GM/MS N° 888/21	***METODOLOGIA
CLORETO	140,09	ppm em Cl	0,05	0,29	0,00	250,00	SMEWW 24 Ed. 4500 Cl- B
DUREZA TOTAL	221,34	ppm em CaCO ₃	0,01	0,50	0,00	300,00	SMEWW 24 Ed. 2340 C
NITRATO	7,68	ppm em N-NO ₃	0,02	0,04	0,00	10,00	SMEWW 24 Ed. 4500 NO ₃ B
NITRITO	0,04	ppm em N-NO ₂	0,01	0,01	0,00	1,00	SMEWW 24 Ed. 4500 NO ₂ B
SÓDIO	96,37	ppm em Na	0,25	0,10	0,00	200,00	SMEWW 24 Ed. 3500 Na B
SULFATO	22,18	ppm em SO ₄ ⁻²	0,03	0,08	0,00	250,00	SMEWW 24 Ed. 4500 SO ₄ ⁻² E

RESULTADOS ANALÍTICOS MICROBIOLÓGICOS

ENSAIO MICROBIOLÓGICO

ENSAIO	RESULTADO	UNIDADE	INCERTEZA DE MEDIÇÃO (+/-) %	*LQ	DESVIO PADRÃO	**VMP Portaria GM/MS N° 888/21	***METODOLOGIA
COLIFORMES TOTAIS	3,1 x 10 ⁶	UFC/100mL	N/A	AUSÊNCIA	0,00	AUSÊNCIA EM 100 mL	SMEWW 24 Ed. 9221 B e C
ESCHERICHIA COLI	AUSÊNCIA	UFC/100mL	N/A	AUSÊNCIA	0,00	AUSÊNCIA EM 100 mL	SMEWW 24 Ed. 9221 F

RESPONSÁVEL TÉCNICO
MSc. OSCAR BORGES MELO
CRQ: 19.3.00292 – XIX REGIÃO

MAIS ÁGUA SERVIÇOS DE TESTES E ANÁLISES TÉCNICAS LTDA - CNPJ: 43.374.196/0001-97
Av. Júlia Freire, nº 1106, Sala 306, Torre, João Pessoa/PB – CEP: 58040-040
Contato: (83) 9.8197-7186 / analismaisagua@gmail.com

Licença Sanitária - GVS: N° 06294 – Licença - SEMAM: 9189-22-JP-LOS – Licença CRQ 19° Região: N° 638



LABORATÓRIO: MAIS ÁGUA SERVIÇOS DE TESTES E ANÁLISES TÉCNICAS LTDA

LAUDO DE ANÁLISE N° 461/07

ABRANGÊNCIA

O(s) resultado(s) apresentados possui(em) significação restrita e se aplica tão somente à(s) amostra(s) analisada(s). Este Laudo de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração. Reprodução parcial somente com prévia autorização.

LEGISLAÇÃO

Portaria GM/MS N° 888, de 04 de Maio de 2021, Anexo XX, do Ministério da Saúde para controle e vigilância da qualidade de água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Os resultados desta análise têm significado restrito e se aplicam somente a amostra analisada. Este relatório somente pode ser reproduzido por completo e sem nenhuma alteração.

METODOLOGIA

***Metodologias: APHA – Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24ª ed. 2023.

LEGENDA

SMWW 24ª Ed= Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater - 24 Edition

(+/-) = Mais ou Menos

< = Menor que

*LQ = Limite de Quantificação

**VMP= Valor Máximo Permitido

(°C)= Graus Celsius

N/A = Não se Aplica

NTU= Unidade de Turbidez Nefelométrica

N/O = Não Objetável

pH= Potencial Hidrogeniônico

ppm= Parte por Milhão

UFC = Unidade Formadora de Colônias

POLÍTICA DE PRIVACIDADE: LGPD – LEI GERAL DE PROTEÇÃO DOS DADOS

O Laboratório Mais Água reconhece a importância da privacidade de dados pessoais e dados pessoais sensíveis e, em atendimento à Lei Geral de Proteção de Dados – LGPD (Lei 13.709/2018).

CONCLUSÕES

A amostra da água analisada em laboratório apresentou alteração do seguinte parâmetro: Coliformes Totais. Resultando em NÃO CONFORMIDADE segundo a Portaria GM/MS N° 888, de 04 de Maio de 2021, Anexo XX, do Ministério da Saúde para controle e vigilância da qualidade de água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

RESPONSÁVEL TÉCNICO
MSc. OSCAR BORGES MELO
CRQ: 19.3.00292 – XIX REGIÃO

MAIS ÁGUA SERVIÇOS DE TESTES E ANÁLISES TÉCNICAS LTDA - CNPJ: 43.374.196/0001-97
Av. Júlia Freire, n° 1106, Sala 306, Torre, João Pessoa/PB – CEP: 58040-040
Contato: (83) 9.8197-7186 / analisemaisagua@gmail.com
Licença Sanitária - GVS: N° 06294 – Licença - SEMAM: 9189-22-JP-LOS – Licença CRQ 19º Região: N° 638



LABORATÓRIO: MAIS ÁGUA SERVIÇOS DE TESTES E ANÁLISES TÉCNICAS LTDA

LAUDO DE ANÁLISE N° 465/07

EMISSÃO DE LAUDO: 01 de Agosto de 2025

DADOS DO LABORATÓRIO

RAZÃO SOCIAL	MAIS AGUA SERVICOS DE TESTES E ANALISES TECNICAS LTDA		
CNPJ	43.374.196/0001-97		
ENDEREÇO	AV. JULIA FREIRE, 1106, SALA 306	CEP	58.040-040
BAIRRO	TORRE	CIDADE - UF	JOAO PESSOA - PB
TELEFONE	(83) 9.8197-7186		
E-MAIL	analisemaisagua@gmail.com		

DADOS DO CLIENTE

NOME	MARIA LIDIA DOS SANTOS ANDRADE		
CPF			
LOCAL	AMOSTRA DO RIACHO (PONTO 4) APOS A PONTE , AO LADO DO MONTE TABOR	CEP	58.884-000
BAIRRO	ZONA RURAL	CIDADE - UF	CATOLÉ DO ROCHA - PB
TELEFONE			
RESPONSÁVEL PELA SOLICITAÇÃO	SRA. LIDIA		
E-MAIL	lidialima165@gmail.com		

DADOS DA AMOSTRA

MATRIZ DA AMOSTRA	ÁGUA
RESPONSÁVEL PELA COLETA DA AMOSTRA	CLIENTE
DESCRIÇÃO DA ANÁLISE DA AMOSTRA	AMOSTRA DE ÁGUA PARA ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA
PONTO DA COLETA DA AMOSTRA	AMOSTRA DO RIACHO APOS A PONTE, AO LADO DO MONTE TABOR
TEMPERATURA DA AMOSTRA	23,0 °C
CONDIÇÕES DE TRANSPORTE DA AMOSTRA	REFRIGERADO
COORDENADAS GEOGRÁFICAS	-----
DATA/HORA DA COLETA	28/07/2025 / 10:32
DATA/HORA DA ENTRADA	28/07/2025 / 18:20
DATA/HORA DO INÍCIO DA ANÁLISE	28/07/2025 / 20:15
DATA/HORA DO TÉRMINO DA ANÁLISE	01/08/2025 / 08:10
CHUVA NAS ÚLTIMAS 24 HORAS	NAO

RESULTADOS ANALÍTICOS FÍSICO - QUÍMICOS

ENSAIO FÍSICO

ENSAIO	RESULTADO	UNIDADE	INCERTEZA DE MEDIÇÃO (+/-) %	*LQ	DESVIO PADRÃO	**VMP Portaria GM/MS N° 888/21	***METODOLOGIA
pH	7,24	-	0,02	0,00 a 14,00	0,01	6,0 - 9,0	SMEWW 24 Ed. 4500 H+ B
SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS - STD	460,79	ppm	0,15	0,15	0,02	500	SMEWW 24 Ed. 2540 C
TEMPERATURA DE ANÁLISE	21,1	°C	0,27	5,00	0,01	-	SMEWW 24 Ed. 2550 B
TURBIDEZ	4,82	NTU	0,80	0,00	0,02	5,0	SMEWW 24 Ed. 2130 B

ENSAIO QUÍMICO

ENSAIO	RESULTADO	UNIDADE	INCERTEZA DE MEDIÇÃO (+/-) %	*LQ	DESVIO PADRÃO	**VMP Portaria GM/MS N° 888/21	***METODOLOGIA
CLORETO	143,39	ppm em Cl	0,05	0,29	0,00	250,00	SMEWW 24 Ed. 4500 Cl- B
DUREZA TOTAL	186,73	ppm em CaCO ₃	0,01	0,50	0,00	300,00	SMEWW 24 Ed. 2340 C
NITRATO	0,67	ppm em N-NO ₃	0,02	0,04	0,00	10,00	SMEWW 24 Ed. 4500 NO ₃ B
NITRITO	0,03	ppm em N-NO ₂	0,01	0,01	0,00	1,00	SMEWW 24 Ed. 4500 NO ₂ B
SÓDIO	95,72	ppm em Na	0,25	0,10	0,00	200,00	SMEWW 24 Ed. 3500 Na B
SULFATO	30,91	ppm em SO ₄ ⁻²	0,03	0,08	0,00	250,00	SMEWW 24 Ed. 4500 SO ₄ ⁻² E

RESULTADOS ANALÍTICOS MICROBIOLÓGICOS

ENSAIO MICROBIOLÓGICO

ENSAIO	RESULTADO	UNIDADE	INCERTEZA DE MEDIÇÃO (+/-) %	*LQ	DESVIO PADRÃO	**VMP Portaria GM/MS N° 888/21	***METODOLOGIA
COLIFORMES TOTAIS	5,66 x 10 ²	UFC/100mL	N/A	AUSENCIA	0,00	AUSENCIA EM 100 mL	SMEWW 24 Ed. 9221 B e C
ESCHERICHIA COLI	3,8 x 10 ¹	UFC/100mL	N/A	AUSENCIA	0,00	AUSENCIA EM 100 mL	SMEWW 24 Ed. 9221 F

RESPONSÁVEL TÉCNICO

MSc. OSCAR BORGES MELO

CRQ: 19.3.00292 - XIX REGIÃO

MAIS ÁGUA SERVIÇOS DE TESTES E ANÁLISES TÉCNICAS LTDA - CNPJ: 43.374.196/0001-97

Av. Júlia Freire, nº 1106, Sala 306, Torre, João Pessoa/PB - CEP: 58040-040

Contato: (83) 9.8197-7186 / analisemaisagua@gmail.com

Licença Sanitária - GVS: N° 06294 - Licença - SEMAM: 9189-22-JP-LOS - Licença CRQ 19° Região: N° 638



+ÁGUA

LABORATÓRIO: MAIS ÁGUA SERVIÇOS DE TESTES E ANÁLISES TÉCNICAS LTDA

LAUDO DE ANÁLISE N° 465/07

ABRANGÊNCIA

O(s) resultado(s) apresentados possui(em) significação restrita e se aplica tão somente à(s) amostra(s) analisada(s). Este Laudo de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração. Reprodução parcial somente com prévia autorização.

LEGISLAÇÃO

Portaria GM/MS N° 888, de 04 de Maio de 2021, Anexo XX, do Ministério da Saúde para controle e vigilância da qualidade de água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Os resultados desta análise têm significado restrito e se aplicam somente a amostra analisada. Este relatório somente pode ser reproduzido por completo e sem nenhuma alteração.

METODOLOGIA

***Metodologias: APHA – Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24ª ed. 2023.

LEGENDA

SMWW 24ª Ed= Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater - 24 Edition

(+/-) = Mais ou Menos

< = Menor que

*LQ = Limite de Quantificação

**VMP= Valor Máximo Permitido

(°C)= Graus Celsius

N/A = Não se Aplica

NTU= Unidade de Turbidez Nefelométrica

N/O = Não Objetável

pH= Potencial Hidrogeniônico

ppm= Parte por Milhão

UFC = Unidade Formadora de Colônias

POLÍTICA DE PRIVACIDADE: LGPD – LEI GERAL DE PROTEÇÃO DOS DADOS

O Laboratório Mais Água reconhece a importância da privacidade de dados pessoais e dados pessoais sensíveis e, em atendimento à Lei Geral de Proteção de Dados – LGPD (Lei 13.709/2018).

CONCLUSÕES

A amostra da água analisada em laboratório apresentou alterações dos seguintes parâmetros: Coliformes Totais e Escherichia Coli. Resultando em **NÃO CONFORMIDADE** segundo a Portaria GM/MS N° 888, de 04 de Maio de 2021, Anexo XX, do Ministério da Saúde para controle e vigilância da qualidade de água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

RESPONSÁVEL TÉCNICO
MSc. OSCAR BORGES MELO
CRQ: 19.3.00292 – XIX REGIÃO

MAIS ÁGUA SERVIÇOS DE TESTES E ANÁLISES TÉCNICAS LTDA - CNPJ: 43.374.196/0001-97
Av. Júlia Freire, n°1106, Sala 306, Torre, João Pessoa/PB – CEP: 58040-040
Contato: (83) 9.8197-7186 / analisemaisagua@gmail.com
Licença Sanitária - GVS: N° 06294 – Licença - SEMAM: 9189-22-JP-LOS – Licença CRQ 19° Região: N° 638



LABORATÓRIO: MAIS ÁGUA SERVIÇOS DE TESTES E ANÁLISES TÉCNICAS LTDA

LAUDO DE ANÁLISE N° 463/07

EMISSÃO DE LAUDO: 01 de Agosto de 2025

DADOS DO LABORATÓRIO

RAZÃO SOCIAL	MAIS AGUA SERVICOS DE TESTES E ANALISES TECNICAS LTDA		
CNPJ	43.374.196/0001-97		
ENDEREÇO	AV. JULIA FREIRE, 1106, SALA 306	CEP	58.040-040
BAIRRO	TORRE	CIDADE - UF	JOAO PESSOA - PB
TELEFONE	(83) 9.8197-7186		
E-MAIL	analismaisagua@gmail.com		

DADOS DO CLIENTE

NOME	MARIA LIDIA DOS SANTOS ANDRADE		
CPF			
LOCAL	POÇO PROXIMO AO RIACHO/PONTO 5	CEP	58.884-000
BAIRRO	ZONA RURAL	CIDADE - UF	CATOLÉ DO ROCHA - PB
TELEFONE			
RESPONSÁVEL PELA SOLICITAÇÃO	SRA. LIDIA		
E-MAIL	lidialima165@gmail.com		

DADOS DA AMOSTRA

MATRIZ DA AMOSTRA	ÁGUA
RESPONSÁVEL PELA COLETA DA AMOSTRA	CLIENTE
DESCRIÇÃO DA ANÁLISE DA AMOSTRA	AMOSTRA DE AGUA PARA ANALISE FISICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA
PONTO DA COLETA DA AMOSTRA	AMOSTRA DE AGUA PROVENIENTE DO POÇO PROXIMO AO RIACHO/ PONTO 5
TEMPERATURA DA AMOSTRA	17,6 °C
CONDIÇÕES DE TRANSPORTE DA AMOSTRA	REFRIGERADO
COORDENADAS GEOGRÁFICAS	LATITUDE: -6,3505. LONGITUDE: -3,7254
DATA/HORA DA COLETA	28/07/2025 / 09:46
DATA/HORA DA ENTRADA	28/07/2025 / 18:20
DATA/HORA DO INÍCIO DA ANÁLISE	28/07/2025 / 20:15
DATA/HORA DO TÉRMINO DA ANÁLISE	01/08/2025 / 08:10
CHUVA NAS ÚLTIMAS 24 HORAS	NÃO

RESULTADOS ANALÍTICOS FÍSICO - QUÍMICOS

ENSAIO FÍSICO

ENSAIO	RESULTADO	UNIDADE	INCERTEZA DE MEDIÇÃO (+/-) %	*LQ	DESVIO PADRÃO	**VMP Portaria GM/MS N° 888/21	***METODOLOGIA
pH	7,28	-	0,02	0,00 a 14,00	0,01	6,0 – 9,0	SMEWW 24 Ed. 4500 H+ B
SOLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS - STD	525,93	ppm	0,15	0,15	0,02	500	SMEWW 24 Ed. 2540 C
TEMPERATURA DE ANÁLISE	21,2	°C	0,27	5,00	0,01	-	SMEWW 24 Ed. 2550 B
TURBIDEZ	0,58	NTU	0,80	0,00	0,02	5,0	SMEWW 24 Ed. 2130 B

ENSAIO QUÍMICO

ENSAIO	RESULTADO	UNIDADE	INCERTEZA DE MEDIÇÃO (+/-) %	*LQ	DESVIO PADRÃO	**VMP Portaria GM/MS N° 888/21	***METODOLOGIA
CLORETO	189,57	ppm em Cl	0,05	0,29	0,00	250,00	SMEWW 24 Ed. 4500 Cl- B
DUREZA TOTAL	162,28	ppm em CaCO ₃	0,01	0,50	0,00	300,00	SMEWW 24 Ed. 2340 C
NITRATO	6,88	ppm em N-NO ₃	0,02	0,04	0,00	10,00	SMEWW 24 Ed. 4500 NO ₃ B
NITRITO	0,03	ppm em N-NO ₂	0,01	0,01	0,00	1,00	SMEWW 24 Ed. 4500 NO ₂ B
SÓDIO	132,94	ppm em Na	0,25	0,10	0,00	200,00	SMEWW 24 Ed. 3500 Na B
SULFATO	17,59	ppm em SO ₄ ⁻²	0,03	0,08	0,00	250,00	SMEWW 24 Ed. 4500 SO ₄ ⁻² E

RESULTADOS ANALÍTICOS MICROBIOLÓGICOS

ENSAIO MICROBIOLÓGICO

ENSAIO	RESULTADO	UNIDADE	INCERTEZA DE MEDIÇÃO (+/-) %	*LQ	DESVIO PADRÃO	**VMP Portaria GM/MS N° 888/21	***METODOLOGIA
COLIFORMES TOTAIS	3,08 x 10 ⁴	UFC/100mL	N/A	AUSÊNCIA	0,00	AUSÊNCIA EM 100 mL	SMEWW 24 Ed. 9221 B e C
ESCHERICHIA COLI	2,16 x 10 ²	UFC/100mL	N/A	AUSÊNCIA	0,00	AUSÊNCIA EM 100 mL	SMEWW 24 Ed. 9221 F

RESPONSÁVEL TÉCNICO
Msc. OSCAR BORGES MELO
CRQ: 19.3.00292 – XIX REGIÃO

MAIS ÁGUA SERVIÇOS DE TESTES E ANÁLISES TÉCNICAS LTDA - CNPJ: 43.374.196/0001-97

Av. Júlia Freire, nº 1106, Sala 306, Torre, João Pessoa/PB – CEP: 58040-040

Contato: (83) 9.8197-7186 / analismaisagua@gmail.com

Licença Sanitária - GVS: N° 06294 – Licença - SEMAM: 9189-22-JP-LOS – Licença CRQ 19° Região: N° 638



+ÁGUA

LABORATÓRIO: MAIS ÁGUA SERVIÇOS DE TESTES E ANÁLISES TÉCNICAS LTDA

LAUDO DE ANÁLISE N° 463/07

ABRANGÊNCIA

O(s) resultado(s) apresentados possui(em) significação restrita e se aplica tão somente à(s) amostra(s) analisada(s). Este Laudo de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração. Reprodução parcial somente com prévia autorização.

LEGISLAÇÃO

Portaria GM/MS N° 888, de 04 de Maio de 2021, Anexo XX, do Ministério da Saúde para controle e vigilância da qualidade de água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Os resultados desta análise têm significado restrito e se aplicam somente a amostra analisada. Este relatório somente pode ser reproduzido por completo e sem nenhuma alteração.

METODOLOGIA

***Metodologias: APHA – Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24ª ed. 2023.

LEGENDA

SMWW 24ª Ed= Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater - 24 Edition

(+/-) = Mais ou Menos

< = Menor que

*LQ = Limite de Quantificação

**VMP= Valor Máximo Permitido

(°C)= Graus Celsius

N/A = Não se Aplica

NTU= Unidade de Turbidez Nefelométrica

N/O = Não Objetável

pH= Potencial Hidrogeniônico

ppm= Parte por Milhão

UFC = Unidade Formadora de Colônias

POLÍTICA DE PRIVACIDADE: LGPD – LEI GERAL DE PROTEÇÃO DOS DADOS

O Laboratório Mais Água reconhece a importância da privacidade de dados pessoais e dados pessoais sensíveis e, em atendimento à Lei Geral de Proteção de Dados – LGPD (Lei 13.709/2018).

CONCLUSÕES

A amostra da água analisada em laboratório apresentou alterações dos seguintes parâmetros: Sólidos Totais Dissolvidos, Coliformes Totais e Escherichia Coli. Resultando em **NÃO CONFORMIDADE** segundo a Portaria GM/MS N° 888, de 04 de Maio de 2021, Anexo XX, do Ministério da Saúde para controle e vigilância da qualidade de água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

RESPONSÁVEL TÉCNICO
MSc. OSCAR BORGES MELO
CRQ: 19.3.00292 – XIX REGIÃO

MAIS ÁGUA SERVIÇOS DE TESTES E ANÁLISES TÉCNICAS LTDA - CNPJ: 43.374.196/0001-97
Av. Júlia Freire, n°1106, Sala 306, Torre, João Pessoa/PB – CEP: 58040-040
Contato: (83) 9.8197-7186 / analisemaisagua@gmail.com
Licença Sanitária - GVS: N° 06294 – Licença - SEMAM: 9189-22-JP-LOS – Licença CRQ 19º Região: N° 638



LABORATÓRIO: MAIS ÁGUA SERVIÇOS DE TESTES E ANÁLISES TÉCNICAS LTDA

LAUDO DE ANÁLISE N° 462/07

EMISSÃO DE LAUDO: 01 de Agosto de 2025

DADOS DO LABORATÓRIO

RAZÃO SOCIAL	MAIS AGUA SERVICOS DE TESTES E ANALISES TECNICAS LTDA		
CNPJ	43.374.196/0001-97		
ENDEREÇO	AV. JULIA FREIRE, 1106, SALA 306	CEP	58.040-040
BAIRRO	TORRE	CIDADE - UF	JOAO PESSOA - PB
TELEFONE	(83) 9.8197-7186		
E-MAIL	analismaisagua@gmail.com		

DADOS DO CLIENTE

NOME	MARIA LIDIA DOS SANTOS ANDRADE		
CPF			
LOCAL	PASSAGEM DO RIACHO NA UEPB/ PONTO 6	CEP	58.884-000
BAIRRO	ZONA RURAL	CIDADE - UF	CATOLÉ DO ROCHA - PB
TELEFONE			
RESPONSÁVEL PELA SOLICITAÇÃO	SRA. LIDIA		
E-MAIL	lidialima165@gmail.com		

DADOS DA AMOSTRA

MATRIZ DA AMOSTRA	ÁGUA
RESPONSÁVEL PELA COLETA DA AMOSTRA	CLIENTE
DESCRIÇÃO DA ANÁLISE DA AMOSTRA	AMOSTRA DE ÁGUA PARA ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA
PONTO DA COLETA DA AMOSTRA	AMOSTRA DE ÁGUA PROVENIENTE DA PASSAGEM DO RIACHO NA UEPB/ PONTO 6
TEMPERATURA DA AMOSTRA	19,4 °C
CONDIÇÕES DE TRANSPORTE DA AMOSTRA	REFRIGERADO
COORDENADAS GEOGRÁFICAS	-----
DATA/HORA DA COLETA	28/07/2025 / 09:26
DATA/HORA DA ENTRADA	28/07/2025 / 18:20
DATA/HORA DO INÍCIO DA ANÁLISE	28/07/2025 / 20:15
DATA/HORA DO TÉRMINO DA ANÁLISE	01/08/2025 / 08:10
CHUVA NAS ÚLTIMAS 24 HORAS	NÃO

RESULTADOS ANALÍTICOS FÍSICO - QUÍMICOS

ENSAIO FÍSICO

ENSAIO	RESULTADO	UNIDADE	INCERTEZA DE MEDIÇÃO (+/-) %	*LQ	DESVIO PADRÃO	**VMP Portaria GM/MS N° 888/21	***METODOLOGIA
pH	7,69	-	0,02	0,00 a 14,00	0,01	6,0 – 9,0	SMEWW 24 Ed. 4500 H+ B
SOLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS - STD	650,42	ppm	0,15	0,15	0,02	500	SMEWW 24 Ed. 2540 C
TEMPERATURA DE ANÁLISE	21,0	°C	0,27	5,00	0,01	-	SMEWW 24 Ed. 2550 B
TURBIDEZ	63,90	NTU	0,80	0,00	0,02	5,0	SMEWW 24 Ed. 2130 B

ENSAIO QUÍMICO

ENSAIO	RESULTADO	UNIDADE	INCERTEZA DE MEDIÇÃO (+/-) %	*LQ	DESVIO PADRÃO	**VMP Portaria GM/MS N° 888/21	***METODOLOGIA
CLORETO	195,12	ppm em Cl	0,05	0,29	0,00	250,00	SMEWW 24 Ed. 4500 Cl- B
DUREZA TOTAL	167,18	ppm em CaCO ₃	0,01	0,50	0,00	300,00	SMEWW 24 Ed. 2340 C
NITRATO	1,53	ppm em N-NO ₃	0,02	0,04	0,00	10,00	SMEWW 24 Ed. 4500 NO ₃ B
NITRITO	0,02	ppm em N-NO ₂	0,01	0,01	0,00	1,00	SMEWW 24 Ed. 4500 NO ₂ B
SÓDIO	144,38	ppm em Na	0,25	0,10	0,00	200,00	SMEWW 24 Ed. 3500 Na B
SULFATO	28,90	ppm em SO ₄ ⁻²	0,03	0,08	0,00	250,00	SMEWW 24 Ed. 4500 SO ₄ ⁻² E

RESULTADOS ANALÍTICOS MICROBIOLÓGICOS

ENSAIO MICROBIOLÓGICO

ENSAIO	RESULTADO	UNIDADE	INCERTEZA DE MEDIÇÃO (+/-) %	*LQ	DESVIO PADRÃO	**VMP Portaria GM/MS N° 888/21	***METODOLOGIA
COLIFORMES TOTAIS	4,56 x 10 ²	UFC/100mL	N/A	AUSÊNCIA	0,00	AUSÊNCIA EM 100 mL	SMEWW 24 Ed. 9221 B e C
ESCHERICHIA COLI	8,5 x 10 ¹	UFC/100mL	N/A	AUSÊNCIA	0,00	AUSÊNCIA EM 100 mL	SMEWW 24 Ed. 9221 F

RESPONSÁVEL TÉCNICO
MSc. OSCAR BORGES MELO
CRQ: 19.3.00292 – XIX REGIÃO

MAIS ÁGUA SERVIÇOS DE TESTES E ANÁLISES TÉCNICAS LTDA - CNPJ: 43.374.196/0001-97

Av. Júlia Freire, nº 1106, Sala 306, Torre, João Pessoa/PB – CEP: 58040-040

Contato: (83) 9.8197-7186 / analismaisagua@gmail.com

Licença Sanitária - GVS: N° 06294 – Licença - SEMAM: 9189-22-JP-LOS – Licença CRQ 19° Região: N° 638



LABORATÓRIO: MAIS ÁGUA SERVIÇOS DE TESTES E ANÁLISES TÉCNICAS LTDA

LAUDO DE ANÁLISE N° 462/07

ABRANGÊNCIA

O(s) resultado(s) apresentados possui(em) significação restrita e se aplica tão somente à(s) amostra(s) analisada(s). Este Laudo de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração. Reprodução parcial somente com prévia autorização.

LEGISLAÇÃO

Portaria GM/MS N° 888, de 04 de Maio de 2021, Anexo XX, do Ministério da Saúde para controle e vigilância da qualidade de água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Os resultados desta análise têm significado restrito e se aplicam somente a amostra analisada. Este relatório somente pode ser reproduzido por completo e sem nenhuma alteração.

METODOLOGIA

***Metodologias: APHA – Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24ª ed. 2023.

LEGENDA

SMWW 24ª Ed= Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater - 24 Edition

(+/-) = Mais ou Menos

< = Menor que

*LQ = Limite de Quantificação

**VMP= Valor Máximo Permitido

(°C)= Graus Celsius

N/A = Não se Aplica

NTU= Unidade de Turbidez Nefelométrica

N/O = Não Objetável

pH= Potencial Hidrogeniônico

ppm= Parte por Milhão

UFC = Unidade Formadora de Colônias

POLÍTICA DE PRIVACIDADE: LGPD – LEI GERAL DE PROTEÇÃO DOS DADOS

O Laboratório Mais Água reconhece a importância da privacidade de dados pessoais e dados pessoais sensíveis e, em atendimento à Lei Geral de Proteção de Dados – LGPD (Lei 13.709/2018).

CONCLUSÕES

A amostra da água analisada em laboratório apresentou alterações dos seguintes parâmetros: Sólidos Totais Dissolvidos, Turbidez, Coliformes Totais e Escherichia Coli. Resultando em **NÃO CONFORMIDADE** segundo a Portaria GM/MS N° 888, de 04 de Maio de 2021, Anexo XX, do Ministério da Saúde para controle e vigilância da qualidade de água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

RESPONSÁVEL TÉCNICO
MSc. OSCAR BORGES MELO
CRQ: 19.3.00292 – XIX REGIÃO

MAIS ÁGUA SERVIÇOS DE TESTES E ANÁLISES TÉCNICAS LTDA - CNPJ: 43.374.196/0001-97
Av. Júlia Freire, n° 1106, Sala 306, Torre, João Pessoa/PB – CEP: 58040-040
Contato: (83) 9.8197-7186 / analisemaisagua@gmail.com
Licença Sanitária - GVS: N° 06294 – Licença - SEMAM: 9189-22-JP-LOS – Licença CRQ 19° Região: N° 638



LABORATÓRIO: MAIS ÁGUA SERVIÇOS DE TESTES E ANÁLISES TÉCNICAS LTDA

LAUDO DE ANÁLISE N° 464/07

EMISSÃO DE LAUDO: 01 de Agosto de 2025

DADOS DO LABORATÓRIO

RAZÃO SOCIAL	MAIS AGUA SERVICOS DE TESTES E ANALISES TECNICAS LTDA		
CNPJ	43.374.196/0001-97		
ENDEREÇO	AV. JULIA FREIRE, 1106, SALA 306	CEP	58.040-040
BAIRRO	TORRE	CIDADE - UF	JOAO PESSOA - PB
TELEFONE	(83) 9.8197-7186		
E-MAIL	analismaisagua@gmail.com		

DADOS DO CLIENTE

NOME	MARIA LIDIA DOS SANTOS ANDRADE		
CPF			
LOCAL	POÇO DA HORTALIÇA UEPB / PONTO 7	CEP	58.884-000
BAIRRO	ZONA RURAL	CIDADE - UF	CATOLÉ DO ROCHA - PB
TELEFONE			
RESPONSÁVEL PELA SOLICITAÇÃO	SRA. LIDIA		
E-MAIL	lidialima165@gmail.com		

DADOS DA AMOSTRA

MATRIZ DA AMOSTRA	ÁGUA
RESPONSÁVEL PELA COLETA DA AMOSTRA	CLIENTE
DESCRIÇÃO DA ANÁLISE DA AMOSTRA	AMOSTRA DE AGUA PARA ANALISE FISICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA
PONTO DA COLETA DA AMOSTRA	AMOSTRA DE AGUA PROVENIENTE DO POÇO DA HORTALIÇA UEPB / PONTO 7
TEMPERATURA DA AMOSTRA	17,7 °C
CONDIÇÕES DE TRANSPORTE DA AMOSTRA	REFRIGERADO
COORDENADAS GEOGRÁFICAS	LATITUDE: -6,3532. LONGITUDE: -37,7220
DATA/HORA DA COLETA	28/07/2025 / 10:05
DATA/HORA DA ENTRADA	28/07/2025 / 18:20
DATA/HORA DO INÍCIO DA ANÁLISE	28/07/2025 / 20:15
DATA/HORA DO TÉRMINO DA ANÁLISE	01/08/2025 / 08:10
CHUVA NAS ÚLTIMAS 24 HORAS	NÃO

RESULTADOS ANALÍTICOS FÍSICO - QUÍMICOS

ENSAIO FÍSICO

ENSAIO	RESULTADO	UNIDADE	INCERTEZA DE MEDIÇÃO (+/-) %	*LQ	DESVIO PADRÃO	**VMP Portaria GM/MS N° 888/21	***METODOLOGIA
pH	7,18	-	0,02	0,00 a 14,00	0,01	6,0 – 9,0	SMEWW 24 Ed. 4500 H+ B
SOLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS - STD	534,72	ppm	0,15	0,15	0,02	500	SMEWW 24 Ed. 2540 C
TEMPERATURA DE ANÁLISE	21,0	°C	0,27	5,00	0,01	-	SMEWW 24 Ed. 2550 B
TURBIDEZ	10,69	NTU	0,80	0,00	0,02	5,0	SMEWW 24 Ed. 2130 B

ENSAIO QUÍMICO

ENSAIO	RESULTADO	UNIDADE	INCERTEZA DE MEDIÇÃO (+/-) %	*LQ	DESVIO PADRÃO	**VMP Portaria GM/MS N° 888/21	***METODOLOGIA
CLORETO	188,41	ppm em Cl	0,05	0,29	0,00	250,00	SMEWW 24 Ed. 4500 Cl- B
DUREZA TOTAL	201,67	ppm em CaCO ₃	0,01	0,50	0,00	300,00	SMEWW 24 Ed. 2340 C
NITRATO	0,45	ppm em N-NO ₃	0,02	0,04	0,00	10,00	SMEWW 24 Ed. 4500 NO ₃ B
NITRITO	0,02	ppm em N-NO ₂	0,01	0,01	0,00	1,00	SMEWW 24 Ed. 4500 NO ₂ B
SÓDIO	129,68	ppm em Na	0,25	0,10	0,00	200,00	SMEWW 24 Ed. 3500 Na B
SULFATO	9,38	ppm em SO ₄ ⁻²	0,03	0,08	0,00	250,00	SMEWW 24 Ed. 4500 SO ₄ ⁻² E

RESULTADOS ANALÍTICOS MICROBIOLÓGICOS

ENSAIO MICROBIOLÓGICO

ENSAIO	RESULTADO	UNIDADE	INCERTEZA DE MEDIÇÃO (+/-) %	*LQ	DESVIO PADRÃO	**VMP Portaria GM/MS N° 888/21	***METODOLOGIA
COLIFORMES TOTAIS	8,84 x 10 ⁴	UFC/100mL	N/A	AUSÊNCIA	0,00	AUSÊNCIA EM 100 mL	SMEWW 24 Ed. 9221 B e C
ESCHERICHIA COLI	AUSÊNCIA	UFC/100mL	N/A	AUSÊNCIA	0,00	AUSÊNCIA EM 100 mL	SMEWW 24 Ed. 9221 F

RESPONSÁVEL TÉCNICO
Msc. OSCAR BORGES MELO
CRQ: 19.3.00292 – XIX REGIÃO

MAIS ÁGUA SERVIÇOS DE TESTES E ANÁLISES TÉCNICAS LTDA - CNPJ: 43.374.196/0001-97
Av. Júlia Freire, n° 1106, Sala 306, Torre, João Pessoa/PB – CEP: 58040-040
Contato: (83) 9.8197-7186 / analismaisagua@gmail.com
Licença Sanitária - GVS: N° 06294 – Licença - SEMAM: 9189-22-JP-LOS – Licença CRQ 19° Região: N° 638



LABORATÓRIO: MAIS ÁGUA SERVIÇOS DE TESTES E ANÁLISES TÉCNICAS LTDA

LAUDO DE ANÁLISE N° 464/07

ABRANGÊNCIA

O(s) resultado(s) apresentados possui(em) significação restrita e se aplica tão somente à(s) amostra(s) analisada(s). Este Laudo de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração. Reprodução parcial somente com prévia autorização.

LEGISLAÇÃO

Portaria GM/MS N° 888, de 04 de Maio de 2021, Anexo XX, do Ministério da Saúde para controle e vigilância da qualidade de água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Os resultados desta análise têm significado restrito e se aplicam somente a amostra analisada. Este relatório somente pode ser reproduzido por completo e sem nenhuma alteração.

METODOLOGIA

***Metodologias: APHA – Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24ª ed. 2023.

LEGENDA

SMWW 24ª Ed= Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater - 24 Edition

(+/-) = Mais ou Menos

< = Menor que

*LQ = Limite de Quantificação

**VMP= Valor Máximo Permitido

(°C)= Graus Celsius

N/A = Não se Aplica

NTU= Unidade de Turbidez Nefelométrica

N/O = Não Objetável

pH= Potencial Hidrogeniônico

ppm= Parte por Milhão

UFC = Unidade Formadora de Colônias

POLÍTICA DE PRIVACIDADE: LGPD – LEI GERAL DE PROTEÇÃO DOS DADOS

O Laboratório Mais Água reconhece a importância da privacidade de dados pessoais e dados pessoais sensíveis e, em atendimento à Lei Geral de Proteção de Dados – LGPD (Lei 13.709/2018).

CONCLUSÕES

A amostra da água analisada em laboratório apresentou alterações dos seguintes parâmetros: Sólidos Totais Dissolvidos, Turbidez e Coliformes Totais. Resultando em **NÃO CONFORMIDADE** segundo a Portaria GM/MS N° 888, de 04 de Maio de 2021, Anexo XX, do Ministério da Saúde para controle e vigilância da qualidade de água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

RESPONSÁVEL TÉCNICO
MSc. OSCAR BORGES MELO
CRQ: 19.3.00292 – XIX REGIÃO

MAIS ÁGUA SERVIÇOS DE TESTES E ANÁLISES TÉCNICAS LTDA - CNPJ: 43.374.196/0001-97
Av. Júlia Freire, n° 1106, Sala 306, Torre, João Pessoa/PB – CEP: 58040-040
Contato: (83) 9.8197-7186 / analisemaisagua@gmail.com
Licença Sanitária - GVS: N° 06294 – Licença - SEMAM: 9189-22-JP-LOS – Licença CRQ 19° Região: N° 638



LABORATÓRIO: MAIS ÁGUA SERVIÇOS DE TESTES E ANÁLISES TÉCNICAS LTDA

LAUDO DE ANÁLISE N° 466/07

EMISSÃO DE LAUDO: 05 de Agosto de 2025

DADOS DO LABORATÓRIO

RAZÃO SOCIAL	MAIS AGUA SERVICOS DE TESTES E ANALISES TECNICAS LTDA		
CNPJ	43.374.196/0001-97		
ENDEREÇO	AV. JULIA FREIRE, 1106, SALA 306	CEP	58.040-040
BAIRRO	TORRE	CIDADE - UF	JOAO PESSOA - PB
TELEFONE	(83) 9.8197-7186		
E-MAIL	analismaisagua@gmail.com		

DADOS DO CLIENTE

NOME	MARIA LIDIA DOS SANTOS ANDRADE		
CPF			
LOCAL	EFLUENTE FINAL	CEP	58.884-000
BAIRRO	ZONA RURAL	CIDADE - UF	CATOLÉ DO ROCHA - PB
TELEFONE			
RESPONSÁVEL PELA SOLICITAÇÃO	SRA. LIDIA		
E-MAIL	lidialima165@gmail.com		

DADOS DA AMOSTRA

MATRIZ DA AMOSTRA	EFLUENTE
RESPONSÁVEL PELA COLETA DA AMOSTRA	CLIENTE
DESCRIÇÃO DA ANÁLISE DA AMOSTRA	AMOSTRA DE EFLUENTE PARA ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA
PONTO DA COLETA DA AMOSTRA	RETIRADA DO EFLUENTE FINAL
TEMPERATURA DA AMOSTRA	23,5 °C
CONDIÇÕES DA AMOSTRA	TEMPERATURA AMBIENTE
CONDIÇÕES DE TRANSPORTE DA AMOSTRA	REFRIGERADO
COORDENADAS GEOGRÁFICAS	LATITUDE: -6,3031 LONGITUDE: -37,8028
DATA/HORA DA COLETA	28/07/2025 / 09:05
DATA/HORA DA ENTRADA	28/07/2025 / 18:20
DATA/HORA DO INÍCIO DA ANÁLISE	28/07/2025 / 20:15
DATA/HORA DO TÉRMINO DA ANÁLISE	05/08/2025 / 10:20
CHUVA NAS ÚLTIMAS 24 HORAS	NAO

RESULTADOS ANALÍTICOS FÍSICO - QUÍMICOS

ENSAIO FÍSICO

ENSAIO	RESULTADO	UNIDADE	INCERTEZA DE MEDIÇÃO (+/-) %	*LQ	DESVIO PADRÃO	**VMP RESOLUÇÃO CONAMA N° 430, DE 13 DE MAIO DE 2011	***METODOLOGIA
COR VERDADEIRA	1,346,95	uH	0,03	0,00	0,01	-	SMEWW 24 Ed. 2120 C
pH	6,52	-	0,02	0,00 a 14,00	0,01	5,0 a 9,0	SMEWW 24 Ed. 4500 H+ B
MATERIAIS SEDIMENTÁVEIS	2,4	mL	N/A	AUSÊNCIA	0,00	1	SMEWW 24 Ed. 2540 F
MATERIAIS FLUTUANTES	PRESENÇA	-	N/A	AUSÊNCIA	0,00	AUSÊNCIA	SMEWW 24 Ed. 2530 B
TEMPERATURA DE ANÁLISE	21,4	°C	0,27	5,00	0,01	-	SMEWW 24 Ed. 2550 B
TEMPERATURA "IN LOCO"	23,5	°C	0,27	5,00	0,01	INFERIOR A 40,0	SMEWW 24 Ed. 2550 B
TURBIDEZ	278,64	NTU	0,80	0,00	0,02	-	SMEWW 24 Ed. 2130 B

ENSAIO QUÍMICO

ENSAIO	RESULTADO	UNIDADE	INCERTEZA DE MEDIÇÃO (+/-) %	*LQ	DESVIO PADRÃO	**VMP RESOLUÇÃO CONAMA N° 430, DE 13 DE MAIO DE 2011	***METODOLOGIA
AMONIA	6,83	ppm N-NH ₃	0,02	0,01	0,00	-	SMEWW 24 Ed. 4500 NH ₃ F
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO - DBO	115,08	ppm O ₂	0,05	0,05	0,01	-	SMEWW 24 Ed. 5210 B
FERRO TOTAL	2,03	ppm em Fe	0,01	0,01	0,00	15,0	SMEWW 24 Ed. 3500 Fe B
FENÓIS TOTAIS	< 0,01	ppm em C ₆ H ₅ OH	0,01	0,01	0,00	0,5	SMEWW 24 Ed. 5530 D
MANGANÊS DISSOLVIDO	0,02	ppm em Mn	0,01	0,01	0,00	1,0	SMEWW 24 Ed. 3500 Mn B
NITRATO	3,41	ppm em N-NO ₃	0,02	0,04	0,00	-	SMEWW 24 Ed. 4500 NO ₃ B
NITRITO	0,06	ppm em N-NO ₂	0,01	0,01	0,00	-	SMEWW 24 Ed. 4500 NO ₂ B
NITROGÊNIO AMONÍACAL TOTAL	1,03	ppm N-NH ₄	0,04	0,03	0,01	20,0	SMEWW 24 Ed. 4500 N
ÓLEOS MINERAIS	0,09	ppm	0,06	0,02	0,01	20,0	SMEWW 24 Ed. 5520 D
ÓLEOS VEGETAIS E ANIMAIS	0,72	ppm	0,06	0,02	0,01	50,0	SMEWW 24 Ed. 5520 D
OXIGÊNIO DISSOLVIDO	3,98	ppm O ₂	0,03	0,05	0,02	-	SMEWW 24 Ed. 4500 O ₂ II
ZINCO	0,73	ppm em Zn	0,01	0,01	0,00	5,00	SMEWW 24 Ed. 3500 B

RESULTADOS ANALÍTICOS MICROBIOLÓGICOS

ENSAIO MICROBIOLÓGICO

ENSAIO	RESULTADO	UNIDADE	INCERTEZA DE MEDIÇÃO (+/-) %	*LQ	DESVIO PADRÃO	**VMP RESOLUÇÃO CONAMA N° 430, DE 13 DE MAIO DE 2011	***METODOLOGIA
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	2,04 x 10 ²	UFC/100mL	N/A	AUSÊNCIA	0,00	-	SMEWW 24 Ed. 9221 E

RESPONSÁVEL TÉCNICO
Msc. OSCAR BORGES MELO
CRQ: 19.3.00292 - XIX REGIÃO

MAIS ÁGUA SERVIÇOS DE TESTES E ANÁLISES TÉCNICAS LTDA - CNPJ: 43.374.196/0001-97
Av. Júlia Freire, nº 1106, Sala 306, Torre, João Pessoa/PB - CEP: 58040-040
Contato: (83) 9.8197-7186 / analismaisagua@gmail.com

Licença Sanitária - GVS: N° 06294 - Licença - SEMAM: 9189-22-JP-LOS - Licença CRQ 19° Região: N° 638



LABORATÓRIO: MAIS ÁGUA SERVIÇOS DE TESTES E ANÁLISES TÉCNICAS LTDA

LAUDO DE ANÁLISE N° 466/07

ABRANGÊNCIA

O(s) resultado(s) apresentados possui(em) significação restrita e se aplica tão somente à(s) amostra(s) analisada(s). Este Laudo de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração. Reprodução parcial somente com prévia autorização.

LEGISLAÇÃO

RESOLUÇÃO CONAMA N° 430, DE 13 DE MAIO DE 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Art. 16. Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente no corpo receptor desde que obedeçam as condições e padrões previstos neste artigo, resguardadas outras exigências cabíveis: I - condições de lançamento de efluentes: a) pH entre 5 a 9; b) temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura; c) materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff. e) óleos e graxas: 1. óleos minerais: até 20 mg/L; 2. óleos vegetais e gorduras animais: até 50 mg/L; f) ausência de materiais flutuantes;

METODOLOGIA

***Metodologias: APHA – Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24ª ed. 2023.

LEGENDA

SMWW 24ª Ed= Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater - 24 Edition

(+/-) = Mais ou Menos

<= Menor que

*LQ = Limite de Quantificação

**VMP= Valor Máximo Permitido

(°C)= Graus Celsius

uH= Unidade Hazen

N/A = Não se Aplica

NTU= Unidade de Turbidez

N/O = Não Objetável

pH= Potencial Hidrogeniônico

ppm= Parte por Milhão

mL/L: Mililitro por Litro

UFC = Unidade Formadora de Colônias

POLÍTICA DE PRIVACIDADE: LGPD – LEI GERAL DE PROTEÇÃO DOS DADOS

O Laboratório Mais Água reconhece a importância da privacidade de dados pessoais e dados pessoais sensíveis e, em atendimento à Lei Geral de Proteção de Dados – LGPD (Lei 13.709/2018).

CONCLUSÕES

A amostra de efluente analisada em laboratório apresentou alterações dos seguintes parâmetros: Materiais Sedimentáveis e Materiais Flutuantes. Resultando em não conformidade quando comparados com a RESOLUÇÃO CONAMA N° 430, DE 13 DE MAIO DE 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Art. 16. Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente no corpo receptor desde que obedeçam as condições e padrões previstos neste artigo, resguardadas outras exigências cabíveis: I - condições de lançamento de efluentes: a) pH entre 5 a 9; b) temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura; c) materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff. e) óleos e graxas: 1. óleos minerais: até 20 mg/L; 2. óleos vegetais e gorduras animais: até 50 mg/L; f) ausência de materiais flutuantes;

RESPONSÁVEL TÉCNICO
MSc. OSCAR BORGES MELO
CRQ: 19.3.00292 – XIX REGIÃO

MAIS ÁGUA SERVIÇOS DE TESTES E ANÁLISES TÉCNICAS LTDA - CNPJ: 43.374.196/0001-97
Av. Júlia Freire, n°1106, Sala 306, Torre, João Pessoa/PB – CEP: 58040-040
Contato: (83) 9.8197-7186 / analisemaisagua@gmail.com
Licença Sanitária - GVS: N° 06294 – Licença - SEMAM: 9189-22-JP-LOS – Licença CRQ 19° Região: N° 638