



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

RENATA MEIRA DE LIMA

**CARACTERIZAÇÃO E DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA
DISTRIBUIDA A 8 MUNICÍPIOS DO ESTADO DA PARAÍBA**

JOÃO PESSOA

2022

RENATA MEIRA DE LIMA

**CARACTERIZAÇÃO E DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA
DISTRIBUIDA A 8 MUNICÍPIOS DO ESTADO DA PARAÍBA**

Trabalho Final de Curso apresentado
à Coordenação do Curso de
Engenharia Química da Universidade
Federal da Paraíba (Campus I) como
requisito parcial para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia
Química.

Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Vivian Stumpf
Madeira

JOÃO PESSOA

2022

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

L732c Lima, Renata Meira de.

Caracterização e diagnóstico da qualidade da água
distribuída a 8 municípios do estado da Paraíba /
Renata Meira de Lima. - João Pessoa, 2022.
139 f. : il.

Orientação: Vivian Stumpf Madeira.
TCC (Graduação) - UFPB/CT.

1. Água. 2. Qualidade. 3. Controle. 4. Vigilância.
5. Potabilidade. I. Madeira, Vivian Stumpf. II. Título.

UFPB/CT

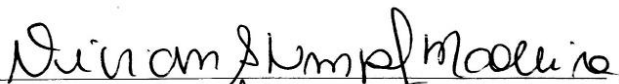
CDU 66.01 (043.2)

RENATA MEIRA DE LIMA

CARACTERIZAÇÃO E DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA
DISTRIBUIDA A 8 MUNICÍPIOS DO ESTADO DA PARAÍBA

Trabalho Final de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Engenharia
Química da Universidade Federal da
Paraíba como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Química.

APROVADO EM: 10,0



Prof.^a. Dr.^a. Vivian Stumpf Madeira



Prof.^a. Dr.^a. Liana Filgueira Albuquerque



Documento assinado digitalmente
RENNIO FELIX DE SENA
Data: 12/12/2022 08:15:37-0300
Verifique em <https://verificador.ti.br>

Prof.^o. Dr.^o. Rennio Felix de Sena

AGRADECIMENTOS

Em primeiro momento, agradeço a Deus e a Nossa Senhora, que sempre rogo para que trilhem meus caminhos e iluminem minhas decisões.

Aos meus pais, Lêda e Aderaldo, meu porto seguro e minha maior inspiração, meu eterno agradecimento por todo esforço que fizeram e continuam fazendo pelos meus estudos e educação, por sempre me apoiarem e acreditarem no meu potencial, quando muitas vezes nem eu acredito. A vocês, meu amor incondicional. Agradeço também à minha família por sempre torcerem pelo meu sucesso, em especial minha tia Eliete por sempre ajudar a cuidar de mim.

Um agradecimento importante também às minhas amigas e aos meus amigos e à minha prima que se fizeram e fazem presentes, pelas palavras de incentivo e acolhimento. Foram vocês que me proporcionaram válvulas de escape diante de um curso que exige não só competências e habilidades, mas um bem estar mental e social.

Aos meus colegas de trabalho que se transformaram em amigos importantes para mim, saibam que vocês tornaram as tarefas mais leves e prazerosas. A colaboração de vocês foi imprescindível para o desenvolvimento deste trabalho.

Um trabalho como este requer investimento, então meu muito obrigada à Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), pelo apoio financeiro e pelo incentivo à ciência no firmamento da parceria com a Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

Um agradecimento especial a minha orientadora, professora Vivian, que me proporcionou várias oportunidades e muitos ensinamentos, além de ter confiado no meu trabalho.

E, não podia faltar, um agradecimento aos meus colegas de curso, que se desesperaram e perseveraram junto comigo. Encontrei nessa turma apoio e descontração nos obstáculos das disciplinas cursadas.

“Talento é 1% inspiração e 99% transpiração”

(Thomas Edison)

RESUMO

A água destinada ao consumo humano, ou seja água potável, deve obrigatoriamente atender ao padrão de potabilidade estabelecido na Portaria GM/MS Nº 888 de maio de 2021 e não pode oferecer riscos à saúde. A qualidade da água potável está diretamente relacionada com a saúde. Portanto, é fundamental o monitoramento dos dados de vigilância e controle da qualidade da água. Esses dados devem ser de domínio público e estarem presentes no Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA), porém há grande defasagem no gerenciamento desse sistema. Sendo assim, esse trabalho objetivou o diagnóstico da qualidade da água distribuída em oito municípios do estado da Paraíba, a partir da obtenção de dados primários e secundários do controle e da vigilância da água. Os dados secundários foram obtidos no Sisagua e junto à equipe técnica dos municípios tratados. Já os dados primários foram produzidos a partir da coleta de amostras de água nas cidades e da caracterização do que foi coletado. O desenvolvimento deste trabalho, bem como seu resultado final, foi importante para verificar se as normas do Ministério da Saúde quanto ao padrão de potabilidade estão sendo seguidas, diagnosticando a qualidade da água consumida nos oito municípios do estado da Paraíba.

Palavras-chave: Água, Qualidade, Controle, Vigilância, Potabilidade.

ABSTRACT

Water intended for human consumption, i.e. drinking water, must obligatorily meet the potability standard established in Ordinance GM/MS No. 888 of May 2021 and cannot pose health risks. The quality of drinking water is directly related to health. Therefore, monitoring of surveillance data and water quality control is essential. This data must be in the public domain and be present in the Information System for the Surveillance of Water Quality for Human Consumption (SISAGUA), but there is a large gap in the management of this system. Therefore, this work aimed to diagnose the quality of water distributed in eight municipalities in the state of Paraíba, based on obtaining primary and secondary data on water control and surveillance. Secondary data were obtained from Sisagua and from the technical team of the treated municipalities. The primary data were produced from the collection of water samples in the cities and the characterization of what was collected. The development of this work, as well as its final result, was important to verify if the Ministry of Health norms regarding the potability standard are being followed, diagnosing the quality of the water consumed in the eight municipalities of the state of Paraíba.

Keywords: Water, Quality, Control, Surveillance, Potability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma do Sisagua	24
Figura 2 - Fontes potenciais de contaminação por nitrato nas águas subterrâneas em áreas rurais.	29
Figura 3 - Ciclo do nitrogênio.	30
Figura 4 - Mapa da Paraíba com localização de Riachão do Poço.	38
Figura 5 - Gráficos anuais de pH para Riachão do Poço.	40
Figura 6 - Gráfico anual de Turbidez para Riachão do Poço.	41
Figura 7 - Gráfico anual de Coliformes totais para Riachão do Poço.	42
Figura 8 - Gráfico anual de Escherichia coli para Riachão do Poço.	42
Figura 9 - Mapa da Paraíba com localização de Alagoinha.	46
Figura 10 - Gráficos de pH para os meses de 2018.	50
Figura 11 - Gráficos de turbidez para os meses de 2018.	51
Figura 12 - Gráficos de cor aparente para os meses de 2018.	52
Figura 13 - Gráficos de cloro residual para os meses de 2018.	53
Figura 14 - Gráficos de pH para os meses de 2019.	54
Figura 15 - Gráficos de turbidez para os meses de 2019.	55
Figura 16 - Gráficos de cor aparente para os meses de 2019.	56
Figura 17 - Gráficos de cloro residual para os meses de 2019.	57
Figura 18 - Gráficos de pH para os meses de 2020.	58
Figura 19 - Gráficos de turbidez para os meses de 2020.	59
Figura 20 - Gráficos de cor aparente para os meses de 2020.	60
Figura 21 - Gráficos de cloro residual para os meses de 2020.	61
Figura 22 - Gráfico de parâmetros para janeiro de 2021.	62
Figura 23 - Coagulação. (a) Dosagem e (b) Agitação.	62
Figura 24 - Mapa da Paraíba com localização de Itapororoca.	64
Figura 25 - Gráfico anual de pH para Itapororoca.	66
Figura 26 - Gráficos anuais de turbidez para Itapororoca.	67
Figura 27 - Gráfico anual de Coliformes totais para Itapororoca.	68
Figura 28 - Gráfico anual de Escherichia coli para Itapororoca.	68
Figura 29 - Poço Sítio Leite Mirim (P118).	69
Figura 30 - Poço do Loteamento Cidade Alta 1 (P138).	69
Figura 31 - Mapa da Paraíba com localização de São Domingos.	73

Figura 32 - Gráficos anuais de Turbidez para São Domingos	76
Figura 33 - Gráfico de Turbidez de 2022 para São Domingos.....	77
Figura 34 - Gráficos anuais de cor aparente para São Domingos.	78
Figura 35 - Gráfico anual de Coliformes totais para São Domingos.....	79
Figura 36 - Gráfico anual de Escherichia coli para São Domingos.	79
Figura 37 - Pontos de coleta em São Domingos. (a) (P024); (b) (P021); (c) P031.....	81
Figura 38 - Mapa da Paraíba com localização de Curral de Cima.	84
Figura 39 - Gráficos anuais de pH para Curral de Cima.	88
Figura 40 - Gráficos anuais de Turbidez para Curral de Cima.....	89
Figura 41 - Gráficos anual de coliformes totais para Curral de Cima.....	90
Figura 42 - Gráfico anual de Escherichia coli para Curral de Cima.	90
Figura 43 - Registros do distrito de Estacada. (a) Plantação de cana de açúcar; (b) Plantação de abacaxi; (c) P068); (d) Criação de tilápia na barragem; (e) e (f) (P071).	92
Figura 44 - Reservatório particular da Vereadora Isabel.	92
Figura 45 - Ponto de coleta. (a) Poço da Capela (C9); (b) e (c) Reservatório; (d) Morador coletando água; (e) Mangote.....	93
Figura 46 - Mapa da Paraíba com localização de Santa Cecília.....	95
Figura 47 - Gráfico da Turbidez em 2019 para Santa Cecília.....	99
Figura 48 - Gráfico da Turbidez em 2020 para Santa Cecília.....	99
Figura 49 - Gráfico da Turbidez em 2021 para Santa Cecília.....	100
Figura 50 - Gráfico da Turbidez em 2022 para Santa Cecília.....	100
Figura 51 - Gráfico anual de coliformes totais para Santa Cecília.....	101
Figura 52 - Gráfico anual de Escherichia coli para Santa Cecília.....	102
Figura 53 - Carros-pipa. (a) Água de Natuba e (b) Água de Carpina.....	103
Figura 54 - ETA de Natuba/PB. (a) ETA; (b) Água bruta; (c) Água tratada; (d) Sulfato diluído; (e) Coagulante em agitação constante.....	104
Figura 55 - Central do Exército.....	104
Figura 56 - Mapa da Paraíba com localização de Pedra Branca.....	107
Figura 57 - Gráficos anuais da cor aparente para Pedra Branca.....	109
Figura 58 - Gráficos anuais da turbidez para Pedra Branca.....	110
Figura 59 - Gráfico anual de coliformes totais para Pedra Branca.....	111
Figura 60 - Gráfico anual de Escherichia coli para Pedra Branca.....	112
Figura 61 - ETA de Pedra Branca. (a) Água bruta; (b) Água decantada; (c) Água tratada (d) Caixa d'água.....	113

Figura 62 - Pontos de consumo. (a) UBS Antônio de Sousa; (b) R. Cândido Gambarra; (c) R. Pres. João Pessoa, (d) R. Pres. Getúlio Vargas; (e) UBS Ana Teotônio.	113
Figura 63 - Mapa da Paraíba com localização de Alcantil.	118
Figura 64 - Gráficos anuais da turbidez para Alcantil.	122
Figura 65 - Gráficos anuais de cloro residual para Alcantil.	123
Figura 66 - Gráfico anual de coliformes totais para Alcantil.	124
Figura 67 - Gráfico anual de Escherichia coli para Alcantil.	125
Figura 68 - Carros-pipa.	126

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Artigos contemplados nos Planos de Amostragem.	23
Quadro 3 - Plano de Amostragem proposto para Riachão do Poço.	39
Quadro 4 - Plano de Amostragem proposto para Alagoinha.	47
Quadro 5 - Plano de Amostragem proposto para Itapororoca.	65
Quadro 6 - Plano de Amostragem proposto para São Domingos.	74
Quadro 7 - Plano de Amostragem proposto para Curral de Cima.	85
Quadro 8 - Plano de Amostragem Proposto para Curral de Cima.	86
Quadro 9 - Plano de Amostragem proposto para Santa Cecília.	97
Quadro 10 - Plano de Amostragem proposto para Santa Cecília.	98
Quadro 11 - Plano de Amostragem proposto para Pedra Branca.	108
Quadro 12 - Plano de Amostragem proposto para Alcantil.	119
Quadro 13 - Plano de Amostragem proposto para Alcantil.	120

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores Máximos Permitidos para substâncias organolépticas.	26
Tabela 2 - Valores Máximos Permitidos para substâncias químicas inorgânicas que representam risco à saúde.	26
Tabela 3 - Padrão bacteriológico.	31
Tabela 4 - Valores mínimos de cloro residual.	31
Tabela 5 - Quantidade de amostras para análises bacteriológicas por ano.	41
Tabela 6 - Identificação dos pontos de coleta em Riachão do Poço.	43
Tabela 7 - Resultados dos parâmetros básicos.	44
Tabela 8 - Resultados das análises de metais para o município de Riachão do Poço	44
Tabela 9 - Resultados dos demais parâmetros analisados	45
Tabela 10 - Resultados dos parâmetros básicos para Alagoinha.	63
Tabela 11 - Resultados das análises de metais para Alagoinha.	63
Tabela 12 - Resultados dos demais parâmetros analisados para Alagoinha.	63
Tabela 13 - Quantidade de amostras para análises bacteriológicas por ano.	67
Tabela 14 - Identificação dos pontos de coleta em Itapororoca.	69
Tabela 15 - Resultados dos parâmetros básicos para Itapororoca.	70
Tabela 16 - Resultados das análises de metais para Itapororoca.	71
Tabela 17 - Resultados dos demais parâmetros analisados para Itapororoca.	71
Tabela 18 - Quantidade de amostras para análises bacteriológicas por ano.	79
Tabela 19 - Identificação dos pontos de coleta em São Domingos.	80
Tabela 20 - Resultados dos parâmetros básicos para São Domingos.	82
Tabela 21 - Resultados das análises de metais para São Domingos.	83
Tabela 22 - Resultados dos demais parâmetros analisados para São Domingos.	83
Tabela 23 - Quantidade de amostras para análises bacteriológicas por ano.	90
Tabela 24 - Identificação dos pontos de coleta em Curral de Cima.	91
Tabela 25 - Resultados dos parâmetros básicos para Curral de Cima.	93
Tabela 26 - Resultados das análises de metais para Curral de Cima.	94
Tabela 27 - Resultados dos demais parâmetros analisados para Curral de Cima.	94
Tabela 28 - Quantidade de amostras para análises bacteriológicas por ano.	101
Tabela 29 - Identificação dos pontos de coleta em Santa Cecília.	105
Tabela 30 - Resultados dos parâmetros básicos para Santa Cecília.	105

Tabela 31 - Resultados das análises de metais para Santa Cecília.	106
Tabela 32 - Resultados dos demais parâmetros analisados para Santa Cecília.	106
Tabela 33 - Quantidade de amostras para análises bacteriológicas por ano.	111
Tabela 34 - Identificação dos pontos de coleta em Pedra Branca.	114
Tabela 35 - Resultados dos parâmetros básicos para Pedra Branca.	115
Tabela 36 - Resultados das análises de metais para Pedra Branca.	116
Tabela 37 - Resultados dos demais parâmetros analisados para Pedra Branca.	116
Tabela 38 - Ensaio de coagulação.	117
Tabela 39 - Quantidade de amostras para análises bacteriológicas por ano.	124
Tabela 40 - Identificação dos pontos de coleta em Pedra Branca.	126
Tabela 41 - Resultados dos parâmetros básicos para Alcantil.	127
Tabela 42 - Resultados das análises de metais para Alcantil.	128
Tabela 43 - Resultados dos demais parâmetros analisados para Alcantil.	129

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AESA Agência Executiva de Gestão de Águas

ANA Agência Nacional de Águas

ANVISA Agência Nacional de Vigilância Sanitária

CAGEPA Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba

FUNASA Fundação Nacional de Saúde

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDEC Instituto Brasileiro de Defesa ao Consumidor

LACQUA Laboratório de Cromatografia e Quimiometria Aplicada

OMS Organização Mundial das Nações Unidas

OPAS Organização Pan-americana da Saúde

PSA Plano de Segurança da Água

SAA Sistema de Abastecimento de Água

SAC Solução Alternativa Coletiva

SISAGUA Sistema de Informação da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano

SNIS Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento

SUS Sistema Único de Saúde

TED Termo de Execução Descentralizada

UFPB Universidade Federal da Paraíba

UFSC Universidade Federal de Santa Catarina

VIGIAGUA Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano

VMP Valor Máximo Permitido

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 OBJETIVOS	19
2.1 Objetivo Geral	19
2.2 Objetivos Específicos	19
3 REFERENCIAL TEÓRICO	20
3.1 Regulamentação da potabilidade da água	20
3.1.1 Definições, padrões e monitoramento	20
3.1.2 Plano de Amostragem	21
3.1.3 Sistema de Informação da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Sisagua)	24
3.2 Parâmetros da qualidade da água	25
3.3 Estado da Paraíba e os municípios avaliados neste trabalho	32
4 METODOLOGIA	34
4.1 Etapa 1: Desenvolvimento de proposta de Planos de Amostragem	34
4.2 Etapa 2: Dados secundários: Análise da qualidade da água distribuída e sua conformidade com o padrão de potabilidade	34
4.3 Etapa 3: Coletas das amostras para caracterização	34
4.4 Etapa 4: Dados primários: Caracterização das amostras coletadas	35
4.5 Etapa 5: Diagnóstico	36
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
5.1 Município de Riachão do Poço	37
5.1.1 Plano de Amostragem para Riachão do Poço	38
5.1.2 Dados secundários: Análise da qualidade da água distribuída em Riachão do Poço e sua conformidade com o padrão de potabilidade.	40
5.1.3 Coletas em Riachão do Poço	43
5.1.4 Dados primários: Caracterização da água de Riachão do Poço	44
5.1.5 Diagnóstico da água distribuída em Riachão do Poço	45
5.2 Município de Alagoinha	45
5.2.1 Plano de Amostragem para Alagoinha	46
5.2.2 Dados secundários: Análise da qualidade da água distribuída em Alagoinha e sua conformidade com o padrão de potabilidade.	48
5.2.3 Coletas em Alagoinha	62

5.2.4 Dados primários: Caracterização da água de Alagoinha	62
5.2.5 Diagnóstico da água distribuída em Alagoinha	63
5.3 Município de Itapororoca	64
5.3.1 Plano de Amostragem para Itapororoca	64
5.3.2 Dados secundários: Análise da qualidade da água distribuída em Itapororoca e sua conformidade com o padrão de potabilidade.	65
5.3.3 Coletas em Itapororoca	68
5.3.4 Dados primários: Caracterização da água de Itapororoca	70
5.3.5 Diagnóstico da água distribuída em Itapororoca	72
5.4 Município de São Domingos	72
5.4.1 Plano de Amostragem para São Domingos	73
5.4.2 Dados secundários: Análise da qualidade da água distribuída em São Domingos e sua conformidade com o padrão de potabilidade.	74
5.4.3 Coletas em São Domingos	80
5.4.4 Dados primários: Caracterização da água de São Domingos	81
5.4.5 Diagnóstico da qualidade da água distribuída em São Domingos	83
5.5 Município de Curral de Cima	84
5.5.1 Plano de Amostragem para Curral de Cima	85
5.5.2 Dados secundários: Análise da qualidade da água distribuída em Curral de Cima e sua conformidade com o padrão de potabilidade.	86
5.5.4 Dados primários: Caracterização da água de Curral de Cima	93
5.5.5 Diagnóstico da qualidade da água distribuída em Curral de Cima	95
5.6 Município de Santa Cecília	95
5.6.1 Plano de Amostragem para Santa Cecília	96
5.6.2 Dados secundários: Análise da qualidade da água distribuída em Santa Cecília e sua conformidade com o padrão de potabilidade.	98
5.6.3 Coletas em Santa Cecília	102
5.6.4 Dados primários: Caracterização da água de Santa Cecília	105
5.6.5 Diagnóstico da qualidade da água distribuída em Santa Cecília	106
5.7 Município de Pedra Branca	107
5.7.1 Plano de Amostragem para Pedra Branca	107
5.7.2 Dados secundários: Análise da qualidade da água distribuída em Pedra Branca e sua conformidade com o padrão de potabilidade.	108
5.7.3 Coletas em Pedra Branca	112

5.7.4 Dados primários: Caracterização da água de Pedra Branca	114
5.7.5 Diagnóstico da qualidade da água distribuída em Pedra Branca	116
5.8 Município de Alcântara	117
5.8.1 Plano de Amostragem para Alcântara	118
5.8.2 Dados secundários: Análise da qualidade da água distribuída em Alcântara e sua conformidade com o padrão de potabilidade.	120
5.8.3 Coletas em Alcântara	125
5.8.4 Dados primários: Caracterização da água de Alcântara	127
5.8.5 Diagnóstico da qualidade da água distribuída em Alcântara	129
6 CONCLUSÃO	131
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	132
ANEXO A - TABELA DE NÚMERO MÍNIMO DE AMOSTRAS E FREQUÊNCIA PARA O CONTROLE DA QUALIDADE DA ÁGUA DE SISTEMA DE ABASTECIMENTO, PARA FINS DE ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS, EM FUNÇÃO DO PONTO DE AMOSTRAGEM, DA POPULAÇÃO ABASTECIDA E DO TIPO DE MANANCIAL.	134
ANEXO B - TABELA DE NÚMERO MÍNIMO DE AMOSTRAS MENSIS PARA O CONTROLE DA QUALIDADE DA ÁGUA DE SISTEMA DE ABASTECIMENTO, PARA FINS DE ANÁLISES BACTERIOLÓGICAS, EM FUNÇÃO DA POPULAÇÃO ABASTECIDA.	135
ANEXO C - TABELA DE NÚMERO MÍNIMO DE AMOSTRAS E FREQUÊNCIA MÍNIMA DE AMOSTRAGEM PARA O CONTROLE DA QUALIDADE DA ÁGUA DE SOLUÇÃO ALTERNATIVA COLETIVA, PARA FINS DE ANÁLISES FÍSICAS, QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS, EM FUNÇÃO DO TIPO DE MANANCIAL E DO PONTO DE AMOSTRAGEM.	136
ANEXO D - MÉTODOS DE ANÁLISES UTILIZADOS	137

1 INTRODUÇÃO

A água destinada ao consumo humano, ou seja, água potável destinada à ingestão, preparação de alimentos e à higiene pessoal, deve obrigatoriamente atender ao padrão de potabilidade estabelecido na Portaria GM/MS Nº 888 de maio de 2021 e não pode oferecer riscos à saúde. O seu acesso é reconhecido como direito humano essencial para o pleno gozo da vida (BRASIL, 2020), porém a disponibilidade de água potável não ocorre de forma igualitária entre os diferentes estados e municípios do país.

Segundo dados de 2020 do Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS) do Ministério do Desenvolvimento Regional, a população brasileira total atendida pelo abastecimento de água é de 175,5 milhões de habitantes, com média nacional igual a 84,1%, enquanto a região nordeste apresenta apenas 74,9% da sua população abastecida com água potável. Além disso, o nordeste é a segunda região que mais sofre com perda de água, representando 45,98% do total distribuído.

As más condições de saneamento e higiene, bem como a água imprópria para consumo, causam doenças diarreicas e enteropatias ambientais, que inibem a absorção de nutrientes, resultando em desnutrição (TEAGUE *et al.*, 2014). Aproximadamente 50% de todos os casos de desnutrição estão associados à diarreia crônica ou a infecções por vermes intestinais, como resultado direto do uso de água, saneamento e higiene inadequados (PRÜSS-ÜSTÜN *et al.*, 2008).

De acordo com dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (2020), o nordeste do país é a região que apresenta maior problema na qualidade da água, com percentual de municípios sem estações de tratamento igual a 24,2%, enquanto a média nacional é de 11,7%. O nordeste foi a região com a maior média diária de mortes, ultrapassando mil casos por dia, decorrentes de doenças de veiculação hídrica (diarreicas, dengue, leptospirose, esquistossomose e malária) (DATASUS, 2019). As chamadas doenças de veiculação hídrica são aquelas transmitidas direta ou indiretamente por microrganismos patogênicos que têm sua origem, desenvolvimento ou reprodução relacionada à água.

Nos anos de 2015 e 2016, a qualidade da água foi apontada como uma das causas do agravamento da epidemia causada pelo vírus da zika, quando a região em questão foi o epicentro. Além disso, o volume de captação de água salobra nesta região chega a 10,2%, disparando perante ao percentual médio nacional de 2,7%.

Portanto, é fundamental o monitoramento dos dados de vigilância e controle da qualidade da água, para evitar a disseminação de doenças e, por conseguinte, diminuir os

gastos na saúde pública. A avaliação desses dados, que são de domínio público, é importante para aplicação de medidas corretivas no tratamento da água, identificando qual método de tratamento adequado deve ser aplicado, e informar à população acerca da qualidade da água que está sendo consumida e dos riscos à saúde, para evitar o consumo de água contaminada. A sistematização e divulgação dos dados de qualidade da água à população consumidora é um dos níveis de ação de procedimentos de vigilância e, segundo a Organização Pan-americana da Saúde (Opas), tem um grau de complexidade maior e depende do sucesso das demais etapas, como a de monitoramento (BRASIL, 2006).

Neste sentido, este trabalho foi desenvolvido em parceria com o Termo de Execução Descentralizada (TED) firmado entre a Funasa e a UFPB que teve por objetivo elaborar e implantar os Planos de Segurança da Água (PSA) dos Sistemas de Abastecimento localizados em 08 (oito) municípios do Estado da Paraíba, a saber: Alagoinha, Alcantil, Curral de Cima, Itapororoca, Pedra Branca, Riachão do Poço, Santa Cecília e São Domingos. Os referidos municípios foram selecionados por base no documento elaborado pela Funasa que trata da seleção dos municípios brasileiros prioritários para fomento de PSA. Os municípios selecionados têm população estimada pelo IBGE, ano 2021, variando de 3.119 a 18.978 habitantes e são abastecidos por diversas fontes hídricas: poços, poços + dessalinizadores, riachos, carro-pipa, rios e açudes.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a qualidade da água distribuída para a população de 8 municípios do Estado da Paraíba.

2.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver uma proposta de Plano de Amostragem para análise de qualidade da água de cada sistema.
- Coletar e analisar dados secundários referentes à qualidade da água (dados existentes da vigilância fornecidos pelos operadores dos sistemas).
- Realizar coletas e analisar a qualidade da água distribuída nos municípios, para obtenção de dados primários.
- Diagnosticar os principais problemas da qualidade da água.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Regulamentação da potabilidade da água

3.1.1 Definições, padrões e monitoramento

Os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade estão dispostos na Portaria GM/MS nº 888 de 4 de Maio de 2021. Nela, é estabelecido que toda água destinada ao consumo humano deve passar pelo crivo do controle e da vigilância da qualidade, seja essa água proveniente de sistema, solução alternativa coletiva ou individual.

A diferença entre um sistema de abastecimento de água (SAA) e uma solução alternativa coletiva (SAC) está principalmente na ausência ou presença de uma rede de distribuição. Esta rede caracteriza-se como parte do sistema de abastecimento formada por tubulações e acessórios, destinados a distribuição da água potável até as ligações prediais, que são conjuntos de tubos, peças, conexões e equipamentos responsáveis pela ligação da rede de distribuição à instalação hidráulica do usuário, que por sua vez interliga a água do sistema de abastecimento até o reservatório do usuário (BRASIL, 2021). A solução coletiva ocorre majoritariamente em populações mais concentradas e é utilizada em áreas urbanas e rurais.

De acordo com Brasil (2021), o controle da qualidade é exercido pelo responsável pelo SAA ou por SAC para verificar e manter a potabilidade da água consumida pela população, já a vigilância da qualidade refere-se à averiguação da conformidade da água com os padrões exibidos na Portaria anteriormente mencionada e à avaliação de risco à saúde. A vigilância da qualidade da água é de responsabilidade das Secretarias de Saúde, conforme disposto nos Art. 8, que trata da Secretaria de Saúde do Ministério da Saúde, no Art. 12, que trata das Secretarias de Saúde dos estados e no Art. 13 das Secretarias de Saúde dos municípios.

Destacam-se como componentes fundamentais dentro das ações de vigilância para qualidade da água de consumo humano a coleta de dados, a análise regular destes e a sua disseminação periódica. Esse tripé subsidia as ações de controle, educação e comunicação social (BRASIL, 2006).

Embora o tratamento de água seja imprescindível, apenas ele não fornece garantias de que a água seja distribuída e chegue às torneiras da população com qualidade. Segundo a Secretaria de Vigilância em Saúde,

Tem-se verificado que a qualidade da água decai no sistema de distribuição pela intermitência do serviço, pela baixa cobertura da população com sistema público de esgotamento sanitário, pela obsolescência da rede de distribuição e pela manutenção deficiente, entre outros. Nos domicílios, os níveis de contaminação elevam-se pela precariedade das instalações hidráulico-sanitárias, pela falta de manutenção dos reservatórios e pelo manuseio inadequado da água (BRASIL, p.19, 2006).

Logo, é fundamental o estabelecimento conjunto de ações de controle e vigilância, medidas estruturais, instituição de marcos conceituais, regulatórios e institucionais, como as normas de potabilidade que apontam os requisitos de segurança e de qualidade da água ofertada (HELLER, 1997).

Para toda água destinada ao consumo humano fornecida coletivamente, segundo Art. 24, deve haver um processo de desinfecção e, para as águas de manancial superficial, segundo parágrafo único do Cap. IV, deverá haver processo de filtração. Para garantir a qualidade da água, esta deve sempre estar em conformidade com o padrão microbiológico, o padrão de turbidez, com o padrão de substâncias químicas que representam risco à saúde e cianotoxinas, com o padrão organoléptico (BRASIL, 2021). Ou seja, após análises laboratoriais, para consideração e manutenção da potabilidade, a água não pode conter coliformes totais e *Escherichia coli*, além de apresentar todos os parâmetros abaixo dos valores máximos permitidos (VMPs) contidos nos anexos da Portaria do Ministério da Saúde.

Entretanto, muitos municípios não são capazes de cumprir essas exigências contidas na Portaria nº 888, visto que não dispõem de pessoal e de laboratórios capazes de realizar o monitoramento da qualidade da água, do manancial ao sistema de distribuição. (BRASIL. 2006), e para manter os dados de controle e de vigilância atualizados no sistema.

3.1.2 Plano de Amostragem

Plano de Amostragem é um documento com definição dos pontos de coleta, frequência de coleta e os parâmetros a serem monitorados. Além disso, é específico de cada sistema e solução e deve ser elaborado anualmente pelos responsáveis por SAA e SAC, conforme Art. 44 “Os responsáveis por SAA e SAC devem elaborar anualmente e submeter para análise da autoridade municipal de saúde pública, o plano de amostragem de cada sistema e solução” (Brasil, 2021). Segundo Art. 15, esse plano deve constar na apresentação do responsável por SAA ou SAC, para requerer a autorização do início da operação e do fornecimento de água potável junto à Autoridade de Saúde Pública Municipal (BRASIL, 2021).

Na elaboração desse documento, deve-se atentar para inclusão do plano de amostragem básico, o plano de monitoramento de agrotóxicos e, quando necessário, um plano específico para as características inerentes ao local. O plano de amostragem básico entende-se pelas análises dos parâmetros como turbidez, cloro residual livre (ou outro agente desinfetante utilizado), coliformes totais e *Escherichia coli*, que são indicadores básicos da qualidade microbiológica da água, e fluoreto. O Plano de Monitoramento de Agrotóxicos leva em consideração os agrotóxicos com uso mais difundido no estado e prioriza os municípios com maior probabilidade de ocorrência de agrotóxicos na água para consumo humano. Já o Plano de Amostragem Específico atenta aos parâmetros previstos no padrão de potabilidade que representam risco à saúde da população (BRASÍLIA: MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2016).

Todos os artigos relacionados à quantidade de amostra e frequência de monitoramento, para confecção de Planos de Amostras, estão identificados no Quadro 1 a seguir e os anexos 13, 14 e 15 da Portaria nº888 mencionados encontram-se respectivamente nos Anexos A, B e C deste trabalho.

Quadro 1 - Artigos contemplados nos Planos de Amostragem.

Art. 28	Para a garantia da qualidade microbiológica da água, em complementação às exigências relativas aos indicadores microbiológicos, deve ser atendido o padrão de turbidez expresso no Anexo 2 e devem ser observadas as demais exigências contidas neste Anexo.
Art. 28 § 3º	O atendimento do percentual de aceitação do limite de turbidez, expresso no Anexo 2, deve ser verificado mensalmente com base em amostras coletadas no efluente individual de cada unidade de filtração, no mínimo semanalmente para pós-desinfecção de água subterrânea , no mínimo diariamente para filtração lenta e a cada duas horas para filtração rápida ou filtração em membranas.
Anexo 2	Tabela de padrão de turbidez para água pós-desinfecção (para águas subterrâneas) ou pós-filtração.
Art. 29	Os sistemas e soluções alternativas coletivas de abastecimento de água que utilizam mananciais superficiais devem realizar monitoramento mensal de Escherichia coli no(s) ponto(s) de captação de água .
Art. 31	Os sistemas ou soluções alternativas coletivas de abastecimento de água supridas por manancial subterrâneo com ausência de contaminação por Escherichia coli devem adicionar agente desinfetante, conforme as disposições contidas no Art. 32.
Art.31 § 5º	A avaliação da contaminação por Escherichia coli no manancial subterrâneo deve ser feita mediante coleta mensal de uma amostra de água em ponto anterior ao local de desinfecção .
Art. 32	É obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre ou 2 mg/L de cloro residual combinado ou de 0,2 mg/L de dióxido de cloro em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede) e nos pontos de consumo.
Art. 37 § 7º	A amostra para avaliação radiológica deve ser coletada semestralmente na rede de distribuição de SAA ou no ponto de consumo de SAC.
Art. 42	Os responsáveis por SAA e SAC devem analisar pelo menos uma amostra semestral da água bruta em cada ponto de captação com vistas a uma gestão preventiva de risco.
Art. 42 § 1º	Nos Sistemas e soluções alternativas coletivas de abastecimento de água para consumo humano, supridos por manancial superficial devem realizar análise dos parâmetros Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Oxigênio Dissolvido (OD), Turbidez, Cor Verdadeira, pH, Fósforo Total, Nitrogênio Amoniacal Total e dos parâmetros inorgânicos, orgânicos e agrotóxicos, exigidos neste Anexo.
Art. 42 § 2º	Sistemas e soluções alternativas coletivas de abastecimento de água para consumo humano, supridos por manancial subterrâneo devem realizar análise dos parâmetros Turbidez, Cor Verdadeira, pH, Fósforo Total, Nitrogênio Amoniacal Total, condutividade elétrica e dos parâmetros inorgânicos, orgânicos e agrotóxicos, exigidos neste Anexo.
Anexo 9	Tabela de padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde.
Art. 43	Para minimizar os riscos de contaminação da água para consumo humano com cianotoxinas, os responsáveis por SAA ou SAC com captação em mananciais superficiais devem realizar monitoramento para identificação e contagem de células de cianobactérias, de acordo com a Tabela do Anexo 12, considerando, para efeito de alteração da frequência de monitoramento, o resultado da última amostragem.
Anexo 12	Tabela de frequência de monitoramento de cianobactérias em mananciais superficiais de abastecimento de água.
Art. 43 § 1º	Em complementação ao monitoramento do Anexo 12, deve ser realizada análise de clorofila-a no manancial, com frequência mensal, como indicador de potencial aumento da contagem de cianobactérias.
Art. 43 § 3º	Alternativamente ao monitoramento de cianobactérias pode ser realizado o monitoramento semanal de cianotoxinas na água bruta (entrada da ETA).
Art. 44	Os responsáveis por SAA e SAC devem elaborar anualmente e submeter para análise da autoridade municipal de saúde pública, o plano de amostragem de cada sistema e solução, respeitando os planos mínimos de amostragem expressos neste Anexo.
Art. 44 § 4º	As coletas de amostras para análise dos parâmetros de agrotóxicos deverão considerar a avaliação dos seus usos na bacia hidrográfica do manancial de contribuição, bem como a sazonalidade das culturas.
Anexo 13	Tabela de número mínimo de amostras e frequência para o controle da qualidade da água de sistema de abastecimento , para fins de análises físicas e químicas, em função do ponto de amostragem, da população abastecida e do tipo de manancial.
Anexo 14	Tabela de número mínimo de amostras mensais para o controle da qualidade da água de sistema de abastecimento , para fins de análises bacteriológicas, em função da população abastecida.
Anexo 15	Tabela de número mínimo de amostras e frequência mínima de amostragem para o controle da qualidade da água de solução alternativa coletiva , para fins de análises físicas, químicas e microbiológicas, em função do tipo de manancial e do ponto de amostragem.

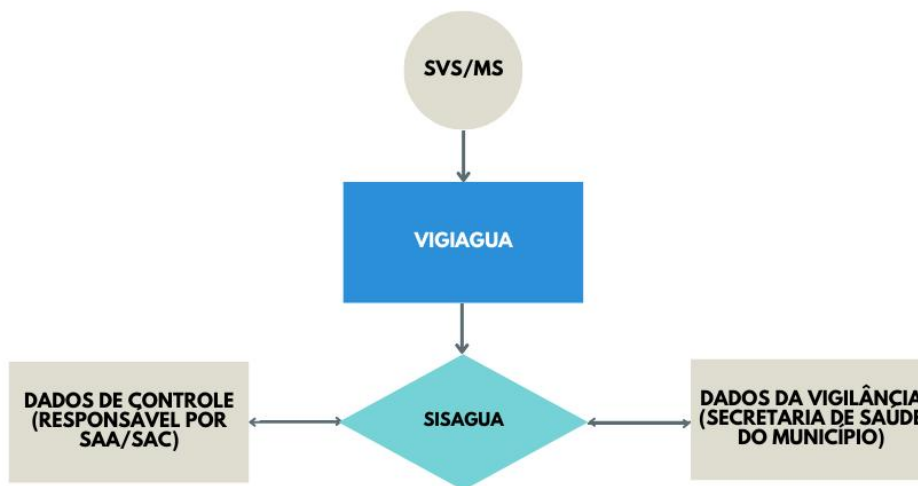
Fonte: Portaria nº 888 (2021).

3.1.3 Sistema de Informação da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Sisagua)

Conforme incisos II do Art. 8, cabe à Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde (SVS/MS), implementar o Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Vigiagua) (BRASIL, 2021). O Vigiagua consiste no conjunto de ações adotadas continuamente pelas autoridades de saúde pública para garantir à população o acesso à água em quantidade suficiente e qualidade compatível com o padrão de potabilidade, estabelecido na legislação vigente, como parte integrante das ações de promoção da saúde e prevenção dos agravos transmitidos pela água.

O Sisagua é um dos principais instrumentos do Vigiagua e de acordo com o inciso V do Art. 8 deve ser gerenciado pela SVS/MS (BRASIL, 2021). Esse Sistema tem como finalidade auxiliar o gerenciamento de riscos à saúde, com base na Portaria nº 888 e a partir dos dados gerados rotineiramente pelos profissionais do setor saúde (vigilância) e pelos responsáveis por SAA ou SAC (Controle) e da geração de informações, para que haja planejamento, tomada de decisão e execução de ações de saúde relacionadas à água para consumo humano (Figura 1).

Figura 1 - Fluxograma do Sisagua



Fonte: Autor (2022).

As informações obtidas a partir das análises físico-químicas e bacteriológicas da qualidade das águas de todos os municípios do Brasil devem estar presentes no Sisagua, além de dados cadastrais dos sistemas de abastecimento de água e das fontes alternativas. A inserção desses dados tem como objetivo aumentar a garantia de que a água para o abastecimento público não oferece riscos ao consumo, reforçar o controle de qualidade e

intensificar a cobrança em cima dos responsáveis pelo cumprimento dos padrões de potabilidade ditados pela portaria do Ministério da Saúde.

Porém, segundo a Agência Executiva da Gestão das Águas (Aesa), os dados referentes à qualidade das águas superficiais e principalmente subterrâneas do Estado, em geral, são incompletos. Mesmo com a obrigatoriedade cabível aos municípios, disposta nos incisos III e IX do Art. 13, e aos responsáveis por SAA ou SAC, presente no inciso XII do Art. 14, em registrar e manter atualizados os dados de controle e de vigilância da qualidade da água (BRASIL, 2021), essas informações não estão completamente inseridas no Sisagua e disponíveis ao público em geral. **Essa falta de disponibilidade de informações impossibilita o desenvolvimento do pensamento crítico e a participação às atividades de vigilância e controle da água que consome.** Segundo o Sezifredo Paz (2004), coordenador-executivo do Instituto Brasileiro de Defesa ao Consumidor (Idec), na matéria “Poços e falta de informação preocupam”, publicada na Folha de S. Paulo em 2004, a “desinformação impede a conscientização do consumidor e sua consequente cobrança por uma água melhor”.

Portanto, faz-se necessário um melhor planejamento para a geração e cadastramento de dados, quantitativa e qualitativamente, garantindo a inserção rotineira dos dados nos sistemas (BRASIL, 2016). Cabe à União, aos Estados e Municípios informar à população, de forma clara e acessível, sobre a qualidade da água consumida e os riscos à saúde ao qual estiver associada, conforme inciso V do Art. 6 (BRASIL, 2021).

3.2 Parâmetros da qualidade da água

As características físicas, químicas e biológicas da água estão associadas a uma série de processos que ocorrem no corpo hídrico e em sua bacia de drenagem. As substâncias dissolvidas e as partículas presentes no seio da massa líquida são transportadas pelos cursos d'água, mudando continuamente de posição e estabelecendo um caráter fortemente dinâmico para a questão da qualidade da água (BRASIL, 2006).

Alguns dos parâmetros e seus valores máximos permitidos (VMPs) presentes no padrão de potabilidade do Ministério da Saúde, estão dispostos nas tabelas a seguir (Tabela 1 e Tabela 2).

Tabela 1 - Valores Máximos Permitidos para substâncias organolépticas.

Portaria GM/MS nº 888	Cloreto (mg/L)	Cor aparente (uH ⁽ⁱ⁾)	Dureza total (mg/L)	pH	Turbidez (uT ⁽ⁱⁱ⁾)	Ferro (mg/L)	Manganês (mg/L)	Alumínio (mg/L)	Zinco (mg/L)
	250	15	300	6,5 - 9,0	5	0,3	0,1	0,2	5

uH⁽ⁱ⁾ = unidade Hazen (mgPt-Co/L)uT⁽ⁱⁱ⁾ = unidade de Turbidez

Fonte: Adaptado de Portaria nº888 (2021).

Tabela 2 - Valores Máximos Permitidos para substâncias químicas inorgânicas que representam risco à saúde.

Portaria GM/MS nº 888	Cobre (mg/L)	Cromo (mg/L)	Fluoreto (mg/L)	Nitrato (mg/L)
	5	0,05	1,5	10

Fonte: Adaptado de Portaria nº888 (2021).

As concentrações limites toleráveis significam que a substância, se ingerida por um indivíduo com constituição física mediana, em certa quantidade diária, durante um determinado período de vida, adicionada à exposição esperada da mesma substância por outros meios (alimento, ar etc.), submete esse indivíduo a um **risco inaceitável de acometimento por uma enfermidade crônica resultante** (BRASIL, 2006).

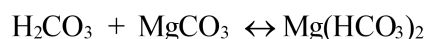
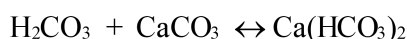
A seguir constam comentários relacionados aos parâmetros analisados neste trabalho e contidos nas tabelas de valores máximos permitidos:

Cloreto: A presença de altas concentrações cloretos na água produz sabor salino e efeito laxativo e pode causar danos em superfícies metálicas, em estruturas de construção e muitas espécies de plantas. Geralmente o íon cloreto (Cl⁻) encontra-se ligado à cátions de Na⁺, Ca⁺ ou Mg⁺. Cloretos de sódio são encontrados em fezes humanas e de animais e a presença de concentrações anormais desse sal e de material nitrogenado é um indício possível de poluição fecal.

Cor: A cor está ligada à estética da água, visto que a coloração em águas levam os consumidores a rejeitá-la. Essa coloração é proveniente de matéria orgânica, ferro, manganês ou resíduos industriais fortemente coloridos. Além disso, “A cloração de águas coloridas com a finalidade de abastecimento doméstico pode gerar produtos potencialmente cancerígenos (trihalometanos), derivados da complexação do cloro com a matéria orgânica em solução” (BRASIL, p.46, 2006).

Dureza total: Expressa a soma das concentrações do íons em maior escala de cálcio (Ca⁺) e de magnésio (Mg⁺) em mg/L de carbonato de cálcio (CaCO₃). Altas concentrações de carbonato de cálcio em água reduz a formação de espuma e provoca incrustações quando submetida à temperaturas altas, visto que há precipitação dos cátions.

A principal fonte de dureza das águas é a sua passagem pelo solo (dissolução da rocha calcárea pelo gás carbônico da água), conforme reações abaixo:

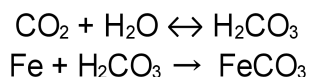


pH: Água com pH muito baixo contribui corrosividade e agressividade, enquanto valores elevados aumentam a possibilidade de incrustações (BRASIL, 2006), mas, de acordo com a Organização Mundial das Nações Unidas (OMS), o pH não interfere na saúde humana. Além disso, para a presidente do Comitê Científico da ABINAM (Associação Brasileira da Indústria de Água Mineral) (2020), “o pH (potencial hidrogeniônico) das águas minerais naturais não é um parâmetro que define sua caracterização ou potabilidade da água”. Portanto, o Ministério da saúde recomenda essa faixa de pH contida na tabela 1.

Turbidez: Segundo Brasil (2006), a turbidez é definida como uma medida do grau de interferência à passagem da luz através do líquido. A turbidez na água provoca redução da sua transparência, e ocorre devido à presença de sólidos em suspensão e também pela presença de algas, plâncton, matéria orgânica e muitas outras substâncias como o zinco, ferro, manganês e areia, resultantes do processo natural de erosão ou de despejos domésticos e industriais (FUNASA, 2013). Este parâmetro revela a qualidade estética da água. Caso a turbidez encontre-se elevada mas a água encontre-se microbiologicamente segura, pode haver um condicionamento dos consumidores a recorrerem a fontes alternativas menos seguras. Altos valores de turbidez comprometem a eficiência da desinfecção, ou seja, nesse caso sólidos podem mostrar-se associados à presença de microorganismos (BRASIL, 2006).

Ferro e Manganês: Esses dois elementos metálicos são encontrados quase sempre juntos na natureza e possuem comportamento químico semelhante (BRASIL, 2006). Altas concentrações desses metais na água conferem-na coloração (em tons de marrom) e sabor desagradável, além de provocarem manchas em roupas e cerâmicas e incrustações em tubulações. Essas incrustações ocorrem porque o ferro, quando diluído na água, está em sua forma Fe^{2+} e, ao entrar em contato com o ar, oxida a Fe^{3+} , que é insolúvel e então precipita. Além disso, ferro e manganês são nutrientes para bactérias e a presença desses metais também é indicativo de contaminação microbiológica.

Cerca de 70% dos poços artesianos brasileiros têm em suas águas excesso de ferro. Isso ocorre devido à infiltração da água nos solos e rochas, dissolvendo os elementos neles presentes a partir do gás carbônico, conforme reações abaixo:



Alumínio: O alumínio encontra-se preponderantemente na rocha bauxita. A alta concentração desse metal em água tratada deve-se à ineficiência do tratamento na remoção do coagulante sulfato de alumínio. Assim, o conhecimento da forma predominante de alumínio no residual é importante, uma vez que se esta for a particulada pode indicar deficiências no processo de filtração ou, no caso de ser a solúvel, pode indicar problemas no processo de coagulação (Kim, 2005; Bratby, 2006).

Segundo Rosalino (2011), “A presença de residual de alumínio no final do tratamento poderá levar ao aumento da turbidez, à diminuição da eficiência do processo de desinfecção e à deposição do precipitado hidróxido de alumínio na rede de distribuição, diminuindo a capacidade hidráulica”. Embora o alumínio não seja uma substância tóxica, uma pesquisa realizada pela Universidade de Washington em St. Louis (Estados Unidos), descobriu que o alumínio pode causar uma reação com o chumbo presente em tubulações, liberando esse elemento na água. O chumbo causa efeitos deletérios à saúde.

Zinco: O zinco apresenta menor índice de toxidade se comparado com o chumbo. No entanto, pode causar náuseas, vômitos, diarreias e cólicas além um gosto metálico na boca, caso o indivíduo apresente uma intoxicação crônica de zinco (Klaasen, 1985). Entretanto, segundo Larry E. Johnson MD e PhD pela University of Arkansas for Medical Sciences (2021), a toxicidade é rara e o limite superior recomendado de ingestão de zinco para adultos é de 40 mg/dia. Ainda segundo Laarry E. Johnson (2021):

A ingestão de grandes quantidades (200 a 800 mg/dia), geralmente consumindo alimentos ou bebidas ácidas de um recipiente galvanizado (revestido com uma camada de zinco), pode causar vômitos e diarreia. Toxicidade crônica pode resultar em deficiência de cobre e pode causar danos nos nervos. (JOHNSON, 2021).

Cobre: O consumo excessivo de cobre raramente acontece. Entretanto, o consumo de água contendo altas concentrações desse metal pode produzir náusea, vômito, dor abdominal e diarreia. (Cetesb, 2022).

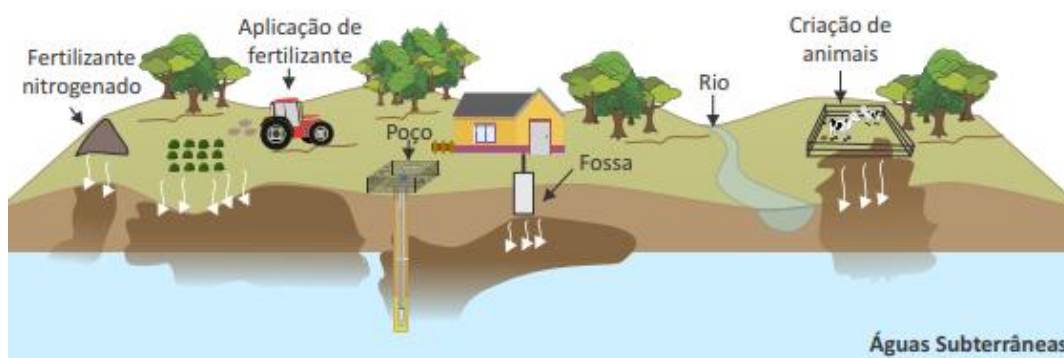
Cromo: A toxicidade deste elemento depende do seu estado de oxidação, sendo o Cromo VI mais solúvel e mais tóxico para seres vivos. Segundo Marcolan (2009), “A exposição aguda ao Cr^{6+} produz náuseas, diarreias, danos no fígado e rim, hemorragias

internas, dermatites e problemas respiratórios, enquanto que a exposição aguda ao Cr^{3+} raramente reflete em efeitos tóxicos. Entretanto, a ocorrência natural do elemento em concentrações acima das normas de potabilidade da água é bastante rara”.

Flúor: O flúor é o elemento mais eletronegativo da tabela periódica, logo nunca é encontrado na sua forma pura, mas na forma de íon Fluoreto (F^-). Na fase de crescimento dentário, a ingestão de fluoreto promove proteção maior proteção dos esmalte contra ácidos, porém a sua ingestão em grandes quantidades pode causar fluorose óssea (CETESB, 2009), que pode causar dor e danificar ossos e articulações.

Nitrato: o íon nitrato (NO_3^-) é a forma oxidada do nitrogênio e indica contaminação da água principalmente por despejos domésticos, criação de animais e pela lixiviação de fertilizantes, essencialmente em mananciais superficiais (Figura 2).

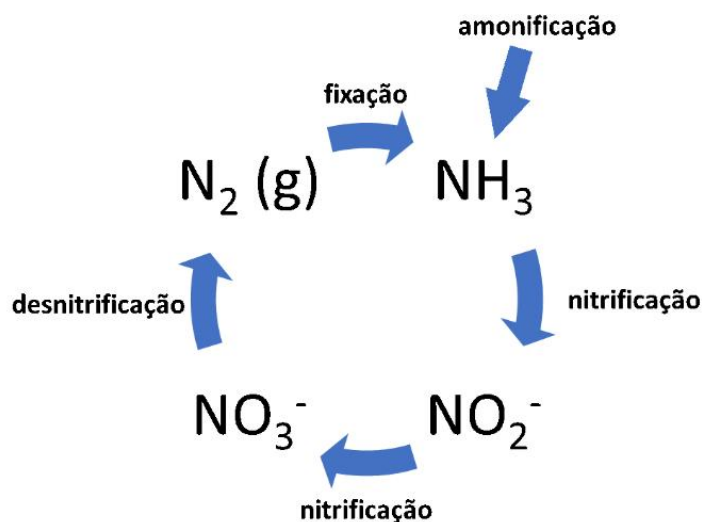
Figura 2 - Fontes potenciais de contaminação por nitrato nas águas subterrâneas em áreas rurais.



Fonte: Conselho Estadual de Recursos Hídricos (2019).

O nitrato é formado durante os estágios finais da decomposição biológica, tanto em estações de tratamento de águas e efluentes, quanto em mananciais de água natural. Por isso, o nitrato é o poluente de ocorrência mais frequente nas águas subterrâneas.

Figura 3 - Ciclo do nitrogênio.



Fonte: Estratégia Vestibulares.

Conforme ciclo do nitrogênio na Figura 3, a contaminação das águas subterrâneas acontece quando o nitrogênio orgânico presente no chorume é decomposto em amônia, formando amônio (mineralização), através de ação enzimática e na presença de água. A amônia pela nitrificação é convertida em nitrito e rapidamente oxidada a nitrato, conforme reações abaixo:

1. $NH_3 + H_2O \rightarrow NH_4^+ + OH^-$
2. $2NH_3 + 3O_2 \rightarrow 2H^+ + 2NO_2^- + 2H_2O + \text{energia}$
3. $2NO_2^- + O_2 \rightarrow 2NO_3^- + \text{energia}$

A ingestão de nitrato provoca efeitos adversos a saúde devida sua redução à nitrito no organismo (Ward et. Al, 2005). Especialmente no organismo de bebês com menos de seis meses, o nitrato é reduzido à nitrito, que se liga a hemoglobina (proteína presente no sangue) para formar a metehemoglobina, que é incapaz de transportar o oxigênio, reduzindo sua quantidade em órgãos vitais como o cérebro e ocasionando quedas respiratórias, cianose (mucosas azuladas), dispneia (alteração na frequência respiratória), falta de ar, além de desmaios e óbitos em casos mais agudos (WHO, 2011). A metehemoglobina é conhecida como síndrome do bebê azul.

Fósforo: Segundo Brasil (2006), “A presença de fósforo na água está relacionada a processos naturais (dissolução de rochas, carreamento do solo, decomposição de matéria orgânica, chuva) ou antropogênicos (lançamento de esgotos, detergentes, fertilizantes, pesticidas). Em águas naturais não poluídas, as concentrações de fósforo situam-se na faixa de 0,01 mg/L a 0,05 mg/L”.

A avaliação da qualidade microbiológica da água tem um papel destacado no processo, em vista do elevado número e da grande diversidade de microorganismos patogênicos, em geral de origem fecal, que pode estar presente na água (BRASIL, 2006).

As normas estabelecidas para o controle bacteriológico estão dispostas na Tabela 3 e, para combater a presença de coliformes totais e *Escherichia coli*, as concentrações mínimas para manutenção de cloro na água encontram-se na Tabela 4.

Tabela 3 - Padrão bacteriológico.

Ponto de coleta	Parâmetro	Valor Máximo Permitido (VMP)
Na saída do tratamento	Coliformes totais(3)	Ausência em 100 mL
	<i>Escherichia coli</i> (2)	Ausência em 100 mL
Sistema de distribuição e pontos de consumo	Coliformes totais(4)	Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem menos de 20.000 habitantes
		Apenas uma amostra, entre as amostras examinadas no mês pelo responsável pelo sistema ou por solução alternativa coletiva de abastecimento de água, poder á apresentar resultado positivo
		Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem a partir de 20.000 habitantes
		Ausência em 100 mL em 95% das amostras examinadas no mês pelo responsável pelo sistema ou por solução alternativa coletiva de abastecimento de água.

Fonte: Portaria nº 888 (2021).

Tabela 4 - Valores mínimos de cloro residual.

Artigo	Cloro residual
Art. 16 VI	Cloro residual livre de 0,5 mg/L em carros-pipa
Art. 32	0,2 mg/L de cloro residual livre ou 2,0 mg/L de cloro residual combinado ou 0,2 mg/L de dióxido de cloro em toda extensão de distribuição (reservatórios e rede) e pontos de consumo.

Fonte: Adaptado da Portaria nº 888 (2021).

Coliformes totais/Escherichia coli: Os coliformes totais são encontrados naturalmente no meio ambiente como no solo, na água e nos dejetos humanos ou de animais. A presença de coliformes totais, por si só, não implica que a água esteja comprometida, mas pode indicar a presença de bactérias potencialmente patogênicas, como a *Escherichia coli*. Esta por sua vez é a principal representante do subgrupo de coliformes termotolerantes e é o principal indicador de contaminação fecal. Segundo o Manual Prático da Qualidade da Água, elaborado pela Funasa, a razão da escolha da E. Coli como indicador de contaminação fecal deve-se aos seguintes fatores: a). São encontradas nas

fezes de animais de sangue quente, inclusive dos seres humanos; b). São facilmente detectáveis e quantificáveis por técnicas simples e economicamente viáveis, em qualquer tipo de água; c). Sua concentração na água contaminada possui uma relação direta com o grau de contaminação fecal desta; d). Tem maior tempo de sobrevivência na água que as bactérias patogênicas intestinais, por serem menos exigentes em termos nutricionais, além de serem incapazes de se multiplicarem no ambiente aquático ou se multiplicarem menos que as bactérias entéricas e e). São mais resistentes aos agentes tensoativos e agentes desinfetantes do que bactérias patogênicas.

As análises de água para coliformes totais/*Escherichia coli*) são muito importantes para monitorar a qualidade das águas de poços artesianos, que é muito variável, uma vez que as águas subterrâneas que abastecem nossos poços se deslocam por um longo caminho através de rochas e solos e assim podem sofrer contaminação fecal durante seu percurso.

Cloro: O cloro é agente de desinfecção mais utilizado. E a manutenção da sua concentração mínima na água é obrigatória, conforme Portaria nº 888 resumida na tabela acima. A baixa concentração de cloro residual no reservatório é propícia à uma eventual contaminação microbiológica da água, principalmente durante a distribuição, onde haverá uma perda natural dos teores de cloro residual em função da volatilidade e decomposição do produto.

Segundo a Diretriz Nacional do Plano de Amostragem (2016):

Embora não ofereça riscos à saúde, níveis de cloro residual livre superiores a 2,0 mg/L (valor recomendado) podem causar rejeição da população (devido à manifestação de gosto e odor na água) e, conseqüentemente, a busca por fontes alternativas não seguras. Por fim, a concentração de 5,0 mg/L constitui o valor acima do qual representa riscos à saúde da população [...].

3.3 Estado da Paraíba e os municípios avaliados neste trabalho

No estado da Paraíba, há 223 municípios e uma população urbana da ordem de 3,2 milhões de habitantes na zona urbana. Nesta zona, predomina a captação de água de mananciais exclusivamente superficiais, para a distribuição a 181 municípios. Apenas 17 municípios do estado são abastecidos exclusivamente por meio de mananciais subterrâneos e 25 pelos dois tipos de mananciais (ANA, 2021).

Indo além no território deste estado, apenas 17% dos domicílios rurais em 2017 estavam ligados à rede de abastecimento de água, ou seja, a maioria deles faz uso de soluções alternativas de abastecimento individuais ou coletivas (FUNASA, 2017). Em municípios com menos de 20.000 habitantes, 32,1% do volume de água distribuído não

recebe qualquer tipo de tratamento (BRASIL, 2005). Esse é o caso mais encontrado na maioria dos oito municípios do foco do estudo deste trabalho.

Nos municípios de Riachão do Poço, Itapororoca e São Domingos, a captação da água é majoritariamente proveniente de poços, ou seja manancial subterrâneo, e em Alagoinha, captação de manancial superficial. Já os municípios de Curral de Cima, Santa Cecília, Pedra Branca, e Alcântil têm captação subterrânea e superficial.

4 METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido através do estágio curricular realizado no TED firmado entre a Fundação Nacional da Saúde (FUNASA) e a Universidade Federal da Paraíba (UFPB), para desenvolvimento do Plano de Segurança da Água (PSA) para 8 municípios do Estado da Paraíba, a saber: Riachão do Poço, Alagoinha, Itapororoca, São Domingos, Curral de Cima, Santa Cecília, Pedra Branca e Alcantil.

O estudo apresentado neste trabalho deu-se a partir dos dados obtidos na Meta 3 do TED, que caracterizou-se como fase de avaliação do sistema de abastecimento de água: avaliação do sistema, dos perigos/eventos perigosos e de riscos e medidas de Controle), mais especificamente na Meta 3.4 - Levantamento e análise dos dados primários e secundários referentes à qualidade da água bruta e tratada.

A análise da qualidade da água destinada ao consumo humano desses 8 municípios paraibanos contou com o uso de dados primários e secundários referente à qualidade da água bruta e tratada e foi realizada em quatro etapas.

4.1 Etapa 1: Desenvolvimento de proposta de Planos de Amostragem

Nesta 1ª etapa, a partir da leitura da Portaria GM/MS Nº 888, ficou evidenciada a obrigatoriedade de um Plano de Amostragem. Portanto, dada a importância desse plano, foram desenvolvidas propostas de Planos de Amostragens específicos para cada um dos oito municípios analisados, levando em consideração o contingente habitacional e o tipo de manancial de captação da água desses locais, tomando como base a Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano, do Ministério da Saúde, e a Portaria nº 888.

4.2 Etapa 2: Dados secundários: Análise da qualidade da água distribuída e sua conformidade com o padrão de potabilidade

A 2ª etapa consistiu em uma pesquisa na plataforma do Sisagua e em contato com operadores dos sistemas, para obter os dados secundários referentes aos parâmetros da vigilância (e do controle) da qualidade da água dos 8 municípios, dos anos de 2018 a 2022. Além da confecção de gráficos a partir desses dados obtidos, para uma melhor percepção acerca do atendimento dos dados aos padrões de potabilidade exigidos pelo Ministério da Saúde. Os gráficos foram desenvolvidos por meio das ferramentas Excel e Python.

4.3 Etapa 3: Coletas das amostras para caracterização

Na 3ª etapa, foram coletadas amostras da água distribuída para a população dos 8 municípios já citados, para caracterização. Nos municípios que são abastecidos por água que passa por algum processo de tratamento, como Alagoinha, Santa Cecília, Pedra Branca e Alcanti, foram coletadas amostras de água bruta e tratada. Nesta etapa, seguiram-se as boas práticas de laboratório e biossegurança, como vestimenta adequada, luvas de látex e refrigeração das amostras coletadas, conforme normas da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), e as orientações do Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras da Agência Nacional de Águas (ANA), bem como do Manual de Coleta, Conservação e Transporte de Amostras de Água do Centro de Vigilância Sanitária do Estado de São Paulo.

Para as coletas, eram utilizadas luvas de látex, caixas térmicas de isopor com gelo para conservar as amostras, frascos de plásticos estéreis de 100 mL, com tiosulfato de sódio, para coletas destinadas às análises bacteriológicas, e garrafa PET de 2 L para as demais análises.

Os pontos de coleta foram previamente estudados e selecionados com a equipe do projeto, levando em consideração as áreas mais densamente povoadas, tipo de manancial e formas de abastecimento que atendem a populações mais vulneráveis (estabelecimentos de saúde – clínicas de hemodiálise, hospitais etc., estabelecimentos de ensino – escolas, creches etc., cadeia, hotelaria). Os frascos para coletas foram devidamente identificados e os pontos localizados via GPS, e em cada município, a equipe técnica acompanhou as atividades.

Além das coletas de água para caracterização, durante as visitas aos municípios, foram catalogadas também informações acerca da qualidade dos serviços prestados e dos equipamentos utilizados no abastecimento de água.

4.4 Etapa 4: Dados primários: Caracterização das amostras coletadas

Na 4ª etapa, foi realizada a caracterização das águas no Laboratório de Cromatografia e Quimiometria Aplicada (Lacqua) no Centro de Tecnologia da UFPB, Campus I.

Esta caracterização consistiu na análise dos parâmetros básicos (pH, turbidez, cor aparente e verdadeira, coliformes totais/*Escherichia coli*, fluoreto, cloro residual), metais (ferro, manganês, alumínio, zinco, cobre e cromo) e demais parâmetros analisados (nitrato, nitrogênio, fosfato, cloreto, dureza, salinidade e condutividade).

Os reagentes utilizados nas análises foram adquiridos com a empresa Alfakit, que é especializada no desenvolvimento de kits e equipamentos para análises de águas, solos, efluentes e biogás. Excetuando-se as análises bacteriológicas e de dureza, cloreto, pH, salinidade e condutividade, todas as caracterizações das amostras foram realizadas por espectrofotometria. O espectrofotômetro utilizado foi o espectrofotômetro de UV-Vis (UV-1280, Shimadzu). Para as análises de pH, foram utilizados pHmetro de bancada e portátil, visando as análises *in loco* e, para as análises bacteriológicas, utilizou-se uma mini estufa microprocessada AT-604 também da Alfakit e uma lâmpada de mão ultravioleta (Spectroline E-Series).

As metodologias analíticas utilizadas para determinação dos parâmetros atendem às normas contidas no American Public Health Association (APHA) (2017), conforme Art. 22 da Portaria nº 888. Os métodos empregados em cada análise estão detalhados no Anexo D.

4.5 Etapa 5: Diagnóstico

Analisando os dados primários e secundários referentes à qualidade da água distribuída nos 8 municípios da Paraíba estudados neste trabalho, tendo como base o padrão de potabilidade expresso na Portaria GM/MS Nº 888, foi realizado um diagnóstico da qualidade da água consumida pela população desses municípios.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e discussões apresentados a seguir estão divididos por município. Para cada município, encontram-se dados referentes às informações gerais (onde estão localizados, contingente habitacional, densidade), à forma de abastecimentos, ao Plano de Amostragem específico, aos dados secundários, levantados a partir do Sisagua ou com a equipe técnica municipal, e aos dados primários, obtidos com as caracterizações das águas realizadas no presente trabalho.

Com relação ao Plano de Amostragem, tem-se realidades diferentes, dentro de um único município, uma na zona urbana e outra na zona rural. Na zona urbana, a população é abastecida com rede de distribuição de água, que chega até as caixas d'água de cada residência. Isso caracteriza o sistema como um SAA (com rede de distribuição), e o mesmo estará sujeito aos Anexos 13 e 14, da portaria, quanto à frequência e às análises do monitoramento. Já na zona rural, a população é abastecida com água oriunda de poços artesianos, rios ou açudes, que é distribuída por meio de carros-pipas e armazenada em cisternas comunitárias. Neste caso, as pessoas vão coletar a água para seu consumo, com baldes ou bombonas, diretamente na cisterna. Isso caracteriza o sistema como uma solução alternativa coletiva (SAC), sem rede de distribuição, estando sujeito ao Anexos 15, da portaria, quanto à frequência e às análises do monitoramento.

Os 8 municípios selecionados para este trabalho tiveram população estimada para 2021, segundo IBGE, menor que 20.000 hab (IBGE, 2010).

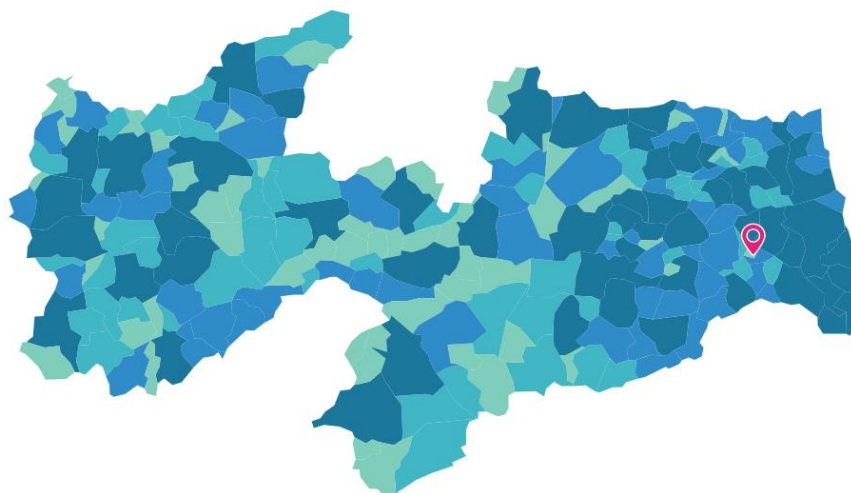
Todos os artigos mencionados nos Planos de Amostragens propostos e utilizados para confeccioná-los estão identificados no Quadro 1 e os anexos 13, 14 e 15 da Portaria nº888 mencionados encontram-se respectivamente nos Anexos A, B e C deste trabalho.

É importante ressaltar aqui que não foi possível a aquisição completa dos dados de controle e da vigilância de todos os municípios através do site do Sisagua. Alguns municípios não tinham dados dos parâmetros básicos e/ou os dados não estavam atualizados no sistema. Neste caso, informações utilizadas no estudo dos dados secundários foram obtidas diretamente com a equipe técnica de cada município.

Durante a produção dos dados primários, as análises de cloro residual foram realizadas somente nas amostras de água que passaram por alguma etapa de desinfecção, visto que não se justifica esse tipo de análise em SAA ou SAC que não passam por esta etapa de tratamento (BRASIL, 2016).

5.1 Município de Riachão do Poço

Figura 4 - Mapa da Paraíba com localização de Riachão do Poço.



Fonte: IBGE.

Riachão do Poço é um município localizado na Microrregião Riachão do Poço e na Mesorregião Mata Paraibana do Estado da Paraíba (Figura 4), tem área equivalente 39 /km² (Brasil, 2005) e limita-se com os municípios de Caldas Brandão (10km), Sobrado (5km), Sapé (8,5km) e Mari (14km). Segundo IBGE (2010), a densidade demográfica é igual a 104,35 hab/km² e teve população estimada para 2021 igual a 4.571 hab. O município de Riachão do Poço encontra-se inserido nos domínios da bacia hidrográfica do Rio Paraíba, região do Baixo Paraíba e há um registro de 23 poços de água tubulares (BRASIL. 2005).

Em Riachão do Poço, a água consumida pela população tem origem exclusivamente subterrânea, oriunda de poços, além de haver cisternas comunitárias, característica de SAC.

5.1.1 Plano de Amostragem para Riachão do Poço

Portanto, levando em consideração a existência de SAC com abastecimento por manancial subterrâneo em Riachão do Poço, tem-se a seguinte proposta de Plano de Amostragem expressa no (Quadro 3).

Quadro 3 - Plano de Amostragem proposto para Riachão do Poço.

	Semestral	Mensal	Semanal	Diária
Água Bruta	Turbidez, Cor Verdadeira, pH, Fósforo Total, Nitrogênio Amoniacal Total, condutividade elétrica e dos parâmetros inorgânicos, orgânicos e agrotóxicos (Art. 42 § 2º - Anexo 9) (Art. 44 § 4º - Agrotóxicos)			
Saída do tratamento	Demais parâmetros (Anexo 15)	Escherichia coli (Art.31 § 5º) Cor aparente, pH, coliformes totais e Escherichia coli (4 amostras) (Anexo 15)	Turbidez (Pós- desinfecção para águas subterrâneas) (Art.28) Turbidez (4 amostras) (Anexo 15)	Residual de desinfetante (4 amostras) (Anexo 15)
No ponto de consumo	Avaliação radiológica (Art.37 § 7º)	Cor aparente, pH, coliformes totais e Escherichia coli, turbidez (4 amostras) (Anexo 15)		Residual de desinfetante (4 amostras) (Anexo 15)

Fonte: Autor (2022).

Neste município, não há nenhum tipo de tratamento de água, logo deve haver avaliação radiológica semestral e análises mensais de parâmetros básicos (cor aparente, pH, coliformes totais e *Escherichia coli*) nos pontos de consumo. Como a população estimada de Riachão do Poço para 2021 é de 4.571 hab., devem ser coletadas 4 amostras dos parâmetros básicos, conforme Anexo 15 da Portaria nº 888 presente no Anexo IV deste trabalho.

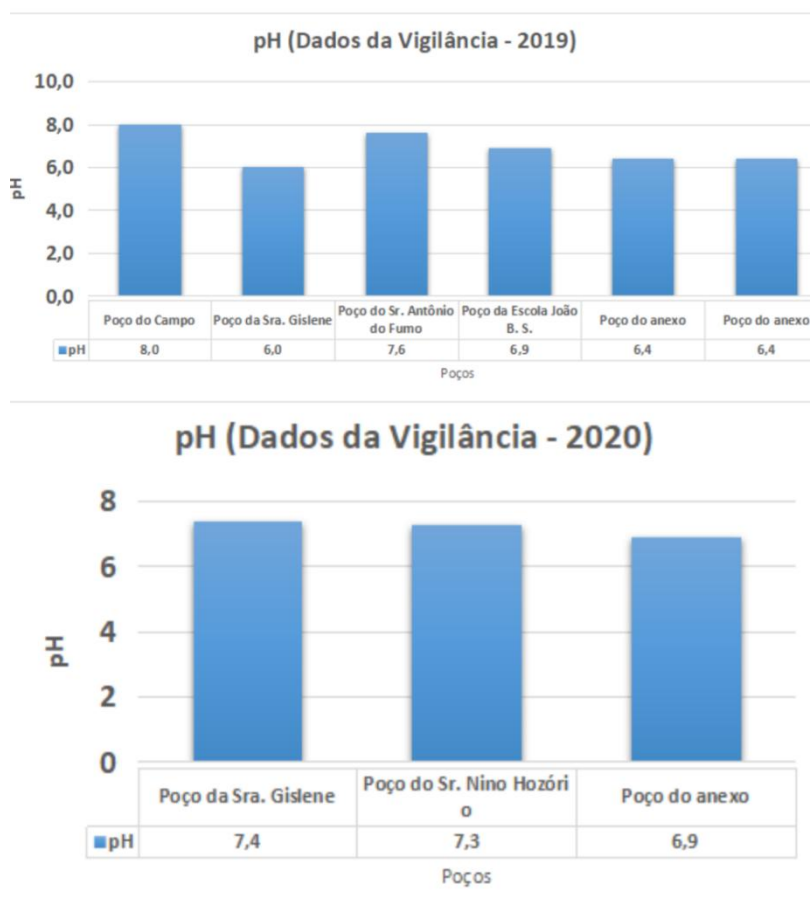
Os dados básicos são analisados pelo município e foram obtidos para este estudo, porém, de acordo com o Art. 24, toda água para consumo humano fornecida coletivamente (por SAC) deve passar por desinfecção. Portanto, mais coletas e análises de parâmetros básicos deveriam ser realizadas na saída dessa etapa do tratamento, o qual também deve ser realizado.

5.1.2 Dados secundários: Análise da qualidade da água distribuída em Riachão do Poço e sua conformidade com o padrão de potabilidade.

Seguem os gráficos confeccionados a partir dos dados do relatório da vigilância dos anos de 2019, 2020 e 2021. Os dados disponíveis são de pH, turbidez, coliformes totais e *Escherichia coli*.

Os dados de Riachão do Poço foram coletados em seis pontos de amostragem, os quais também foram analisados na quarta etapa deste trabalho (Etapa 4:). Todos os gráficos referentes às análises bacteriológicas (coliformes totais e *Escherichia coli*) possuem o percentual de amostras no eixo y e o referencial anual no eixo x. Já os gráficos de pH e turbidez apresentam os valores dos parâmetros no eixo y e, no eixo x, encontram-se os Poços dos quais foram coletadas amostras em pontos de consumo. Os nomes dos poços presentes nesses gráficos são reflexos dos nomes de seus respectivos proprietários ou localidades.

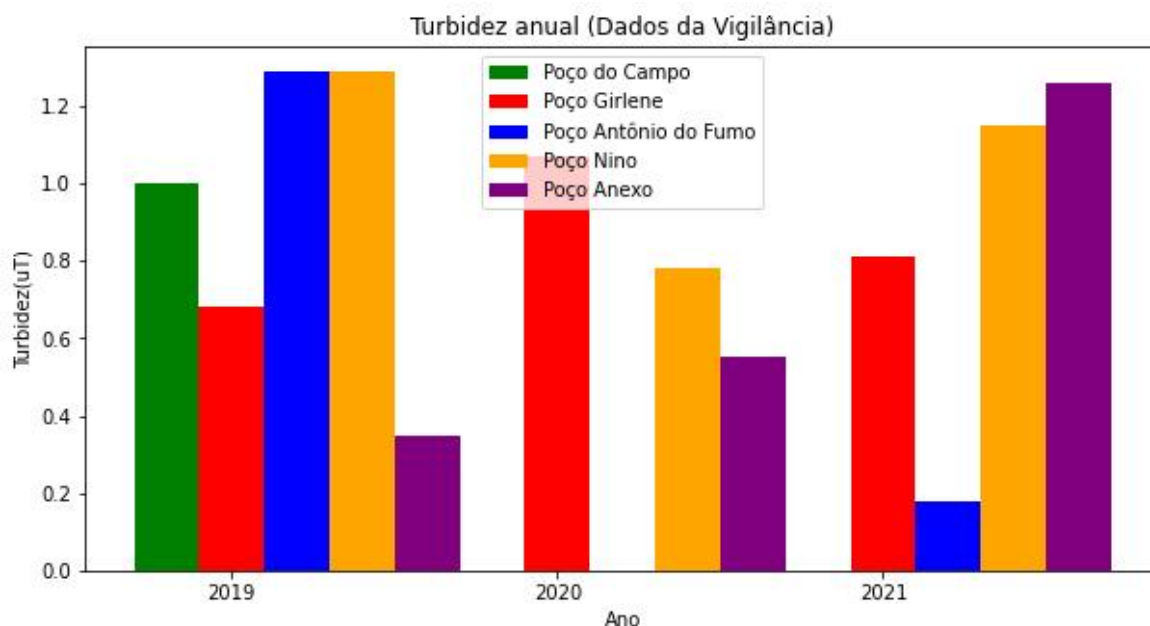
Figura 5 - Gráficos anuais de pH para Riachão do Poço.



Fomte: Riachão do Poço (2022).

Os valores de pH no relatório da vigilância para os pontos de coleta analisados são encontrados apenas para os anos de 2019 e 2020 (Figura 5), com valores entre 6,5 e 8, encontrando-se dentro da faixa recomendada pelo Ministério da Saúde.

Figura 6 - Gráfico anual de Turbidez para Riachão do Poço.



Fonte: Riachão do Poço (2022).

Considerando que as amostras dos poços foram coletadas em pontos de consumo, os valores da turbidez encontram-se dentro do padrão de potabilidade, abaixo do valor máximo permitido, igual a 5 uT (Figura 6), pelo parágrafo 3º do Art. 28 da Portaria nº888.

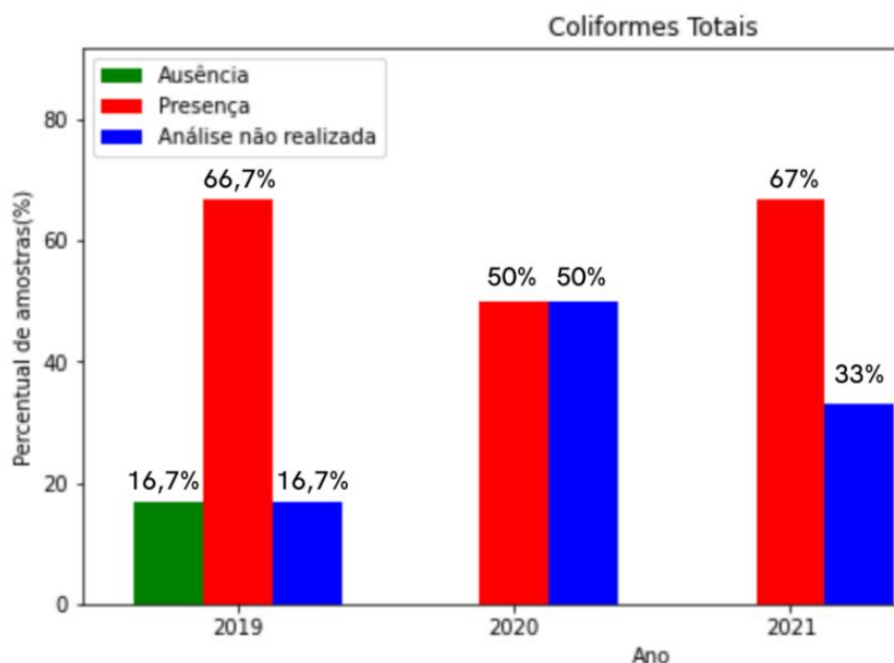
Para as análises bacteriológicas, não houve separação por ponto de coleta. O estudo foi realizado com base no total de amostras analisadas por ano, conforme indica a Tabela 5.

Tabela 5 - Quantidade de amostras para análises bacteriológicas por ano.

Ano	Quantidade de amostra analisada
2019	7
2020	7
2021	7
2022	8

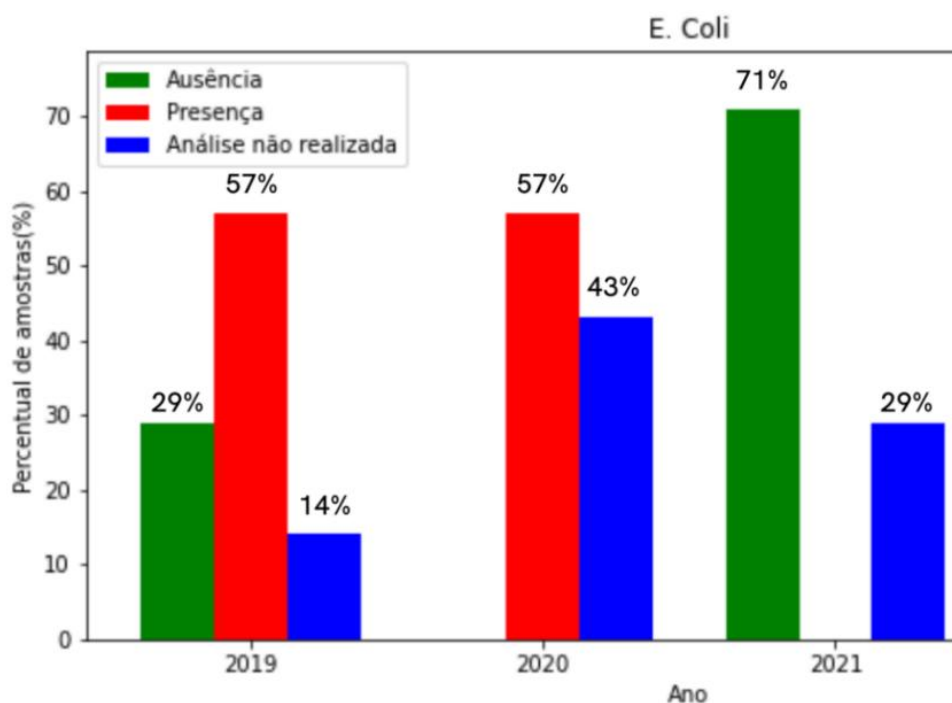
Fonte: Riachão do Poço (2022).

Figura 7 - Gráfico anual de Coliformes totais para Riachão do Poço.



Fonte: Riachão do Poço (2022).

Figura 8 - Gráfico anual de Escherichia coli para Riachão do Poço.



Fonte: Riachão do Poço (2022).

O percentual de coliformes totais mostrou-se alto, igual ou superior a 50% para todos os anos analisados (Figura 7). A presença de *Escherichia coli* apresentou-se em quantidade significativa para os anos de 2019 e 2020, enquanto no ano de 2021, nenhuma amostra apresentou presença de *E. coli*, entretanto grande parte das amostras, 29%, não foi analisada (Figura 8).

Segundo Art. 27 da Portaria GM/MS nº 888 “Art. 27 A água potável deve estar em conformidade com padrão microbiológico, conforme disposto nos Anexos 1 a 8 e demais disposições”. No sistema de distribuição e pontos de consumo, deve haver ausência em 100 mL de *Escherichia coli*. E em sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem menos de 20.000 habitantes, apenas uma amostra, entre as amostras examinadas no mês pelo responsável pelo sistema ou por solução alternativa coletiva de abastecimento de água poderá apresentar resultado positivo para coliformes totais (Brasil, 2021).

Os dados bacteriológicos analisados estão fora do padrão de potabilidade, e com percentual de amostra impróprias ao consumo humano elevado para os anos de 2019 e 2020, devido presença de indicador de contaminação fecal (*Escherichia coli*).

5.1.3 Coletas em Riachão do Poço

Visando a avaliação da qualidade da água distribuída neste município, foram realizadas coletas nos Poços e em reservatórios, conforme tabela de identificação abaixo (Tabela 6):

Tabela 6 - Identificação dos pontos de coleta em Riachão do Poço.

Cód. GPS	Identificação do ponto
P012	Poço do Campo
P018	Poço do Popou
P022	Poço do Centro
P005	Reservatório da Sra. Gislene
P027	Poço do Sr. Antônio do Fumo (Sítio Boa Bista)
P031	Poço do Sr. Nino Hozório (Poço Primavera)
P010	Reservatório II (Escola João Bernardo Semeão)
P003	Reservatório do Anexo

Fonte: Autor (2022).

O Poço do Campo (P012) fica dentro da zona urbana, com apenas um campo de futebol ao redor, não tem proteção superior (casa de abrigo), mas apresentou algum tipo de proteção. O Poço do Popou (P018) está localizado em uma propriedade privada, em uma área de agricultura familiar com cultivo de mamão e fertilizante, além de ter sido constatado galinheiro e fossa próximo ao poço. Esse não possui proteção, seu acionamento é manual e parte da tubulação é de ferro com presença de corrosão. O Poço do Centro (P022) localiza-se próximo a um pequeno rio, chamado Riacho Timbaúba, tem plantação de milho e feijão ao seu redor e não apresenta proteção. Próximo ao Poço do Sr. Antônio do Fumo (Sítio Primavera) (P027) há plantações de batata-doce. O Poço do Sr. Nino Hozório (Poço Primavera) (P031) está localizado próximo a residências e possui proteção.

5.1.4 Dados primários: Caracterização da água de Riachão do Poço

Tabela 7 - Resultados dos parâmetros básicos.

Amostra	pH	Turbidez (uT ⁽ⁱⁱ⁾)	Cor aparente (uH ⁽ⁱ⁾)	Coliformes totais (Ausência/Presença)	<i>Escherichia coli</i> (Ausência/Presença)	Fluoreto (F ⁻) (mg/L)
P012	6,83	<LQI*	<LQI*	Presença	Ausência	1,03
P018	6,08	<LQI*	<LQI*	Ausência	Ausência	0,25
P022	6,76	<LQI*	<LQI*	Presença	Ausência	0,99
P005	6,07	<LQI*	<LQI*	Presença	Ausência	0,06
P027	6,1	4,16	45,62	Presença	Ausência	0,27
P031	6,62	<LQI*	<LQI*	Presença	Presença	0,18
P010	5,97	<LQI*	<LQI*	Presença	Ausência	0,04
P003	6,07	<LQI*	<LQI*	Presença	Presença	0,14

*LQI (Limite de Quantificação Inferior): Turbidez = 1 uT; Cor aparente = 1 uH; F⁻ = 0,10 mg/L.

uH⁽ⁱ⁾ = unidade Hazen (mgPt-Co/L)

uT⁽ⁱⁱ⁾ = unidade de Turbidez

Fonte: Autor (2022).

Conforme Tabela 7, todas as amostras apresentaram valores de pH dentro da faixa recomendada pela Portaria. A amostra P027 apresentou valor para cor aparente muito acima do VMP, 45,62 uH. Excetuando-se a amostra P018, as demais encontram-se impróprias para consumo humano, devido à presença de coliformes totais. Há presença de *Escherichia coli* nas amostras P031 e P003, indicando contaminação de origem exclusivamente fecal.

Tabela 8 - Resultados das análises de metais para o município de Riachão do Poço

Metais (mg/L)						
Amostra	Ferro	Manganês	Alumínio	Zinco	Cobre	Cromo
P012	<LQI*	0,12	<LQI*	<LQI*	<LQI*	<LQI*
P018	<LQI*	<LQI*	<LQI*	0,01	<LQI*	<LQI*
P022	0,18	0,21	<LQI*	<LQI*	0,13	<LQI*
P005	<LQI*	<LQI*	<LQI*	0,02	0,34	0,11
P027	0,17	0,11	<LQI*	0,09	<LQI*	0,16
P031	<LQI*	<LQI*	<LQI*	0,01	<LQI*	<LQI*
P010	<LQI*	<LQI*	<LQI*	0,05	<LQI*	<LQI*
P003	<LQI*	<LQI*	<LQI*	0,01	<LQI*	<LQI*

*LQI (Limite de Quantificação Inferior mg/L): Fe = 0,10; Mn = 0,0; Al = 0,10; Zn = 0,01;

Cu = 0,10; Cr = 0,10

Fonte: Autor (2022).

Conforme a tabela acima, apenas a amostra P022 apresentou concentração de manganês igual a (Mn) = 0,21 mg/L além do permitido e as amostras P005 e P027 apresentaram concentrações acima do VMP para o cromo iguais a (Cr) 0,11 mg/L e 0,16 mg/L respectivamente (Tabela 8). As demais amostras demonstraram resultados dentro dos padrões estabelecidos pela Portaria GM/MS N° 888.

Tabela 9 - Resultados dos demais parâmetros analisados

Amostra	Nitrato (NO ₃ ⁻) (mg/L)	Nitrogênio (mg/L)	Fosfato (PO ₄ ⁻) (mg/L)	Cloreto (Cl ⁻) (mg/L)	Dureza total (mg/L)	Dureza de cálcio (mg/L)	Dureza de magnésio (mg/L)	Salinidade (%)	Condutividade (uS/cm)
P012	6,15	1,35	0,93	265,17	364,33	136,12	228,21	1,61	1536
P018	93,64	20,60	1,97	188,03	196,18	92,08	104,09	0,95	928
P022	1,54	0,34	1,25	371,23	492,44	192,17	300,27	1,95	1834
P005	20,68	4,55	1,10	161,99	164,15	96,09	68,06	0,74	733
P027	7,44	1,64	2,03	21,21	44,04	18,02	26,02	0,3	307
P031	56,00	12,32	2,79	44,36	56,05	32,03	24,02	0,37	377
P010	67,02	14,74	0,96	59,78	36,03	20,02	16,01	0,42	432
P003	31,98	7,04	1,25	269,99	272,24	140,13	132,12	1,19	1148

Fonte: Autor (2022).

As amostras P012 e P022 obtiveram concentrações de cloreto, 265,17 mg/L e 371,23 mg/L, e dureza total, 364,33 mg/L e 492,44 mg/L, acima do padrão de potabilidade, enquanto a amostra P003 apresentou apenas a concentração de cloreto fora desse padrão, 269,99 mg/L. Esse resultado corrobora com os seus respectivos valores de salinidade acima de 0,5% e condutividade, confirmando quantidade de sais dissolvidos na água além do permitido para água potável. Nas duas amostras com elevada dureza, a presença de magnésio é significativamente maior que a presença de cálcio (Tabela 9).

5.1.5 Diagnóstico da água distribuída em Riachão do Poço

Com base nos dados primários, embora inconformidades com os VMPs estabelecidos, no padrão de potabilidade, para cor aparente, manganês, cromo, cloreto e dureza em algumas amostras, tenham sido encontrados, os maiores problemas observados foram presença de coliformes, altas concentrações de nitrato e elevada salinidade. Os dados secundários para este município também indicam presença de coliformes entre os anos de 2019, 2020 e 2021, corroborando com os resultados encontrados.

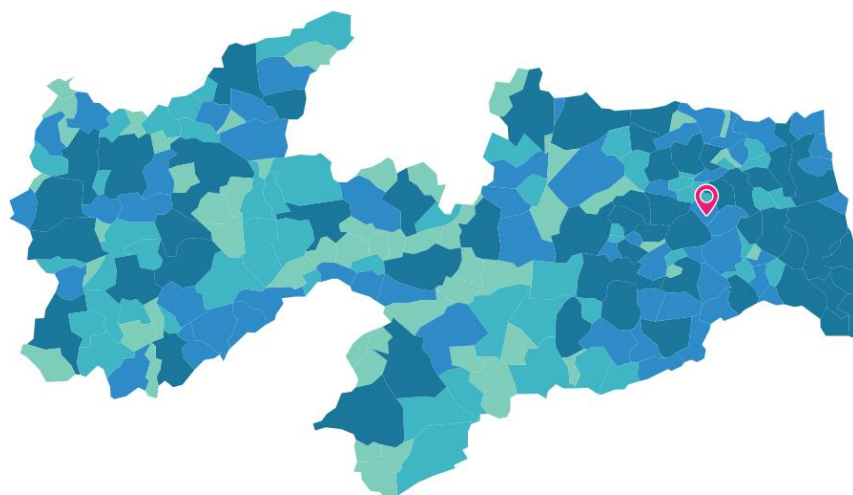
Embora a presença, por si só, de coliformes totais não implique o comprometimento da água, indica a possibilidade da presença de bactérias patogênicas. Por outro lado, presença de coliformes associada às altas concentrações de nitrato resultantes, em águas de poços, indica que esse íon é proveniente de efluentes domésticos.

Os valores de salinidade acima de 0,5% em mais da metade das amostras analisadas caracterizam-nas como águas salobras.

Os dados primários de pH e turbidez convergem com os dados secundários. Valores baixos de turbidez e a maioria do pH encontrado na faixa de 6 a 7.

5.2 Município de Alagoinha

Figura 9 - Mapa da Paraíba com localização de Alagoinha.



Fonte: IBGE.

O município de Alagoinha tem densidade demográfica igual a 139,99 hab/km² e população estimada para 2021 igual a 14.629 hab, porém apenas 9,1% dos alagoinhenses tem acesso a esgotamento sanitário adequado (IBGE, 2010). Está localizado na Região Metropolitana de Guarabira, na Mesorregião do agreste paraíbano e na Microrregião (Figura 9) e tem área territorial igual a 111,361 km² (IBGE, 2021).

A fonte de captação desse município é a barragem do sítio Tauá, única fonte de captação de água bruta para a zona urbana durante 8 meses. Durante os períodos críticos de estiagem (4 meses no ano), o Açude Tauá, em Cuitegi, é utilizado como fonte de captação emergencial.

5.2.1 Plano de Amostragem para Alagoinha

Em Alagoinha, devem ser realizadas coletas e análises na frequência definida no Plano de Amostragem proposto abaixo (Quadro 5), em virtude de seu abastecimento ser por manancial superficial e possuir sistema de tratamento e rede de distribuição, caracterizando-se como SAA.

Quadro 4 - Plano de Amostragem proposto para Alagoinha.

	Semestral	Trimestral	Bimestral	Mensal	Semanal	Diária	A cada 2h
Água Bruta	Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Oxigênio Dissolvido (OD), Turbidez, Cor Verdadeira, pH, Fósforo Total, Nitrogênio Amoniacal Total e dos parâmetros inorgânicos, orgânicos e agrotóxicos (Art 42 - S1; Anexo 9) (Art. 44 S4)	Cianobactérias (Art.43 - Anexo 12) (<= 10.000 células/ml)		clorofila-a (Art.43 § 1º) Escherichia coli (Art.29)	Cianobactérias (Art.43 - Anexo 12) (> 10.000 células/ml)		
Saída do tratamento	Cloreto de Vinila (Uma amostra) (Anexo.13) Demais parâmetros (Uma amostra) (Anexo 13) (Anexos 9 e 11) (Art. 44 S4 - Agrotóxicos)	Gosto e odor (Uma amostra) (Anexo 13)		Acrilamida (polímero - PAC) (Anexo.13) Epicloridrina (Anexo.13)	Cianotoxinas * (Anexo 13) Coliformes Totais (2 amostras) (Anexo 14)	Turbidez (Para filtração lenta) (Art.28)	Turbidez(Para filtração rápida (tratamento completo ou filtração direta) e filtração por membrana)(Art.28) Fluoreto (Anexo 13) Turbidez, Residual de desinfetante, Cor aparente, pH (Anexo 13)
Sistema de distribuição (reservatórios e rede)	Avaliação radiológica (Art.37 § 7º) Cloreto de Vinila (Anexo.13)	Demais parâmetros (Anexo 13) (Anexos 9 e 11) (Art. 4 S 4 - Agrotóxicos)	Produtos secundários da desinfecção (Anexo 13) (Anexo 9 - produtos secundários)	Acrilamida (Anexo.13) Epicloridrina (Anexo.13) Coliformes Totais (14 amostras) (Anexo 14)			

Fonte: Autor (2022).

Neste município, embora sejam realizadas análises dos parâmetros básicos, com exceção das análises bacteriológicas, para água bruta e tratada, o monitoramento da qualidade da água deve ser completo, conforme Quadro 4, desde a água bruta até o sistema de distribuição (reservatórios e rede), devido existência de uma estação de tratamento de água de responsabilidade do município em questão. Como a população estimada para 2021 é maior que 10.000 hab, a análise de cianobactérias deve ser realizada de forma mensal na água bruta. Além disso, a quantidade de amostras mínimas necessárias para as análises de coliformes totais no sistema de distribuição deve ser igual a 14.

5.2.2 Dados secundários: Análise da qualidade da água distribuída em Alagoinha e sua conformidade com o padrão de potabilidade.

Os dados secundários de Alagoinha foram obtidos por meio dos operadores da estação de tratamento. Nesses dados, constam resultados de 2018 a janeiro de 2021 das análises de pH, turbidez, cor aparente e cloro residual para amostras da água bruta e tratada do sistema. Os gráficos a seguir exibem os valores dos parâmetros mencionados no eixo y e, no eixo x, a numeração das amostras analisadas. As barras em azul correspondem à água bruta e as barras em laranja à água tratada.

O valor do pH encontra-se na faixa de 6 a 8 para todos os meses de 2018 (Figura 10) e de 2020 (Figura 18), apresentando uma leve diminuição da água bruta para a tratada.

O valores para turbidez não ultrapassam 10 uT para todos os meses de 2018, há uma diminuição significativa da turbidez na água após o tratamento, alcançando valor abaixo do VMP (Figura 11).

A cor aparente em alguns meses de 2018 chega a ultrapassar 90 uH, mas para a água tratada, esse valor não chega a 5 uH (Figura 12).

A concentração de cloro residual apresentou-se sempre acima da concentração mínima exigida (0,2 mg/l de cloro residual livre) para todos os meses de 2018 (Figura 13), 2019 (Figura 17), 2020 (Figura 21) e para janeiro de 2021 (Figura 22d).

Em 2019, o pH caiu um pouco nos três primeiros meses do ano, mas depois seguiu o padrão do ano anterior (Figura 14).

Os resultados da turbidez no ano de 2019 apresentaram significativa diminuição em comparação com o ano anterior (Figura 15). Mais uma diminuição foi observada para o ano de 2019, desta vez para a cor aparente. Enquanto em 2018, na maior parte dos meses a cor chegou a ultrapassar os 90 uH para a água bruta, em 2019, apenas 3 dos 11 meses analisados, apresentaram esse comportamento (Figura 16). A diminuição da cor da água bruta continuou em alguns meses do ano de 2020, mas ainda assim apresentou valores acima dos 90 uH (Figura 20).

Em 2020, houve um leve aumento da turbidez em parte dos meses avaliados, comparando-se com os dois últimos anos (Figura 22).

Em geral, os parâmetros analisados não demonstraram variação significativa entre 2018 à janeiro de 2021. Em todas as amostras analisadas, percebe-se uma grande diminuição dos valores de cor e turbidez da água bruta para a tratada, com valores sempre abaixo dos VMPs, demonstrando um bom trabalho no tratamento. Ademais, em todos os

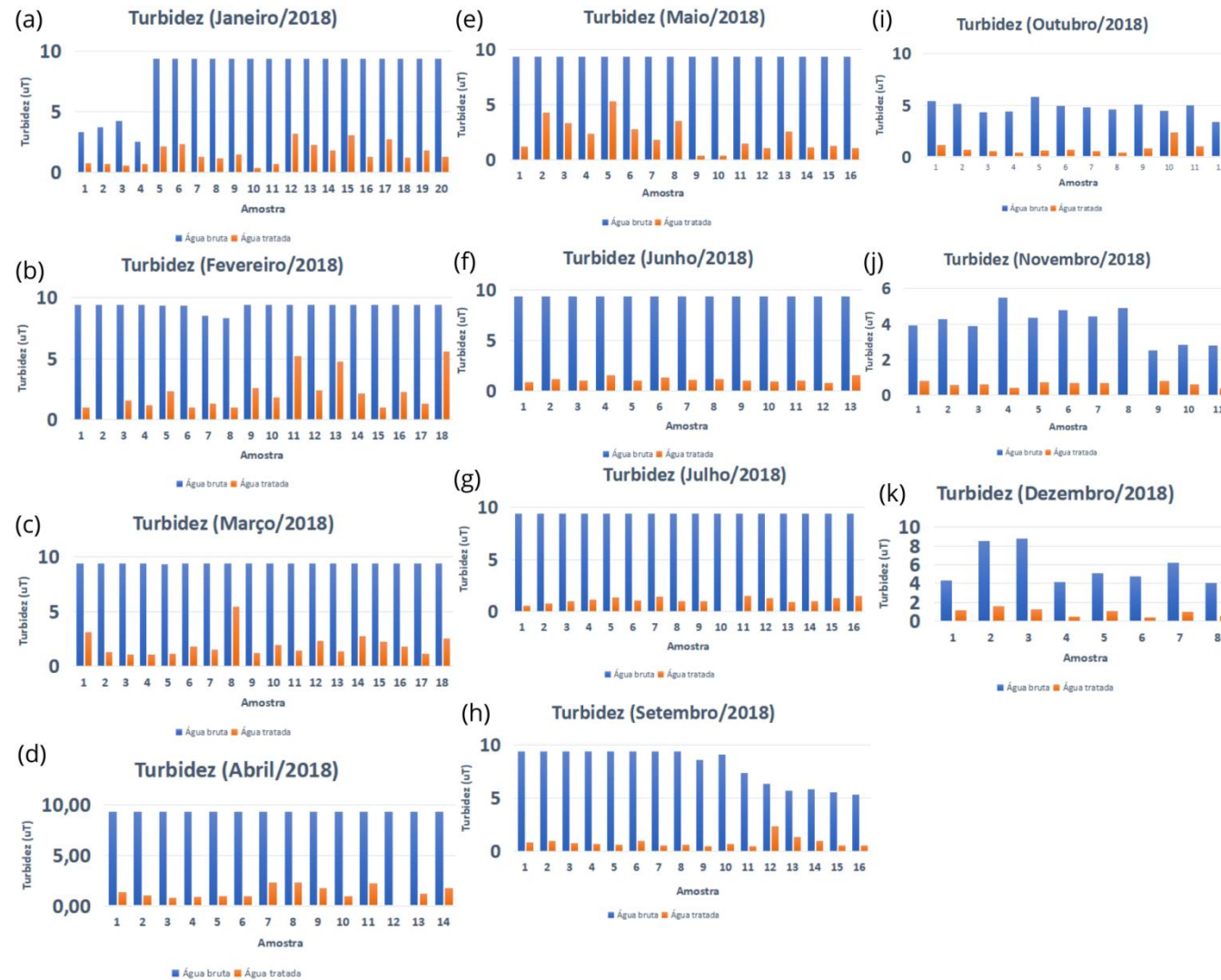
meses, as amostras analisadas resultaram em concentrações de cloro residual acima de 0,2 mg/L, comprovando uma boa manutenção deste parâmetro, conforme exigido pela Portaria nº 888.

Figura 10 - Gráficos de pH para os meses de 2018.



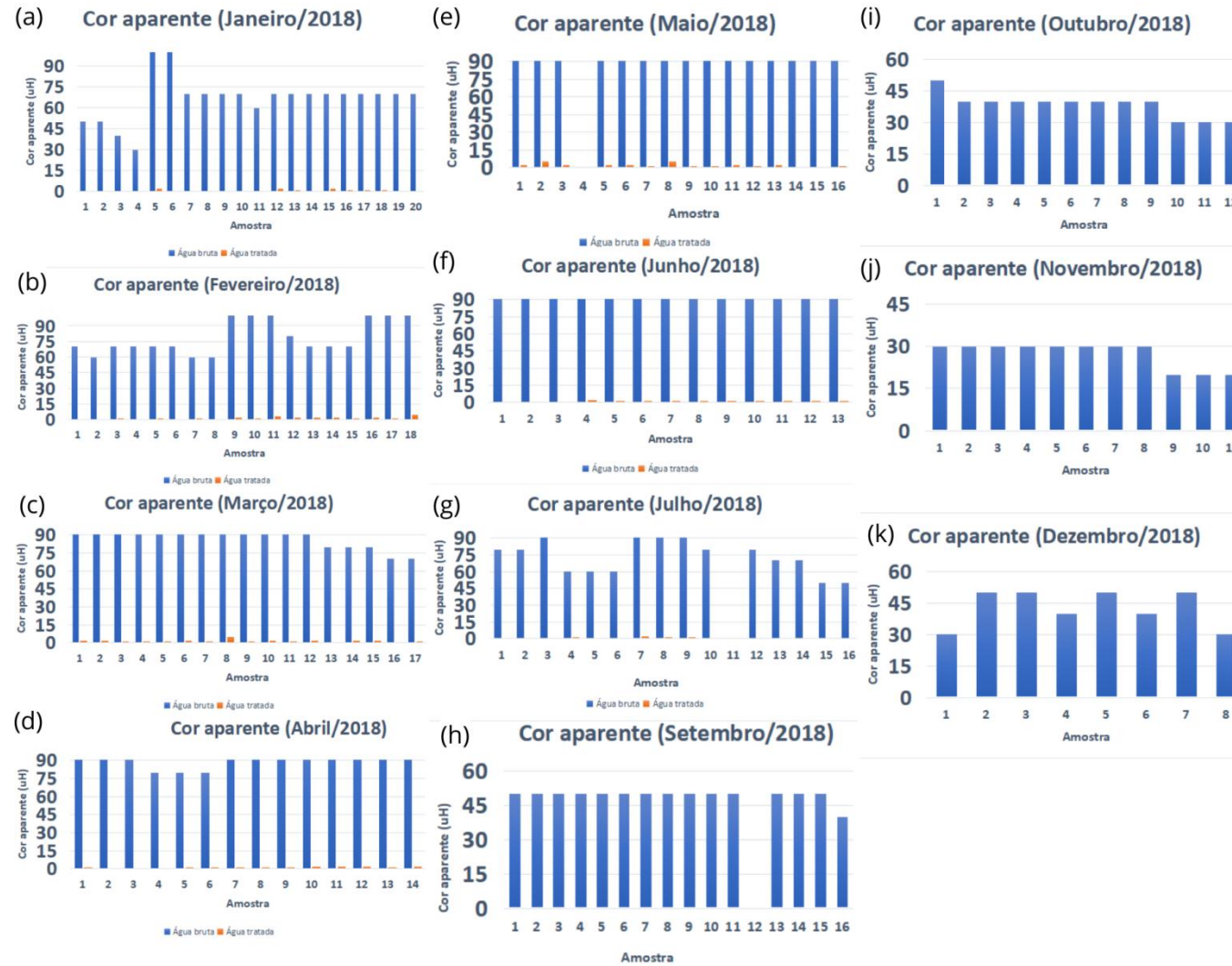
Fonte: Alagoinha (2022).

Figura 11 - Gráficos de turbidez para os meses de 2018.



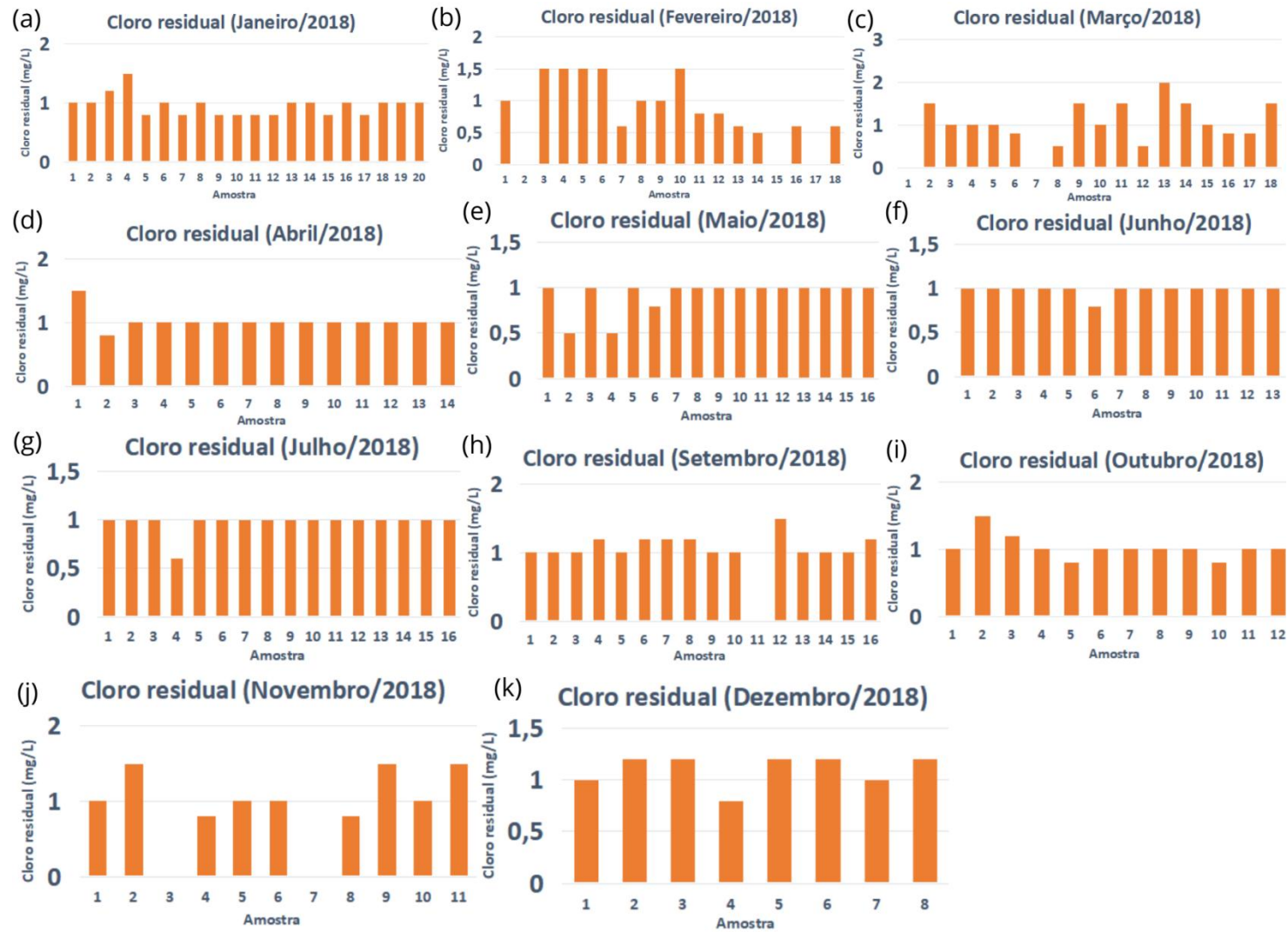
Fonte: Alagoinha (2022).

Figura 12 - Gráficos de cor aparente para os meses de 2018.



Fonte: Alagoinha (2022).

Figura 13 - Gráficos de cloro residual para os meses de 2018.



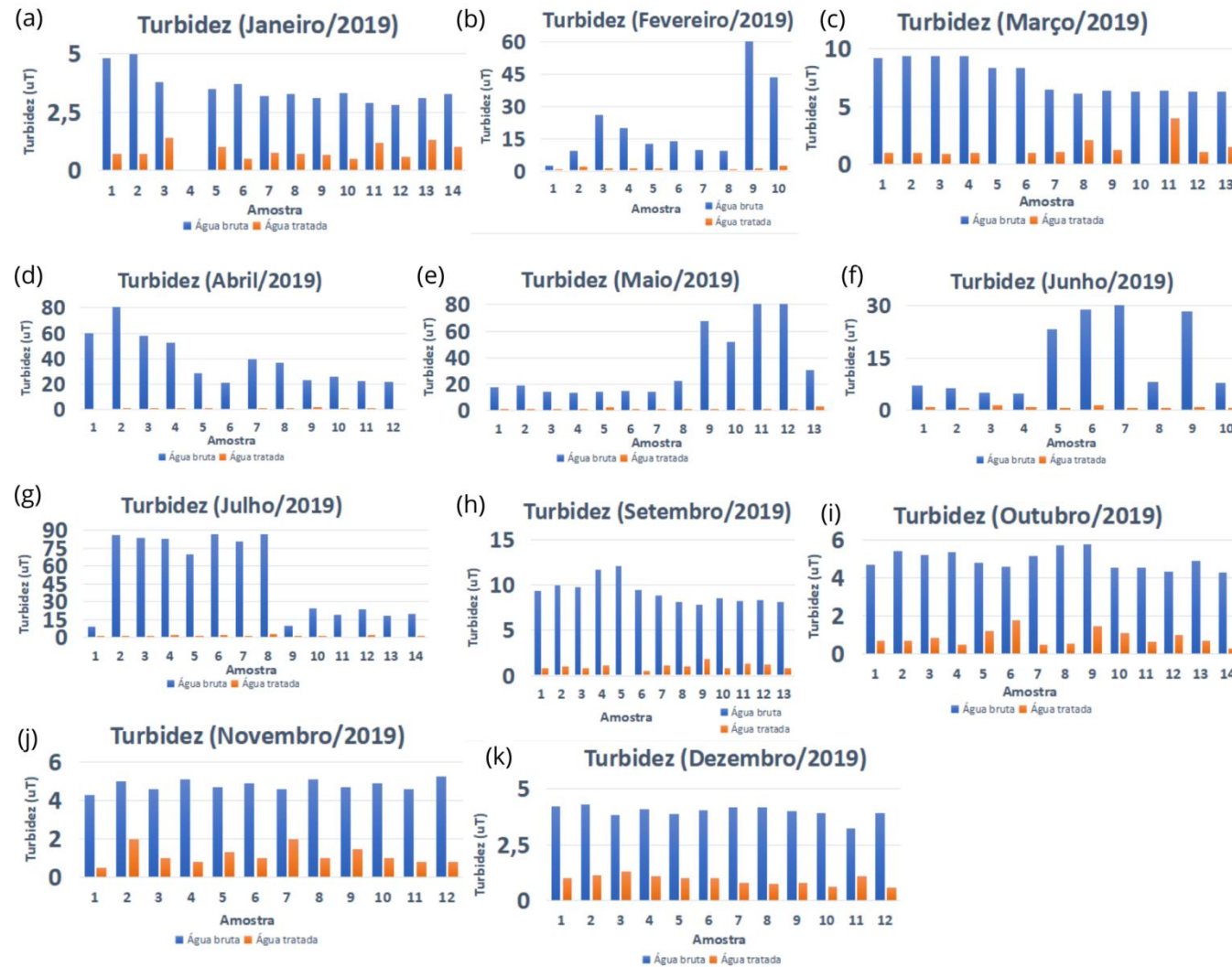
Fonte: Alagoinha (2022).

Figura 14 - Gráficos de pH para os meses de 2019.



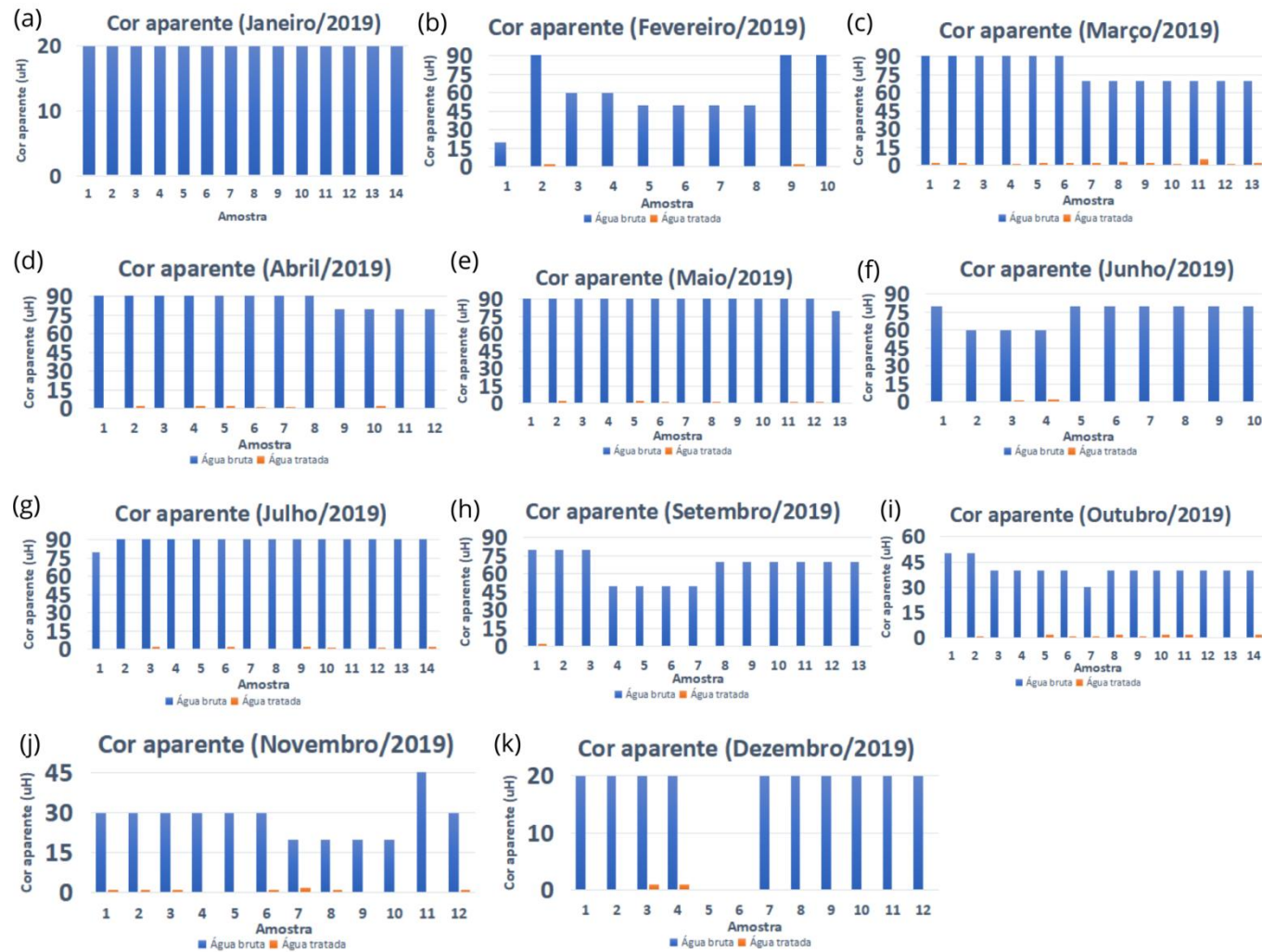
Fonte: Alagoinha (2022).

Figura 15 - Gráficos de turbidez para os meses de 2019.



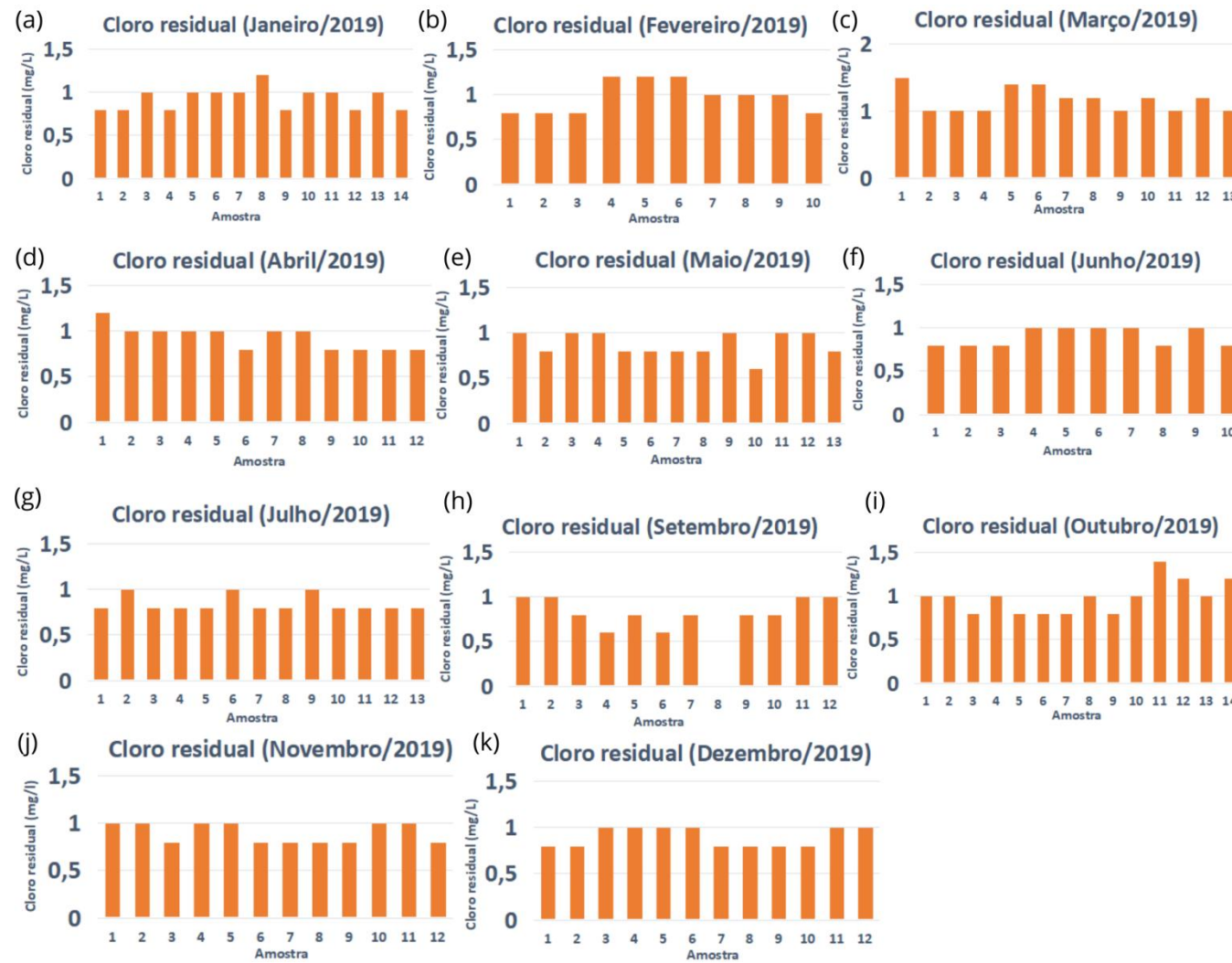
Fonte: Alagoinha (2022).

Figura 16 - Gráficos de cor aparente para os meses de 2019.



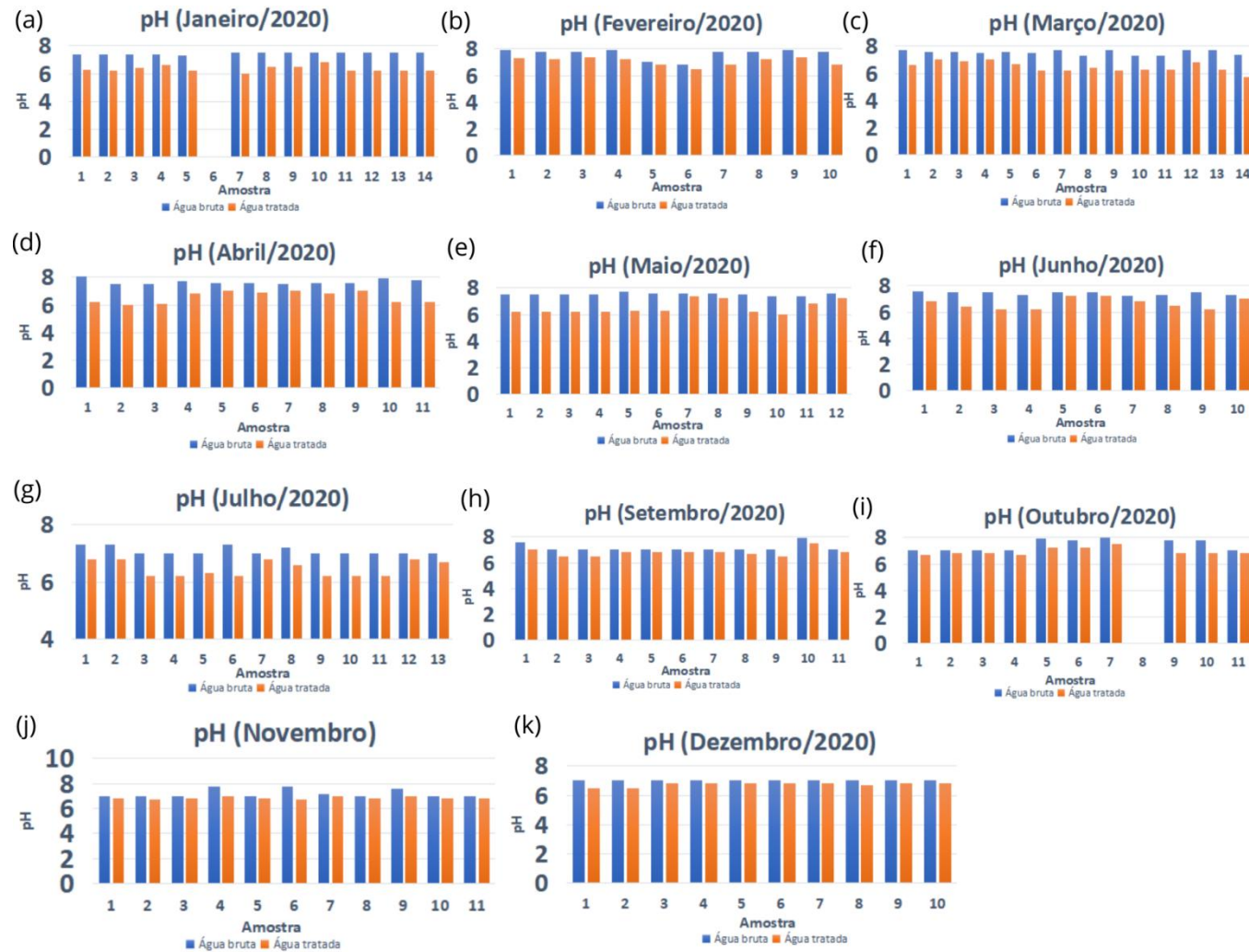
Fonte: Alagoinha (2022).

Figura 17 - Gráficos de cloro residual para os meses de 2019.



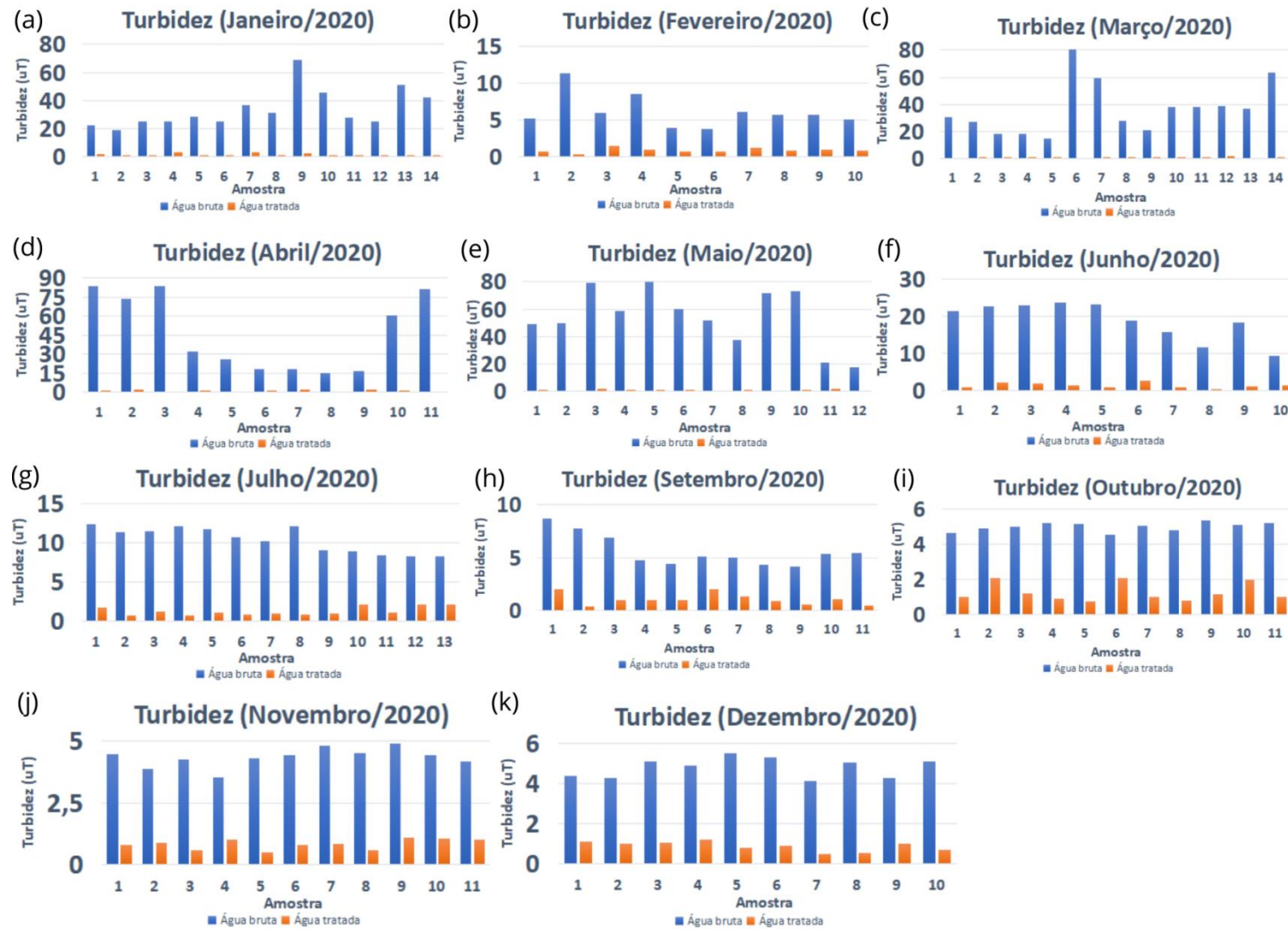
Fonte: Alagoinha (2022).

Figura 18 - Gráficos de pH para os meses de 2020.



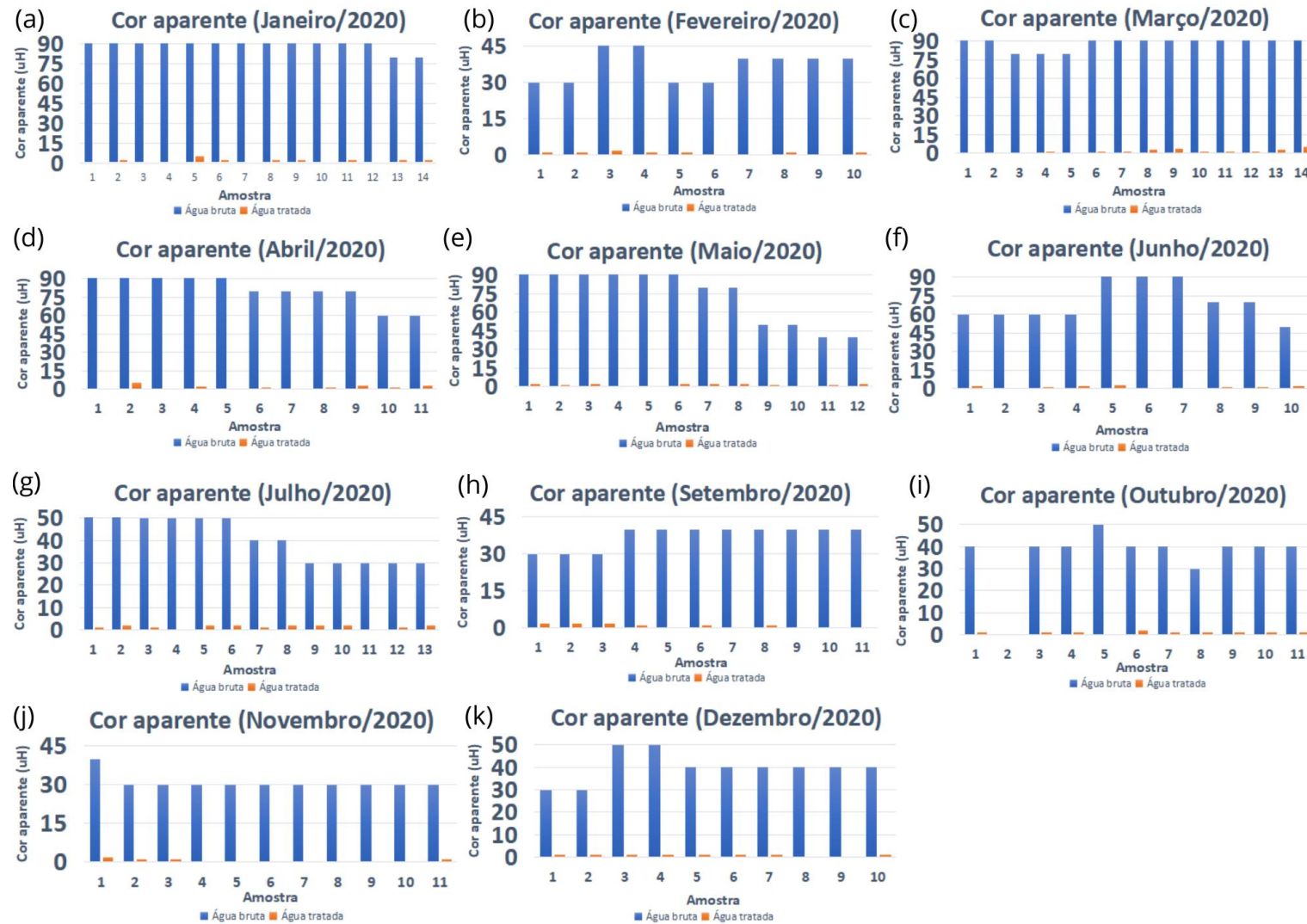
Fonte: Alagoinha (2022).

Figura 19 - Gráficos de turbidez para os meses de 2020.



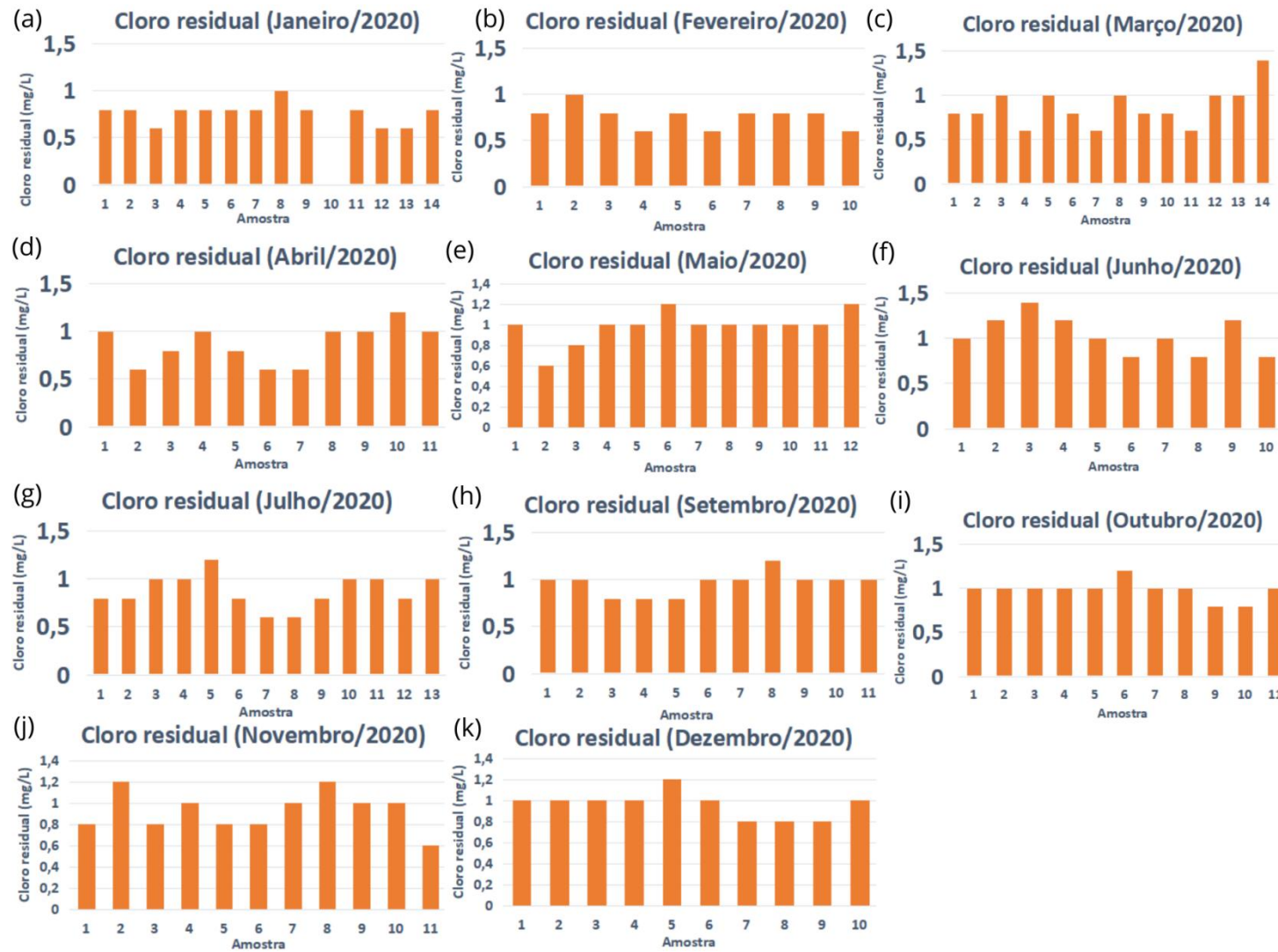
Fonte: Alagoinha (2022).

Figura 20 - Gráficos de cor aparente para os meses de 2020.



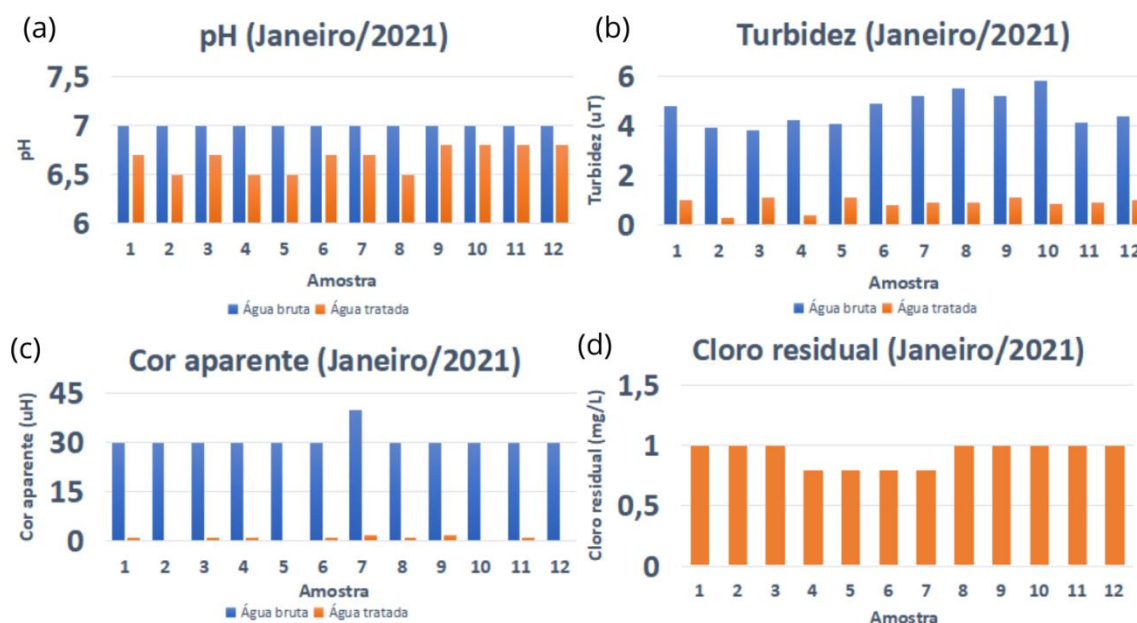
Fonte: Alagoinha (2022).

Figura 21 - Gráficos de cloro residual para os meses de 2020.



Fonte: Alagoinha (2020).

Figura 22 - Gráfico de parâmetros para janeiro de 2021.



Fonte: Alagoinha (2022).

5.2.3 Coletas em Alagoinha

Em Alagoinha, amostras de água bruta e tratada foram coletadas na estação de tratamento de água (ETA) local de responsabilidade do município. Na ETA, foi possível observar o tratamento convencional aplicado e detectar a inadequação na etapa da coagulação, em razão da não agitação permanente do tanque de mistura, que conduzia a uma desregulagem constante da concentração do coagulante no tratamento (Figura 23).

Figura 23 - Coagulação. (a) Dosagem e (b) Agitação.



Fonte: Autor (2022).

5.2.4 Dados primários: Caracterização da água de Alagoinha

Tabela 10 - Resultados dos parâmetros básicos para Alagoinha

Amostra	pH	Turbidez (uT ⁽ⁱⁱ⁾)	Cor aparente (uH ⁽ⁱ⁾)	Cor verdadeira (uH ⁽ⁱ⁾)	Coliformes totais (Ausência/ Presença)	<i>Escherichia coli</i> (Ausência/ Presença)	Fluoreto (F ⁻) (mg/L)	Cloro residual livre (mg/L)	Cloro residual combinado (mg/L)
Água bruta	7,07	45,08	20,75	621,14	Presença	Presença	<LQI*	N/A**	N/A**
Água tratada	4,69	<LQI*	<LQI*	24,30	Ausência	Ausência	<LQI*	0,19	0,44

*LQI (Limite de Quantificação Inferior): Turbidez = 1 uT; Cor aparente = 1 uH; Cloro residual livre = 0,1 mg/L; F⁻ = 0,10 mg/L.

N/A** (Não realizada)

Fonte: Autor (2022).

Tabela 11 - Resultados das análises de metais para Alagoinha.

Metais (mg/L)						
Amostra	Ferro	Manganês	Alumínio	Zinco	Cobre	Cromo
Água bruta	5,42	1,37	1,15	0,55	2,74	0,31
Água tratada	0,75	<LQI*	0,48	0,04	<LQI*	<LQI*

*LQI (Limite de Quantificação Inferior mg/L): Fe = 0,10; Mn = 0,01; Al = 0,10; Zn = 0,01;

Cu = 0,10; Cr = 0,10

Fonte: Autor (2022).

Tabela 12 - Resultados dos demais parâmetros analisados para Alagoinha.

Amostra	Nitrato (NO ₃ ⁻) (mg/L)	Nitrogênio (mg/L)	Fosfato (PO ₄ ⁻) (mg/L)	Cloreto (Cl ⁻) (mg/L)	Dureza total (mg/L)	Salinidade (%)	Condutividade (uS/cm)
Água bruta	5,76	1,27	2,21	17,36	16,01	0,08	86
Água tratada	2,21	0,49	2,50	17,36	16,01	0,10	109

*LQI (Limite de Quantificação Inferior): NO₃⁻ = 0,10 mg/L; N = 0,1 mg/L

Fonte: Autor (2022).

A partir dos resultados das tabelas acima (Tabela 10, Tabela 11 e Tabela 12), é possível afirmar que a coagulação aplicada no tratamento convencional, ao qual a água está sendo submetida, não está aceitável. A amostra de água tratada analisada ainda continuou com as concentrações de ferro e alumínio acima dos valores máximos permitidos, o pH encontra-se bem abaixo da faixa recomendada e não houve remoção de fosfato. Entretanto, a desinfecção está funcionando bem. Valores de salinidade continuaram abaixo de 0,5% após tratamento da água.

5.2.5 Diagnóstico da água distribuída em Alagoinha

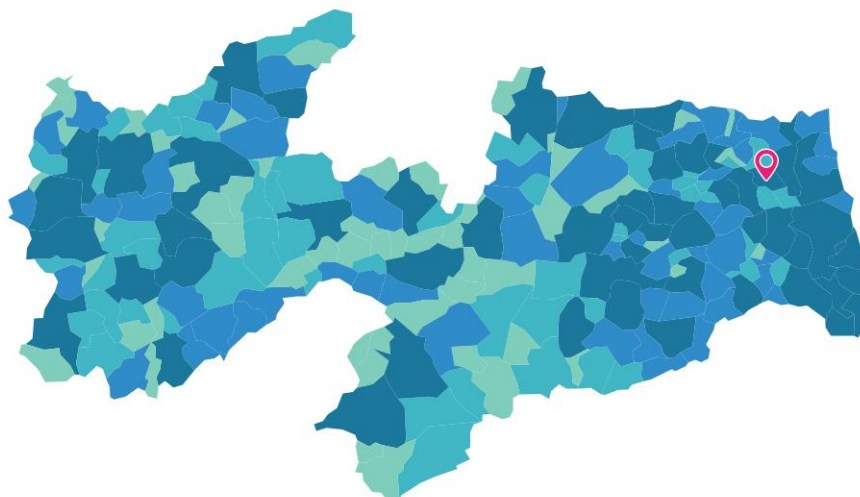
A água após tratamento apresentou ainda concentrações de ferro e manganês acima do VMP. A quantidade residual de alumínio na água tratada refere-se ao uso de forma errônea do coagulante sulfato de alumínio. O tanque do coagulante não se encontra em agitação constante, consequentemente a concentração do produto químico vai variar em todo espaço da

solução, levando a um aumento inadequado de alumínio na água durante a etapa de coagulação.

Os altos valores de turbidez e turbidez para a água bruta e os valores bem abaixo do VMP para a água tratada encontrados nas análises refletem os dados da vigilância obtidos com o município. Valores de pH entre 6 a 8 foram observados nos gráficos dos valores secundários, porém na caracterização da água, o valor do pH para a água tratada apresentou-se bem abaixo dessa média. Todos os gráficos referentes aos dados secundários para o cloro residual indicaram concentrações acima do valor mínimo requerido, enquanto o valor encontrado na caracterização ficou ligeiramente abaixo.

5.3 Município de Itapororoca

Figura 24 - Mapa da Paraíba com localização de Itapororoca.



Fonte: IBGE.

O município de Itapororoca teve sua população estimada para 2021 igual a 18.978 hab. e tem densidade demográfica igual a 116,36 hab/km², porém apenas 9,9% dos itapororoquense tem acesso a esgotamento sanitário adequado (IBGE, 2010). Está localizado na Região Geográfica Imediata de Mamanguape-Rio Tinto, na Mesorregião da Mata Paraibana, na Microrregião do litoral norte (Figura 24) e tem área territorial igual a 145,806 km² (IBGE, 2021).

A captação de água neste município é advinda de poços e distribuída à população sem tratamento e sem constância.

5.3.1 Plano de Amostragem para Itapororoca

Quadro 5 - Plano de Amostragem proposto para Itapororoca.

	Semestral	Mensal	Semanal	Diária
Água Bruta	Turbidez, Cor Verdadeira, pH, Fósforo Total, Nitrogênio Amoniacal Total, condutividade elétrica e dos parâmetros inorgânicos, orgânicos e agrotóxicos (Art. 42 § 2º - Anexo 9) (Art. 44 § 4º - Agrotóxicos)			
Saída do tratamento	Demais parâmetros (Anexo 15)	Escherichia coli (Art.31 § 5º) Cor aparente, pH, coliformes totais e Escherichia coli (18 amostras) (Anexo 15)	Turbidez (Pós- desinfecção para águas subterrâneas) (Art.28) Turbidez (18 amostras) (Anexo 15)	Residual de desinfetante (18 amostras) (Anexo 15)
No ponto de consumo	Avaliação radiológica (Art.37 § 7º)	Cor aparente, pH, coliformes totais e Escherichia coli, turbidez (18 amostras) (Anexo 15)		Residual de desinfetante (18 amostras) (Anexo 15)

Fonte: Autor (2022).

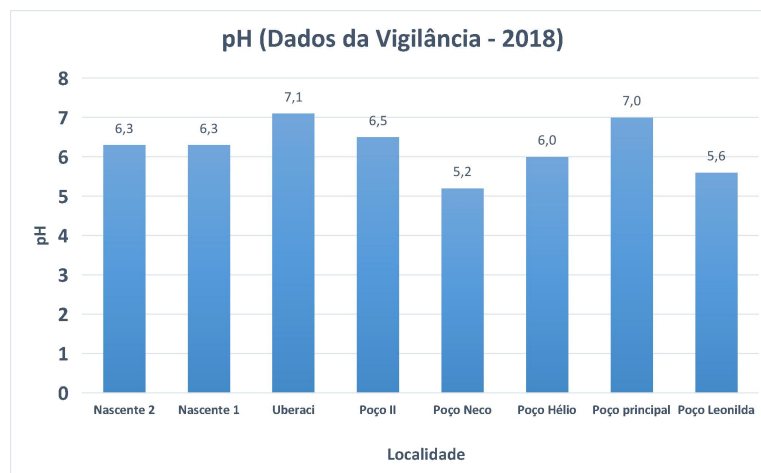
Assim como Riachão do Poço, o município de Itapororoca é abastecido por manancial subterrâneo e há presença de cisternas comunitárias, principalmente em zona mais afastadas na rua principal da cidade. Além disso foi relatada interrupções repetitivas na distribuição da água e essa, por sua vez, não passa por nenhum tipo de tratamento. Deve-se então atentar para o monitoramento da qualidade da água no Quadro 5.

Neste município, as coletas e análises nos pontos de consumo são imprescindíveis e realizadas mensalmente para os parâmetros básicos. A água bruta também é analisada, porém falta a prática da desinfecção e, com ela, o restante das análises na saída do tratamento. A quantidade de amostras coletadas para análises básicas deve ser igual a 18, em virtude da população de Itapororoca estimada para 2021 ser 18.978 hab.

5.3.2 Dados secundários: Análise da qualidade da água distribuída em Itapororoca e sua conformidade com o padrão de potabilidade.

Os dados secundários de Itapororoca foram obtidos por meio do responsável por inserir as informações do município no Sisagua. Documentos foram enviados, com resultados para os parâmetros de pH, turbidez, cor aparente, coliformes totais e *Escherichia coli* da vigilância ambiental referente aos anos de 2018 a 2022. Os gráficos com os dados de pH e turbidez apresentam os valores dos parâmetros citados no eixo y e os nomes referentes aos pontos de amostragem, ou seja as localidades (nascentes e poços) no eixo x.

Figura 25 - Gráfico anual de pH para Itapororoca.

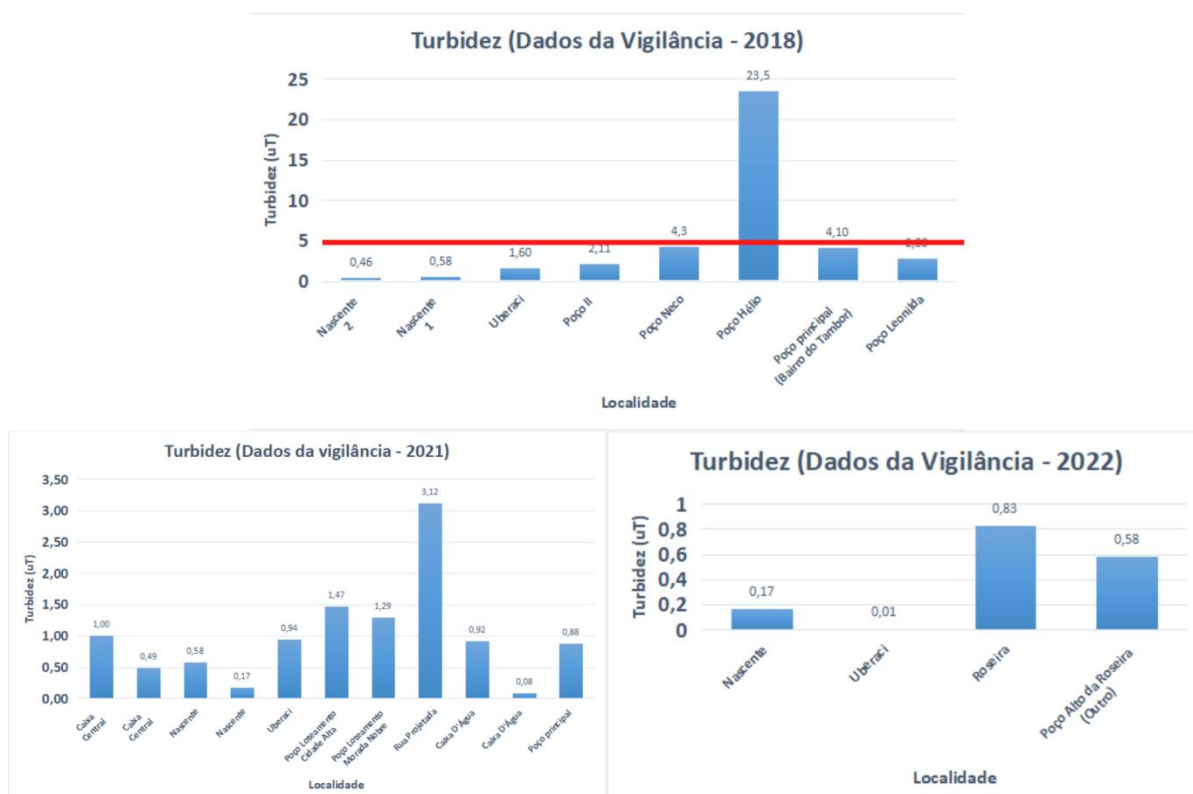


Fonte: Itapororoca (2022).

Tem-se apenas um gráfico anual (Figura 25), em razão de dados disponíveis pertencerem apenas ao ano de 2018. A maioria das amostras encontra-se dentro do padrão. Embora algumas amostras apresentem valores de pH menores que 6,5, não representam risco à saúde.

Os resultados das análises de turbidez (Figura 26), com exceção do Poço do Hélio em 2018, mostraram-se todos dentro do padrão organoléptico de potabilidade para reservatórios e pontos de consumo, ou seja, encontram-se abaixo de 5,0 uT.

Figura 26 - Gráficos anuais de turbidez para Itapororoca.



Fonte: Itapororoca (2022).

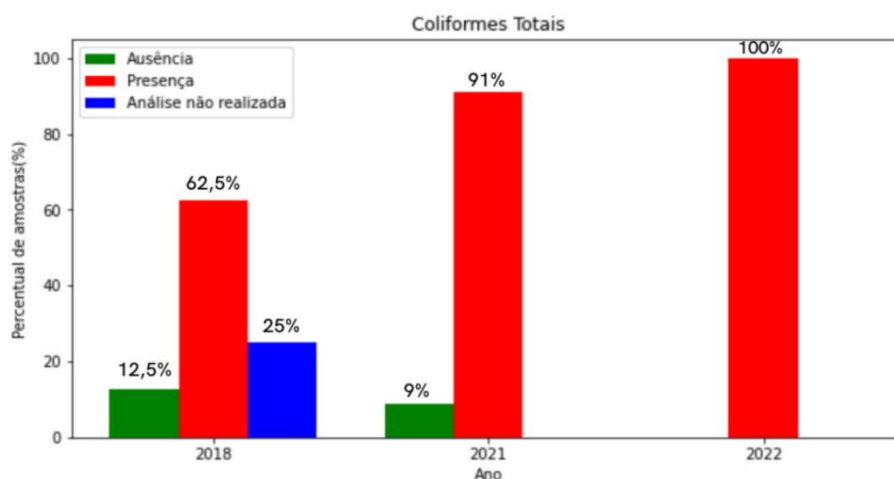
Para as análises bacteriológicas, não houve separação por ponto de coleta. O estudo foi realizado com base no total de amostras analisadas por ano, conforme indica a Tabela 13.

Tabela 13 - Quantidade de amostras para análises bacteriológicas por ano.

Ano	Quantidade de amostra analisada
2018	8
2021	11
2022	4

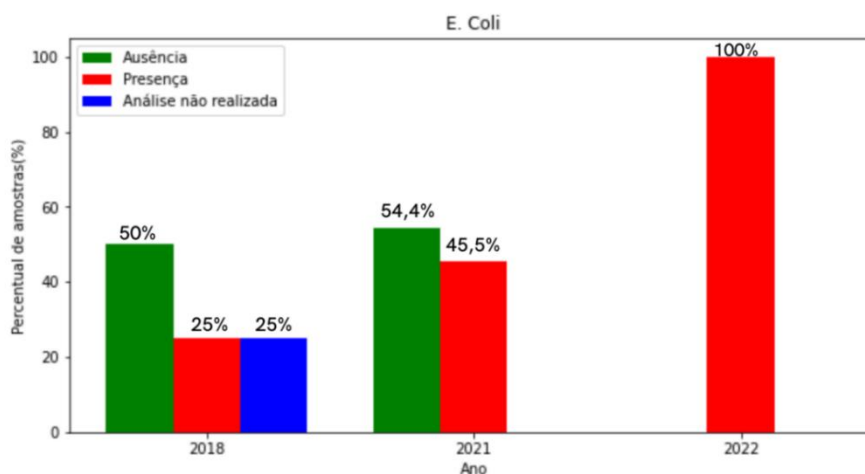
Fonte: Itapororoca (2022).

Figura 27 - Gráfico anual de Coliformes totais para Itapororoca.



Fonte: Itapororoca (2022).

Figura 28 - Gráfico anual de Escherichia coli para Itapororoca.



Fonte: Itapororoca (2022).

O percentual de amostras com presença de coliformes totais mostrou-se muito elevado, chegando a 100% das 4 amostras analisadas no ano de 2022 (Figura 27). Em relação às análises de E. coli, embora o percentual de amostras com ausência seja maior, ainda assim há significativas amostras com presença dessa bactéria. Em 2022, todas as 4 amostras encontram-se impróprias para consumo humano, em 2021 foram quase metade e em 2018 25%, este não pode ser considerado um percentual baixo, visto que 25% das amostras não foi analisada (Figura 28).

5.3.3 Coletas em Itapororoca

Quase a totalidade das amostras coletadas em Itapororoca foi proveniente de poços, apenas uma amostra foi coleta em uma cisterna, conforme tabela de identificação abaixo (Tabela 14).

Tabela 14 - Identificação dos pontos de coleta em Itapororoca.

Cód. GPS	Identificação do ponto
P110	Poço do Tambor
P124	Poço da Creche
P126	Poço Morada Nobre 1
P108	Poço Vista Alegre
P112	Poço Bela Vista
P118	Poço Leite Mirim
P114	Cisterna do Parque
P101	Poço Maré (Poço Roseira 1)
P104	Poço Roseira 2
P138	Poço Cidade Alta 1
P140	Poço Baiano (III)
P122	Poço Praça Aquarela

Fonte: Autor (2022).

Foi identificada presença de rocha vulcânica na área próxima ao Poço Sítio Leite Mirim (P118) e, em torno dele, grande plantação de cana de açúcar, com uso de herbicida 2,4D (Figura 29).

Figura 29 - Poço Sítio Leite Mirim (P118).



Fonte: Autor (2022).

No Poço (P138) localizado no Loteamento Cidade Alta 1, foi observada a existência de plantações de batata-doce, milho e abacaxi ao redor do poço (Figura 30).

Figura 30 - Poço do Loteamento Cidade Alta 1 (P138).



Fonte: Autor (2022).

5.3.4 Dados primários: Caracterização da água de Itapororoca

Tabela 15 - Resultados dos parâmetros básicos para Itapororoca.

Amostra	pH	Turbidez (uT ^(u))	Cor aparente (uH ^(o))	Cor verdadeira (uH ^(o))	Coliformes totais (Ausência/Presença)	<i>Escherichia coli</i> (Ausência/Presença)	Fluoreto (F ⁻) (mg/L)
P110	6,16	34,91	450,62	34,96	Presença	Presença	0,59
P124	6,17	<LQI*	13,65	6,54	Ausência	Ausência	0,32
P126	6,7	4,86	141,54	2,99	Presença	Ausência	0,67
P108	6,71	1,39	24,30	<LQI*	Ausência	Ausência	0,41
P112	6,05	<LQI*	<LQI*	<LQI*	Presença	Ausência	<LQI*
P118	6,17	<LQI*	2,99	<LQI*	Presença	Presença	<LQI*
P114	6,58	<LQI*	10,09	<LQI*	Presença	Presença	<LQI*
P101	5,6	<LQI*	17,20	<LQI*	Presença	Ausência	<LQI*
P104	5,77	1,16	17,20	<LQI*	Presença	Presença	<LQI*
P138	6,06	<LQI*	10,09	<LQI*	Ausência	Ausência	0,58
P140	6,48	<LQI*	20,75	6,54	Presença	Ausência	0,69
P122	5,94	<LQI*	2,99	<LQI*	Presença	Ausência	0,28

*LQI (Limite de Quantificação Inferior): Turbidez = 1 uT; Cor aparente = 1 uH; F⁻ = 0,10 mg/L.

uH^(o) = unidade Hazen (mgPt-Co/L)

uT^(u) = unidade de Turbidez

Fonte: Autor (2022).

Conforme Tabela 15, a maioria das amostras apresentaram pH dentro da faixa recomendada. Apenas a amostra P110 apresentou valor alto acima do permitido para turbidez, sendo igual a 34,91 uT. As amostras P110, P126, P108, P101, P104 e P140 apresentaram valores de cor aparente acima do VPM, com valores respectivamente iguais a 450,62 uH, 141,54 uH, 24,30 uH, 17,20 uH, 17,20 uH e 20,75 uH. Ao passar essas amostras por um filtro de papel, os resultados para cor verdadeira mostraram-se baixos, alguns até menor que o Limite de Quantificação Inferior para o método aplicado. Isso indica que boa parte do motivo de coloração alta das amostras é a presença de sólidos suspensos na água. Entretanto, para a amostra P110, a cor verdadeira mostrou-se ainda alta.

Ainda observando os resultados na Tabela 15, percebe-se que as amostras P110, P126, P112, P118, P114, P101, P104, P140, P122 obtiveram resultados adversos para a análise bacteriológica, apresentando coliformes totais. Já as amostras P110, P118, P114 e P104 encontram-se impróprias ao consumo humano, devido à presença de *Escherichia coli*.

Todas as amostras obtiveram resultados dentro do padrão para o parâmetro fluoreto.

Tabela 16 - Resultados das análises de metais para Itapororoca.

Amostra	Metais (mg/L)					
	Ferro	Manganês	Alumínio	Zinco	Cobre	Cromo
P110	6,31	0,33	<LQI*	0,1	3,71	<LQI*
P124	0,42	0,08	<LQI*	<LQI*	<LQI*	<LQI*
P126	0,58	0,34	<LQI*	<LQI*	0,45	<LQI*
P108	0,14	0,14	<LQI*	<LQI*	<LQI*	<LQI*
P112	0,11	<LQI*	<LQI*	<LQI*	<LQI*	<LQI*
P118	0,41	<LQI*	<LQI*	<LQI*	<LQI*	<LQI*
P114	0,1	0,05	<LQI*	<LQI*	<LQI*	0,11
P101	0,03	0,01	0,53	<LQI*	<LQI*	<LQI*
P104	0,04	0,04	<LQI*	<LQI*	<LQI*	<LQI*
P138	0,39	<LQI*	<LQI*	0,01	<LQI*	0,11
P140	0,64	0,04	<LQI*	<LQI*	0,9	0,10
P122	<LMD*	0,02	<LQI*	<LQI*	<LQI*	<LQI*

*LQI (Limite de Quantificação Inferior mg/L): Fe = 0,10; Mn = 0,0; Al = 0,10; Zn = 0,01; Cu = 0,10; Cr = 0,10

Fonte: Autor (2022).

A amostra P110 apresentou concentração de ferro muito acima do permitido, motivando assim o alto valor de cor aparente e verdadeira mencionado anteriormente. Além disso, apresentou concentração de manganês acima do VMP, bem como a amostra P126, que também pode provocar coloração da água. As concentrações das amostras P124, P126, P118, P138 e P140 também apresentaram concentrações acima do VMP para o ferro. Apenas a amostra P101 resultou em concentração de alumínio acima do VMP. Concentrações de cromo acima do permitido, em torno de 0,10, foram encontradas para as amostras P114, P138, P140 (Tabela 16).

Tabela 17 - Resultados dos demais parâmetros analisados para Itapororoca.

Amostra	Nitrato (NO ₃) (mg/L)	Nitrogênio (mg/L)	Fosfato (PO ₄) (mg/L)	Cloreto (Cl) (mg/L)	Dureza total (mg/L)	Dureza de cálcio (mg/L)	Dureza de manganésio (mg/L)	Salinidade (%)	Condutividade (uS/cm)
P110	5,94	1,31	0,93	321,09	256,23	84,08	172,15	1,46	1398
P124	<LQI*	<LQI*	10,08	312,41	192,17	64,06	128,12	1,64	1559
P126	0,39	0,08	8,68	737,64	732,66	216,19	516,46	3,29	3000
P108	14,13	3,11	8,66	112,82	72,06	20,02	52,05	0,76	754
P112	13,40	2,95	12,20	30,86	20,02	4,00	16,01	0,23	237
P118	292,23	64,29	3,14	36,64	108,10	8,01	100,09	0,32	333
P114	2,22	0,49	1,68	32,78	116,10	12,01	104,09	0,35	357
P101	50,49	11,11	3,25	34,71	20,02	8,01	12,01	0,37	380
P104	8,49	1,87	3,17	28,93	24,02	8,01	16,01	0,21	220
P138	14,27	3,14	1,89	104,14	76,07	40,04	36,03	0,75	746
P140	18,36	4,04	5,49	121,49	120,11	80,07	40,04	0,9	884
P122	3,17	0,70	7,65	94,50	80,07	24,02	56,05	0,51	515

*LQI (Limite de Quantificação Inferior): N = 0,1 mg/L

Fonte: Autor (2022).

As amostras P108, P112, P101, P138, P140 resultaram em concentrações elevadas acima do permitido, especialmente a amostra P118 com valor igual a 292,23 mg/L. As três primeiras amostras analisadas indicaram alta presença de cloreto, acima do VMP. As águas referentes às amostras P110, P124, P126, P108, P138, P140 e P122 apresentaram valores de salinidade acima de 0,5% (Tabela 17).

5.3.5 Diagnóstico da água distribuída em Itapororoca

Foi detectada presença de manganês e cromo acima do VMP em algumas amostras caracterizadas. Entretanto, os maiores problemas desse município estão relacionados à cor, coliformes, ferro, nitrato e salinidade.

Resultados acima do VMP para cor e ferro, indicam que o problema da coloração na água é causado pelo metal dissolvido. A causa de ferro na água é advinda do próprio solo, proveniente das rochas, onde os poços estão localizados.

O cenário em Itapororoca caracterizado por manancial subterrâneo e presença de coliformes, indica a contaminação da água por nitrato através de resíduos domésticos. Entretanto, a alta concentração desse íon também pode ser justificada, para este município, pelo uso de fertilizantes, muito provavelmente o nitrato de amônio, recomendado para uso superficial na palha da cana de açúcar. Esse fertilizante juntamente com o sulfato de amônio são fontes alternativas para a redução das perdas de nitrogênio por volatilização de amônia no sistema de cana de açúcar colhida sem queima. Além disso, o nitrato de amônio apresenta elevada solubilidade em água. Esse resultado bacteriológico condiz com os gráficos analisados para coliformes totais e *Escherichia coli* referentes aos dados secundários.

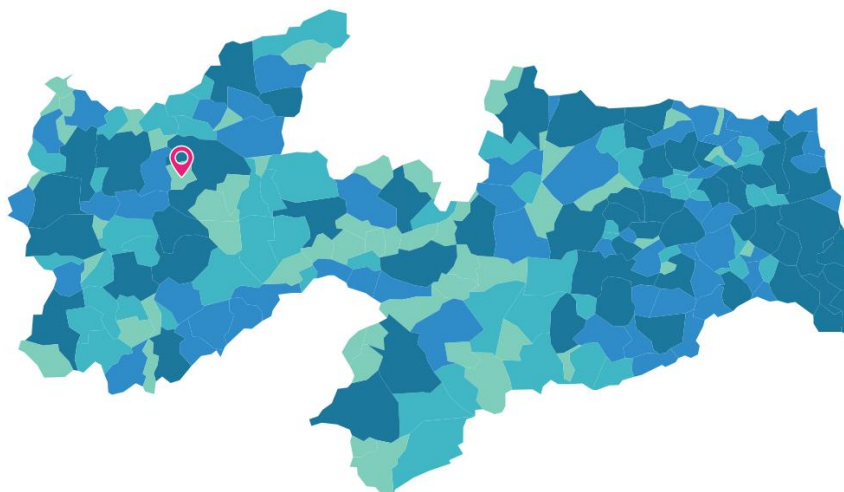
Mais da metade das amostras analisadas foram caracterizadas como salobras, em virtude dos valores encontrados para salinidade.

O pH analisado mostrou-se próximo a 6, como os valores presentes nos gráficos dos dados secundários. Em relação à turbidez, houve preponderância de valores abaixo do VMP, assim como nos dados secundários.

A situação da qualidade da água em Itapororoca é um problema sério, visto que não há nenhum tipo de tratamento de água.

5.4 Município de São Domingos

Figura 31 - Mapa da Paraíba com localização de São Domingos.



Fonte: IBGE.

O município de São Domingos está localizado no sertão paraibano Figura 31, na microrregião de Sousa e na Região Imediata de Pombal e ocupa uma área territorial de 170,361 km² (IBGE, 2021). Sua densidade demográfica é igual a 16,88 hab/km², com população estimada para 2021 igual a 3.119 pessoas, porém só 25,4% dos são domingenses tem acesso a esgotamento sanitário adequado (IBGE, 2010).

O abastecimento da zona urbana da cidade é feito através da captação em dois poços de uso contínuo, sendo eles o Poço fixo denominado Cacimbão da Prefeitura e o Poço do Sítio Formiga, com água de má qualidade, localizado próximo ao rio. Já o abastecimento da zona rural é feito através do Açude Pai Sandó e do Poço Cacimbão Águas Belas. Em períodos de estiagem, o abastecimento da zona urbana também é realizado através de carros-pipa, com água proveniente do Rio Grande do Norte, como uso emergencial.

5.4.1 Plano de Amostragem para São Domingos

O município é abastecido exclusivamente por poços, ou seja, por manancial subterrâneo e grande parte da cidade é caracterizada por SAC, conforme cadastro no Sisagua. Portanto, deve seguir o Plano de Amostragem proposto apresentado abaixo (Quadro 7).

Quadro 6 - Plano de Amostragem proposto para São Domingos.

	Semestral	Mensal	Semanal	Diária
Água Bruta	Turbidez, Cor Verdadeira, pH, Fósforo Total, Nitrogênio Amoniacal Total, condutividade elétrica e dos parâmetros inorgânicos, orgânicos e agrotóxicos (Art. 42 § 2º - Anexo 9) (Art. 44 § 4º - Agrotóxicos)			
Saída do tratamento	Demais parâmetros (Anexo 15)	Escherichia coli (Art.31 § 5º) Cor aparente, pH, coliformes totais e Escherichia coli (3 amostras) (Anexo 15)	Turbidez (Pós- desinfecção para águas subterrâneas) (Art.28) Turbidez (3 amostras) (Anexo 15)	Residual de desinfetante (3 amostras) (Anexo 15)
No ponto de consumo	Avaliação radiológica (Art.37 § 7º)	Cor aparente, pH, coliformes totais e Escherichia coli, turbidez (3 amostras (Anexo 15)		Residual de desinfetante (3 amostras) (Anexo 15)

Fonte: Autor (2022).

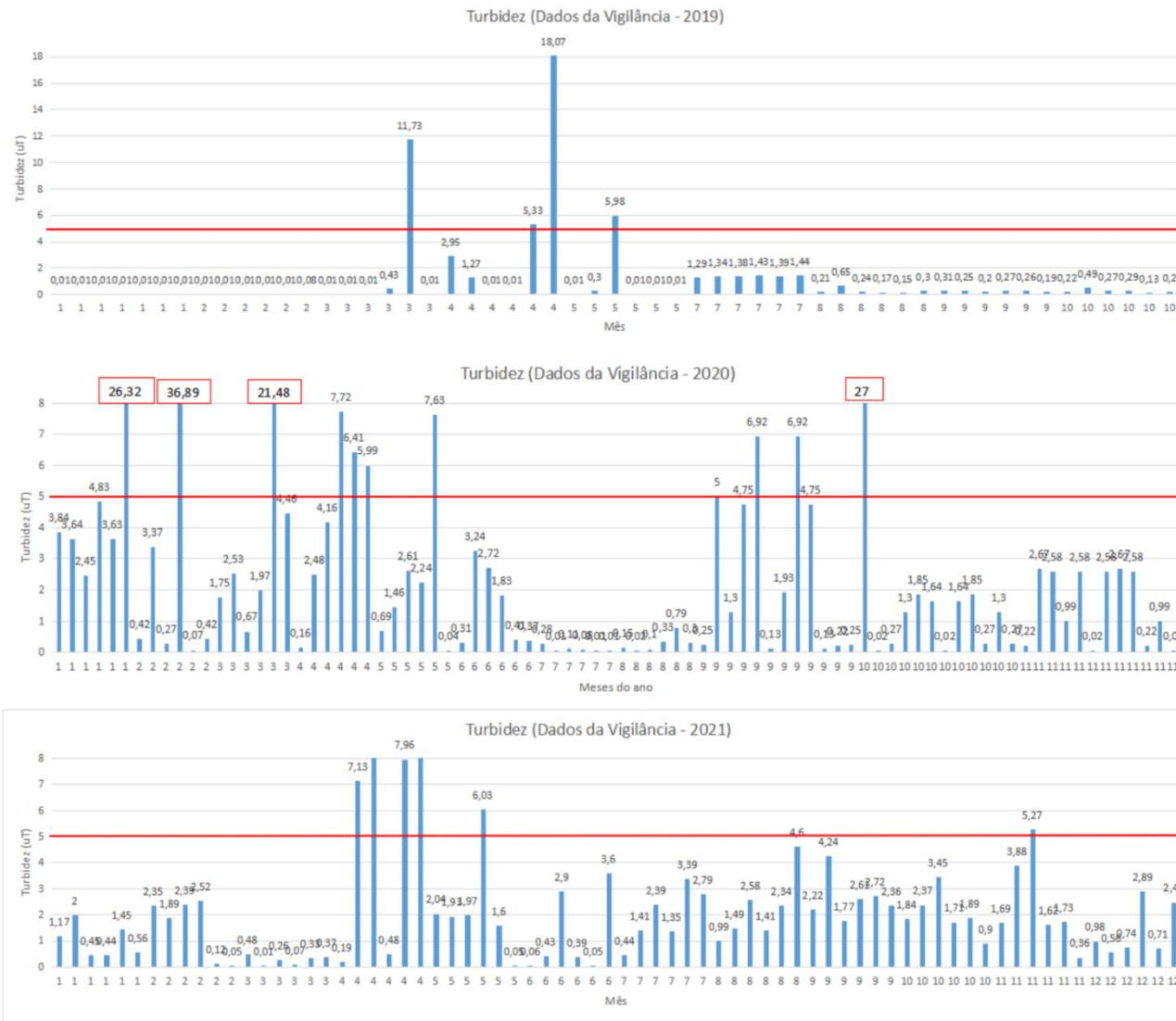
Assim como os municípios de Riachão do Poço e Itapororoca, as análises mensais dos parâmetros básicos da água no ponto de consumo, em São Domingos, são realizadas, conforme indicado no quadro acima. Mas, seguindo o padrão dos dois outros municípios, não é realizada a desinfecção e, por consequência, não há frequência de coletas e análises como deveria ser. Em Curral de Cima, de acordo com sua estimativa populacional para 2021, devem ser coletadas pelo menos 3 amostras para análises dos parâmetros básicos

5.4.2 Dados secundários: Análise da qualidade da água distribuída em São Domingos e sua conformidade com o padrão de potabilidade.

Os dados da vigilância de São Domingos foram obtidos com o diretor de vigilância de saúde, responsável pelo envio das amostras e por colocar os resultados no Sisagua. Os gráficos de turbidez e cor aparente a seguir apresentam os valores dos parâmetros em seu eixo

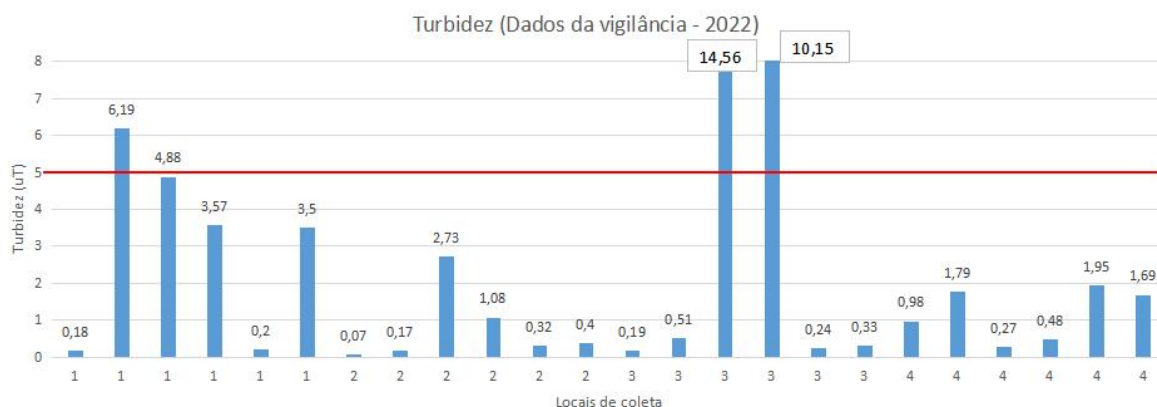
y e os meses do ano em numeral no eixo x. A linha vermelha indica o valor máximo permitido para turbidez (5 uT) para reservatórios, rede de distribuição e pontos de consumo. No ano de 2020, a turbidez chegou a ultrapassar 20 uT nos três primeiros meses do ano e no mês de outubro.

Figura 32 - Gráficos anuais de Turbidez para São Domingos



Fonte:São Domingos (2022).

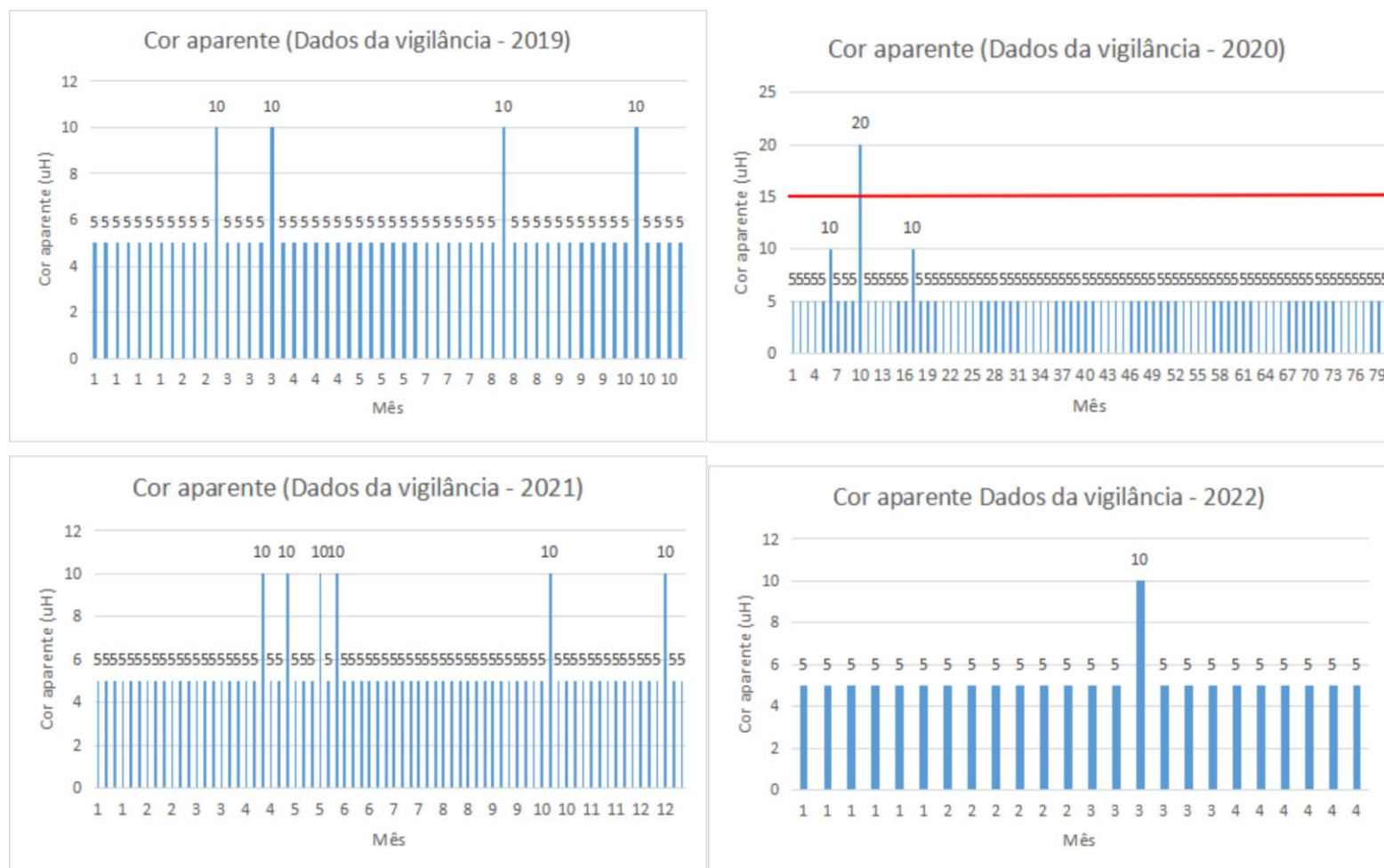
Figura 33 - Gráfico de Turbidez de 2022 para São Domingos.



Fonte: São Domingos (2022).

Apesar da maioria dos valores encontrarem-se dentro do padrão, todos os anos tratados apresentaram alguns resultados acima do valor máximo permitido para turbidez nos reservatórios e pontos de consumo (5 uT). A maior partes dos resultados altos são referentes ao primeiro semestre de cada ano, em especial ao mês de abril (4). Apenas no ano de 2020, valores de turbidez acima de 5 uT foram encontrados no segundo semestre do ano no mês de outubro, mas ainda assim a amostra com o valor mais discrepante, 36,69 uT, é referente ao mês de fevereiro (2) (Figura 32 e Figura 33).

Figura 34 - Gráficos anuais de cor aparente para São Domingos.



Fonte:São Domingos (2022).

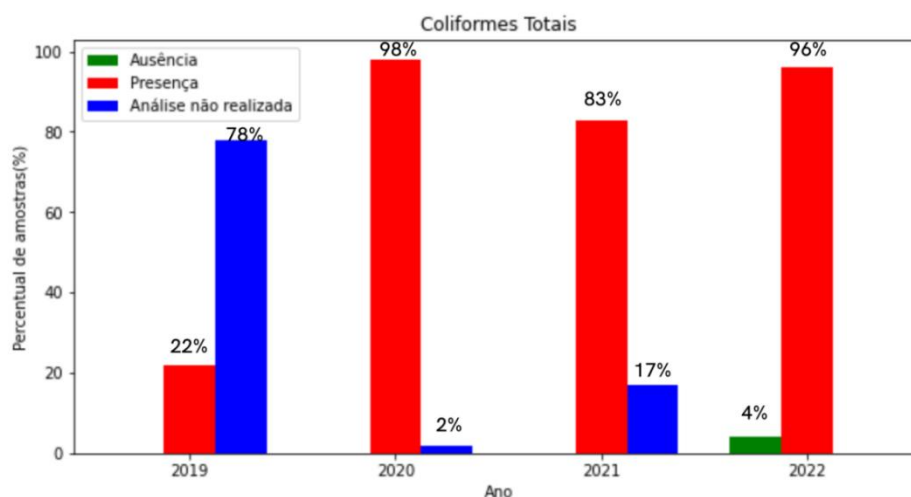
De todos os dados analisados, apenas uma amostra, com valor igual a 20 uH referente ao ano de 2020 (Figura 34), apresentou-se acima do valor máximo permitido pelo Ministério da Saúde que é 15 uH. Para as análises bacteriológicas, não houve separação por ponto de coleta. O estudo foi realizado com base no total de amostras analisadas por ano, conforme indica a Figura 38.

Tabela 18 - Quantidade de amostras para análises bacteriológicas por ano.

Ano	Quantidade de amostra analisada
2019	55
2020	84
2021	72
2022	24

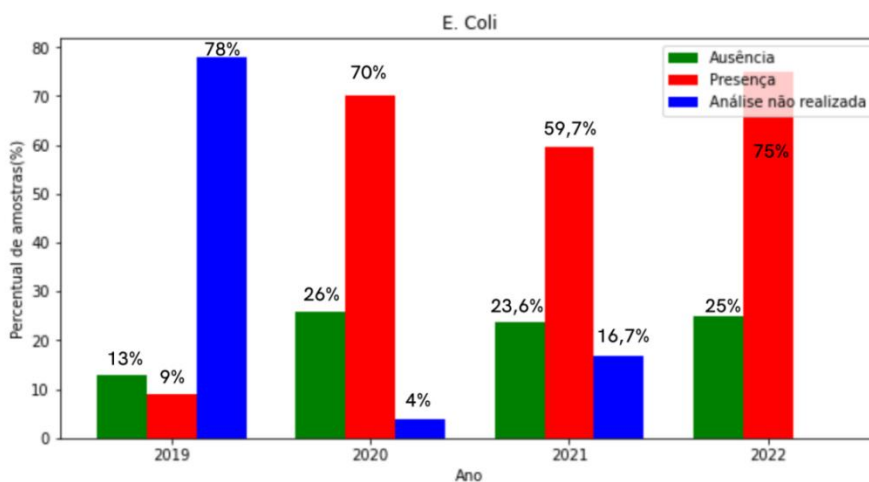
Fonte: Itapororca (2022).

Figura 35 - Gráfico anual de Coliformes totais para São Domingos.



Fonte: São Domingos (2022).

Figura 36 - Gráfico anual de Escherichia coli para São Domingos.



Fonte: São Domingos (2022).

O ano de 2019 teve o maior número de amostras sem análise bacteriológica, 78% de 55 amostras. Nos anos seguintes, o percentual de presença de coliformes totais e *E. Coli* apresentou valores extremamente altos (Figura 35 e Figura 36). Em relação às análises de coliformes totais, o percentual de presença chega a quase 100% para os anos de 2020 e 2022. Os altos valores percentuais relativos à presença de bactérias encontrados nessas análises são preocupante, visto que há uma grande quantidade de amostras analisadas e a presença de *Escherichia coli* indica contaminação fecal. Logo, a maior parte dessas amostras analisadas encontram-se inadequadas ao consumo humano.

5.4.3 Coletas em São Domingos

Em São Domingos, as coletas foram realizadas em poços, reservatórios e pontos de consumo (torneiras), conforme Tabela 19 e imagens a seguir.

Tabela 19 - Identificação dos pontos de coleta em São Domingos.

Cód. GPS	Identificação do ponto
P010	Poço da Rua do Seixo 1 – Frente ao Restaurante
P011	Caixa Perto da Casa de Reinaldo
P014	Caixa d'água perto da casa de Francisquinho
P013	Poço da Rua do Seixo 2
P015	Caixa d'água do terreno de Naldo Fernandes
P016	Poço do terreno de Naldo Fernandes
P017	Caixa d'água
P018	Caixa d'água – Pipa da Prefeitura (Cacimão águas belas)
P027	Cisterna d'água: UBS
P021	Caixa d'água do canal
P020	Poço do Conjunto 2
P031	Caixa-Base da Escola Estadual: Cisterna + caixa
P026	Caixa d'água Baixa
P025	Caixa d'água Alta
-	Torneira residencial
P024	Poço do Rio
P029	Caixa d'água da Escola Municipal
P030	Caixa d'água da Operação Pipa da Escola Municipal
P022	Poço da UFCG

Fonte: Autor (2022).

A Caixa Perto da Casa de Reinaldo (P011) é abastecida pelo Poço da Rua do Seixo 1 (P010). A água proveniente desse poço abastece 5 (cinco) casas, foi dita como salobra pelos operadores do sistema, porém não foi possível realizar a coleta diretamente no poço, porque encontrava-se soldado. A Caixa d'água perto da casa de Francisquinho (P014) é abastecida pelo Poço da Rua do Seixo 2 (P013) e fornece água a um total de 9 (nove) casas. Não foi possível realizar coleta desse poço, porque encontrava-se também soldado. Nas proximidades da caixa d'água do terreno de Naldo Fernandes (P015), havia pegadas e

fezes de animais. Essa caixa abastece 7 casas e recebe água do poço localizado no mesmo terreno (P016), que também não foi possível realizar a coleta por motivo similar ao dos poços anteriores. A água coletada foi obtida a partir de uma torneira próxima. Foi realizada coleta em uma torneira próxima a outra caixa d'água (P017) que também recebe água do poço do terreno de Naldo Fernandes. Segundo os operadores, essa água também é salobra. A Caixa d'água Cacimão Águas Belas (P018) recebe água do carro pipa da prefeitura. A Cisterna da UBS (P027) é abastecida pela caixas alta e baixa (P025 e P026 respectivamente) e destinada para demandas da UBS, porém água foi coletada em uma torneira próxima, visto que não havia um ponto exato para coleta. A caixa d'água do canal (P021) recebe água do Poço do Conjunto 2 (P020), o qual não foi possível realizar coleta. A Caixa-Base da escola estadual (P031) também recebe água das caixas alta e baixa e serve às demandas da escola estadual. A amostra de água da Caixa d'água baixa (P026) foi coletada em uma torneira próxima e a amostra da Caixa d'água alta (P025) em uma torneira de uma casa ao lado. Ambas caixas são alimentadas pelo Poço da UFCG (P022) e pelo Poço do Rio (P024), que estava com forte tonalidade de marrom. A Caixa (P029) era abastecida pelo carro-pipa do exército, mas agora recebe água de poços da cidade. A Caixa (P030) ainda recebe água da Operação pipa do exército. Ambas caixas estão localizadas na escola municipal e atendem às demandas desta. Alguns desses pontos de coletas estão representados na Figura 37

Figura 37 - Pontos de coleta em São Domingos. (a) (P024); (b) (P021); (c) P031.



Fonte: Autor (2022).

5.4.4 Dados primários: Caracterização da água de São Domingos

Tabela 20 - Resultados dos parâmetros básicos para São Domingos.

Amostra	pH	Turbidez (uT ⁽ⁱⁱ⁾)	Cor aparente (uH ⁽ⁱ⁾)	Cor verdadeira (uH ⁽ⁱⁱ⁾)	Coliformes totais (Ausência/Presença)	<i>Escherichia coli</i> (Ausência/Presença)	Fluoreto (F ⁻) (mg/L)
P002	7,5	0,23	<LQI*	<LQI*	Presença	Ausência	1,83
P005	8,1	1,39	<LQI*	<LQI*	Presença	Presença	1,65
P006	7,8	0,69	<LQI*	<LQI*	Presença	Presença	1,78
P009	7,7	0,46	<LQI*	<LQI*	Presença	Presença	0,50
P012	7,6	0,23	<LQI*	<LQI*	Presença	Presença	1,35
P015	7,6	52,71	859,17	13,65	Presença	Presença	0,32
P013	7,6	0,46	<LQI*	<LQI*	Presença	Presença	0,25
P008	8,2	0,00	<LQI*	<LQI*	Presença	Presença	N/A**
P018	7,5	11,10	155,75	<LQI*	Presença	Presença	N/A**
P022	7,5	4,62	56,28	<LQI*	Presença	Presença	N/A**
P017	7,9	7,40	98,91	<LQI*	Presença	Presença	N/A**
P016	6,8	8,55	116,67	<LQI*	Presença	Presença	N/A**
SD14P	7,71	0,46	<LQI*	<LQI*	Presença	Presença	N/A**
P020	7,25	1,39	6,54	<LQI*	Presença	Presença	N/A**
P021	6,91	0,92	2,99	<LQI*	Presença	Presença	N/A**

*LQI (Limite de Quantificação Inferior): Turbidez = 1 uT; Cor aparente = 1 uH; F⁻ = 0,10 mg/L.

**N/A (Não analisado)

uH⁽ⁱ⁾ = unidade Hazen (mgPt-Co/L)

uT⁽ⁱⁱ⁾ = unidade de Turbidez

Fonte: Autor (2022).

A partir dos resultados referenciados na Tabela 20, tem-se:

As amostras P015, P018, P022, P017 e P016 apresentaram valores altos e acima ou próximo, como foi o caso da amostra P022, do VMP para turbidez. As análises de cor aparente para essas mesmas mostras também resultaram em valores maiores que o VMP para esse parâmetro. Entretanto, ao determinar a cor verdadeira, filtrando a amostra previamente, aferiu-se um valor menor que o detectado pelo espectrofotômetro utilizado. Portanto, os altos valores de cor aparente e turbidez são oriundos de partículas em suspensão na água.

Todas amostras estão dentro da faixa recomendada de pH. Também todas as amostras apontaram a presença de coliformes totais. E, com exceção da amostra P002, todas possuem indicativo de contaminação fecal, em razão da presença de E. Coli..

Três amostras, P002, P005 e P006, apresentaram valores superiores VMP para fluoreto.

Tabela 21 - Resultados das análises de metais para São Domingos.

Amostra	Metais (mg/L)					
	Ferro	Manganês	Alumínio	Zinco	Cobre	Cromo
P002	<LQI*	<LQI*	<LQI*	0,02	0,58	<LQI*
P005	<LQI*	<LQI*	<LQI*	0,02	<LQI*	<LQI*
P006	<LQI*	0,03	<LQI*	0,01	<LQI*	<LQI*
P009	<LQI*	<LQI*	<LQI*	0,01	0,17	<LQI*
P012	<LQI*	<LQI*	<LQI*	0,08	0,11	<LQI*
P015	4,72	0,58	0,58	0,09	2,07	<LQI*
P013	<LQI*	0,11	<LQI*	<LQI*	<LQI*	<LQI*

*LQI (Limite de Quantificação Inferior mg/L): Fe = 0,10; Mn = 0,0; Al = 0,10; Zn = 0,01; Cu = 0,10; Cr = 0,10

Fonte: Autor (2022).

A única amostra que apresentou valor quantificável para cor verdadeira foi a amostra P015 do Poço do Rio, que durante a coleta foi detectada forte coloração em tons de marrom, indicativo da presença de metais como ferro e manganês dissolvidos na água. Esse indicativo é confirmado com os resultados dessa amostra em questão acima dos VMPs para esses dois metais apresentados na tabela acima. A concentração de alumínio nessa amostra P015 também mostrou-se superior ao VMP (Tabela 21).

Tabela 22 - Resultados dos demais parâmetros analisados para São Domingos.

Amostra	Nitrato (NO ₃ ⁻) (mg/L)	Nitrogênio (mg/L)	Fosfato (PO ₄ ⁻) (mg/L)	Cloreto (Cl ⁻) (mg/L)	Dureza total (mg/L)	Dureza de cálcio (mg/L)	Dureza de magnésio (mg/L)	Salinidade (%)	Condutividade (uS/cm)
P002	184,02	40,49	3,32	554,4	940,8	420,4	520,5	2,3	2200
P005	122,68	26,99	2,09	409,8	420,4	200,2	220,2	1,9	1778
P006	52,38	11,52	1,87	458,0	520,5	220,2	300,3	1,9	1813
P009	1,38	0,30	2,32	506,2	590,5	260,2	330,3	2,2	2090
P012	49,62	10,92	2,52	16,9	70,1	50,0	20,0	0,2	234
P015	1,70	0,37	0,55	21,7	80,1	40,0	40,0	0,3	272
P013	<LQI*	<LQI*	3,25	385,7	540,5	240,2	300,3	1,6	1512

*LQI (Limite de Quantificação Inferior): NO₃⁻ = 0,10 mg/L; N = 0,1 mg/L

Fonte: Autor (2022).

As amostras P002, P005, P006 e P012 apresentaram concentrações muito elevadas de nitrato, nitrogênio, cloreto, dureza total e salinidade (Tabela 22).

5.4.5 Diagnóstico da qualidade da água distribuída em São Domingos

Este foi o município que apresentou valores muito acima do permitido para turbidez, cor, coliformes totais e *Escherichia coli*, nitrato, cloreto, dureza e salinidade. Apenas 1 dentre 15 amostras de água analisada não apresentou contaminação fecal e, em todas, houve presença de coliformes totais.

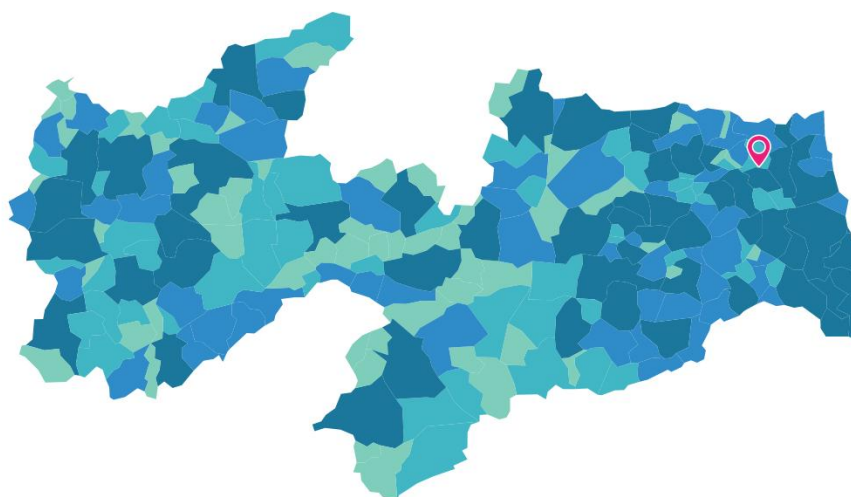
Os valores encontrados para cor e turbidez diferem dos resultados contidos nos gráficos, existindo certa discrepância. Nestes gráficos, os resultados divulgados pelo município apontaram maioria dos dados abaixo do VMP para turbidez e apenas em apenas um valor um pouco acima do VMP para cor.

Essa situação encontrada indica que há contaminação do solo por nitrato advindo de resíduos domésticos e de animais, visto que em um dos pontos coletados havia pegadas e fezes de animais próximos à captação.

A grande parte das águas analisadas demonstraram ter muitos sais dissolvidos, principalmente íons de cloro, cálcio e magnésio. Portanto, era de esperar que a salinidade dessas amostras apresentasse altos valores e, a partir disso, as águas em questão foram classificadas como salobras e duras, confirmando a reclamação recebida por parte dos operadores do sistema.

5.5 Município de Curral de Cima

Figura 38 - Mapa da Paraíba com localização de Curral de Cima.



Fonte: IBGE.

O município de Curral de Cima ocupa uma área territorial de 86,428 km² está localizado no litoral norte (Figura 38), na mata paraibana e na região imediata de Mamanguape-Rio Tinto (IBGE, 2021). Sua população estimada para 2021 foi igual a 5.209 pessoas, com densidade demográfica igual a 61,21 hab./km² e apenas 3,6 % dos curralense de cima com acesso esgotamento sanitário adequado (IBGE, 2010).

Neste município, a captação da água é realizada em dois mananciais superficiais, Represa Nascente, que abastece a sede municipal, e a Represa de Barro Branco, que abastece o Distrito de Estacada, que fica a aprox. meia hora de Curral de Cima. Embora

essas duas localidades sejam abastecidas por mananciais superficiais, também é possível encontrar poços em pleno funcionamento.

5.5.1 Plano de Amostragem para Curral de Cima

Como dito no parágrafo anterior, este município é abastecido por mananciais superficiais e subterrâneos.

Para as soluções alternativas coletivas com captação em mananciais superficiais no município de Curral de Cima, tem-se o devido monitoramento da qualidade da água indicado no Plano de Amostragem proposto a seguir (Quadro 7).

Quadro 7 - Plano de Amostragem proposto para Curral de Cima

	Semestral	Trimestral	Mensal	Semanal	Diaria	A cada 2h
Água Bruta	Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Oxigênio Dissolvido (OD), Turbidez, Cor Verdadeira, pH, Fósforo Total, Nitrogênio Amoniacal Total e dos parâmetros inorgânicos, orgânicos e agrotóxicos (Art 42 S1; Anexo 9) (Art 44 S4)	Cianobactérias (Art.43 - Anexo 12) (<= 10.000 células/ml)	clorofila-a (Art.43 § 1º) Escherichia coli (Art.29)			
Saída do tratamento	Demais parâmetros (Anexo 15) (Anexos 9 e 11) (Art. 44 S4 - Agrotóxicos)			Cor aparente, pH, coliformes totais e Escherichia coli (5 amostras), Turbidez (Anexo 15)	Turbidez (Para filtração lenta) (Art.28) Residual de desinfetante (5 amostras) (Anexo 15)	Turbidez (Para filtração rápida (tratamento completo ou filtração direta) e filtração por membrana) (Art.28)
Ponto de consumo	Avaliação radiológica (Art.37 § 7º)			Cor aparente, pH, coliformes totais e Escherichia coli, (5 amostras) (Anexo 15) turbidez (Anexo 15)	Residual de desinfetante (5 amostras) (Anexo 15)	

Fonte: Autor (2022).

Já nas zonas abastecidas por água de poços, as cisternas são comunitárias, sem ligações prediais conectando a fonte de captação ao reservatório particular da residência, sendo então caracterizada a distribuição de água como SAC, devendo realizar o monitoramento da qualidade da água conforme Plano de Amostragem proposto abaixo (Quadro 8). As análises realizadas atualmente são referentes aos parâmetros básicos no

ponto de consumo. Com base na população estimada para 2021, devem ser coletadas no mínimo 5 amostras.

Quadro 8 - Plano de Amostragem Proposto para Curral de Cima

	Semestral	Mensal	Semanal	Diaria
Água Bruta	Turbidez, Cor Verdadeira, pH, Fósforo Total, Nitrogênio Amoniacal Total, condutividade elétrica e dos parâmetros inorgânicos, orgânicos e agrotóxicos (Art. 42 § 2º - Anexo 9) (Art. 44 § 4º - Agrotóxicos)			
Saída do tratamento	Demais parâmetros (Anexo 15)	Escherichia coli (Art.31 § 5º) Cor aparente, pH, coliformes totais e Escherichia coli (5 amostras) (Anexo 15)	Turbidez (Pós- desinfecção para águas subterrâneas) (Art.28) Turbidez (5 amostras) (Anexo 15)	Residual de desinfetante (5 amostras) (Anexo 15)
No ponto de consumo	Avaliação radiológica (Art.37 § 7º)	Cor aparente, pH, coliformes totais e Escherichia coli, turbidez (5 amostras) (Anexo 15)		Residual de desinfetante (5 amostras) (Anexo 15)

Fonte: Autor (2022).

5.5.2 Dados secundários: Análise da qualidade da água distribuída em Curral de Cima e sua conformidade com o padrão de potabilidade.

Os dados básicos da vigilância do município de Curral de Cima foram obtidos em conversas com os representantes do município. Os gráficos referentes ao pH e à turbidez apresentam, em seu eixo y, os valores dos parâmetros e, no eixo x, as referentes localidades.

O valores referentes ao pH (Figura 39) estão dentro do padrão de potabilidade, apenas amostras pontuais apresentaram valores inferiores, mas sem prejuízo à saúde humana.

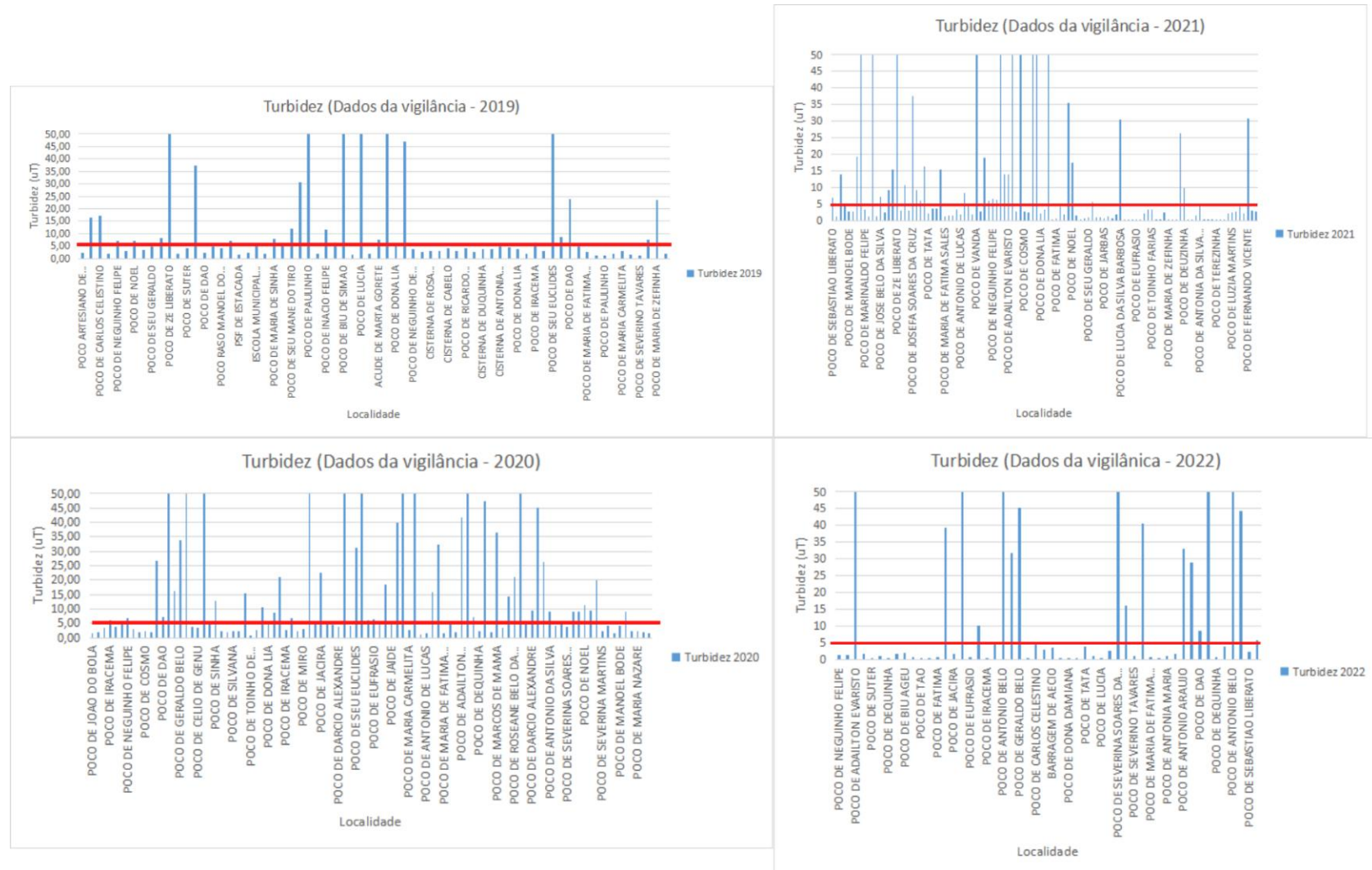
Grande parte das amostras dos anos 2019 a 2020 apresentou valores para turbidez muito superiores ao valor máximo permitido (Figura 40), ultrapassando inclusive 50 uH. O maior número de amostras fora do padrão é encontrado no ano de 2021.

Figura 39 - Gráficos anuais de pH para Curral de Cima.



Fonte: Curral de Cima (2022).

Figura 40 - Gráficos anuais de Turbidez para Curral de Cima.



Fonte: Curral de Cima (2022).

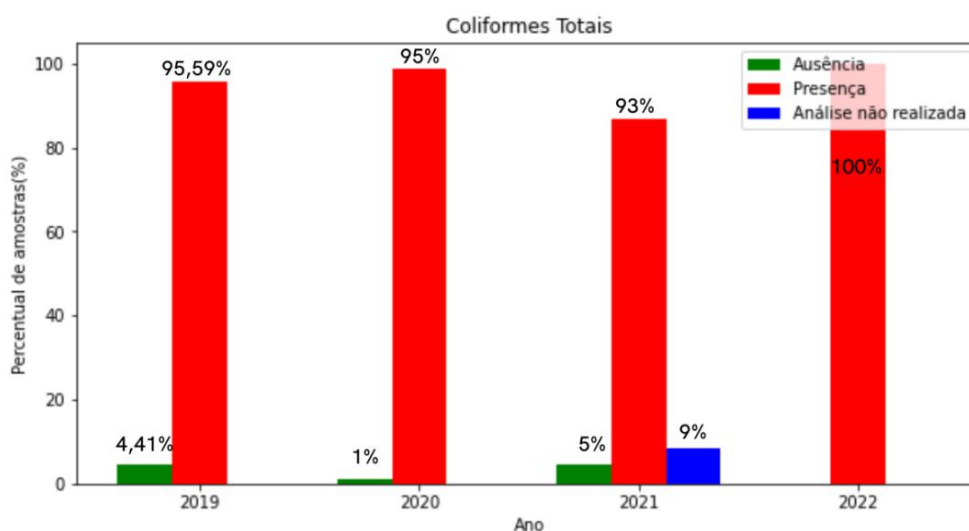
O estudo foi realizado com base no total de amostras analisadas por ano, conforme indica a Tabela 23.

Tabela 23 - Quantidade de amostras para análises bacteriológicas por ano.

Ano	Quantidade de amostra analisada
2019	68
2020	96
2021	98
2022	53

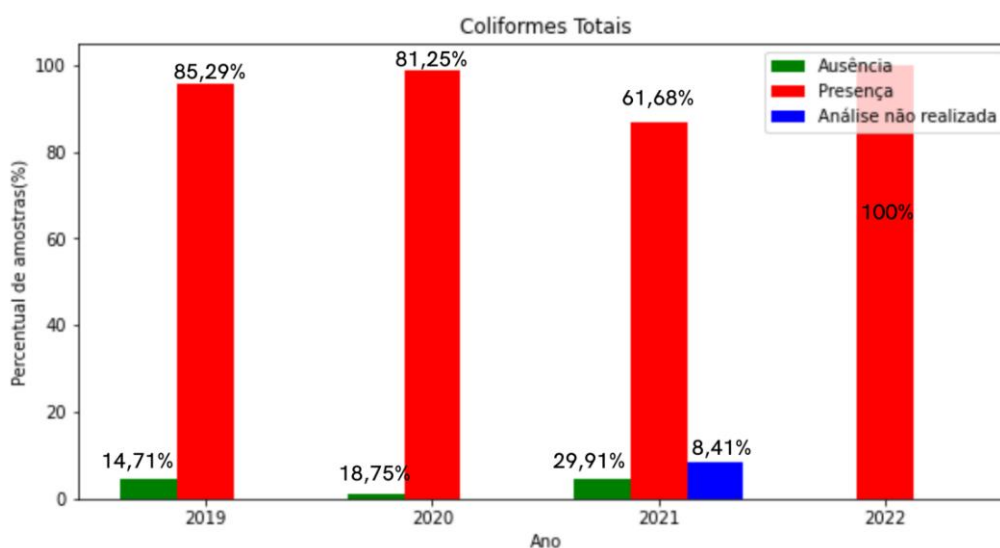
Fonte: Curral de Cima (2022).

Figura 41 - Gráficos anual de coliformes totais para Curral de Cima.



Fonte: Curral de Cima (2022).

Figura 42 - Gráfico anual de Escherichia coli para Curral de Cima.



Fonte: Curral de Cima (2022).

Os resultados bacteriológicos indicam inadequação de quase todas as amostras ao consumo humano. Além disso, a grande maioria apresenta contaminação por coliformes fecais, visto que o menor valor para presença de *E. Coli* foi igual a 61,68%, que já é um valor extremamente alto (Figura 42). Percentuais exorbitantes, acima de 90%, de presença de coliformes totais aparecem para todos os anos analisados. É imprescindível a rapidez com que uma desinfecção seja aplicada nesse município. O estudo foi realizado com base no total de amostras analisadas por ano, conforme indica a Tabela 23.

Tabela 23 - Quantidade de amostras para análises bacteriológicas por ano.

Ano	Quantidade de amostra analisada
2019	68
2020	96
2021	98
2022	53

Fonte: Curral de Cima (2022).

5.5.3 Coletas em Curral de Cima

Em Curral de Cima, amostras de água foram coletadas previamente no distrito de Estacada, sendo os pontos de coleta com código de GPS de P068 ao P080 nessa localidade e os demais pontos no município de Curral de Cima. Todos os pontos estão identificados na Tabela 24 abaixo. As águas coletadas foram todas advindas de poços e reservatórios.

Tabela 24 - Identificação dos pontos de coleta em Curral de Cima.

Cód. GPS	Identificação do ponto
P068	Barragem do Barro Branco
P071	Reservatório de Estacada
P074	Poço da Lagoa
-	Reservatório da Vereadora Isabel
P079	Poço de Seu Bibiu Flor
P080	Caixa d'água de Bida Benício
P043	Nascente Laranjeiras
P047	Açude da Fazenda São Domingos
P060	Reservatório do Sítio Olho D'água
P067	Reservatório próximo ao campo
-	Poço A
-	Poço da Capela

Fonte: Autor (2022).

Durante o percurso entre Curral de Cima e Estacada, avistaram-se plantações de cana de açúcar e abacaxi (Figura 43a e Figura 43b). Observou-se também criação de tilápia (Figura 43c) na Barragem Barro Branco (P068) (Figura 43d), da qual a população retira água para fins

secundários, como lavar roupas e tomar banhos. Porém, não foi possível realizar a coleta dessa água, em razão da não representatividade da amostra. Logo, foi coletada água no reservatório de estacada, que é abastecido por essa barragem (P071) (Figura 43e).

Figura 43 - Registros do distrito de Estacada. (a) Plantação de cana de açúcar; (b) Plantação de abacaxi; (c) P068); (d) Criação de tilápia na barragem; (e) e (f) (P071).



Fonte: Autor (2022).

Foi coletada também uma amostra do reservatório particular da vereadora Isabel (Figura 44), que disponibiliza essa água para os moradores de Estacada, cuja cerca de 90% da população utiliza dessa fonte para consumo direto.

Figura 44 - Reservatório particular da Vereadora Isabel.



Fonte: Autor (2022).

O Poço de Seu Bibiu Flor (P079) abastece aproximadamente 50 casas e tem volume igual a 10m³. A amostra da água desse poço foi coletada na Caixa d'água de Bida Benício (P080).

A amostra do Poço da Capela (Figura 45a) foi coletada no seu reservatório (Figura 45b e Figura 45c), de onde a população local retira água para beber (Figura 45d). Carro-pipa também retira água desse poço, através de um mangote, como mostrado na Figura 45e.

Figura 45 - Ponto de coleta. (a) Poço da Capela (C9); (b) e (c) Reservatório; (d) Morador coletando água; (e) Mangote.



Fonte: Autor (2022).

O Reservatório próximo ao campo é alimentado pelos reservatórios R1 e R2 e pelo Poço A e fornece água a grande parte da cidade de Curral de Cima.

5.5.4 Dados primários: Caracterização da água de Curral de Cima

Tabela 25 - Resultados dos parâmetros básicos para Curral de Cima.

Amostra	pH	Turbidez (uT ⁽ⁱⁱⁱ⁾)	Cor aparente (uH ⁽ⁱⁱ⁾)	Cor verdadeira (uH ⁽ⁱⁱ⁾)	Coliformes totais (Ausência/Presença)	<i>Escherichia coli</i> (Ausência/Presença)	Fluoreto (F ⁻) (mg/L)
P071	7,1	8,32	81,15	77,59	Presença	Presença	0,91
P074	6,6	0,00	<LQI*	<LQI*	Presença	Ausência	1,00
Reservatório da vereadora Isabel	7,2	0,46	<LQI*	<LQI*	Presença	Presença	0,66
P079	7,6	1,16	<LQI*	<LQI*	Presença	Presença	0,58
P043	6,7	3,24	27,86	24,30	Presença	Presença	0,76
P047	6,8	55,49	784,56	731,27	Presença	Presença	0,00
P060	6,8	39,54	564,30	535,88	Presença	Presença	0,00
P067	7,6	24,04	319,17	290,75	Presença	Presença	0,84
Poço da Capela	7,6	4,16	20,75	20,75	Presença	Ausência	0,70

*LQI (Limite de Quantificação Inferior): Turbidez = 1 uT; Cor aparente = 1 uH; F⁻ = 0,10 mg/L.

uH⁽ⁱⁱ⁾ = unidade Hazen (mgPt-Co/L.)

uT⁽ⁱⁱⁱ⁾ = unidade de Turbidez

Fonte: Autor (2022).

As amostras P071, P047, P060 e P067 apresentaram valores de turbidez acima do VMP. As análises de cor aparente para essas amostras e para as amostras P043 e do Poço da Capela resultaram em valores altos, também acima do permitido para potabilidade. Ao

passarem por filtração, continuaram apresentando altos valores. Portanto, os altos valores de cor encontrados aqui não são produtos de sólidos em suspensão (Tabela 25).

Todas as amostras analisadas encontram-se contaminadas com presença de coliformes totais, e, com exceção das amostras P074 e do Poço da Capela, em todas há presença de *Escherichia coli*, indicando assim uma contaminação fecal (Tabela 25).

Tabela 26 - Resultados das análises de metais para Curral de Cima.

Amostra	Metais (mg/L)					
	Ferro	Manganês	Alumínio	Zinco	Cobre	Cromo
P071	1,93	0,27	0,91	0,09	0,73	<LQI*
P074	<LQI*	1,56	0,31	<LQI*	1,23	<LQI*
Reservatório da vereadora Isabel	<LQI*	<LQI*	<LQI*	0,06	0,37	<LQI*
P079	<LQI*	<LMD*	0,81	0,03	0,21	<LQI*
P043	0,77	0,17	0,57	0,04	0,17	<LQI*
P047	2,01	0,23	0,59	<LQI*	0,34	<LQI*
P060	<LQI*	<LQI*	<LQI*	<LQI*	-	<LQI*
P067	2,14	0,23	0,27	0,09	0,9	0,24
Poço da Capela	0,30	0,05	<LQI*	0,03	<LQI*	0,11

*LQI (Limite de Quantificação Inferior mg/L): Fe = 0,10; Mn = 0,0; Al = 0,10; Zn = 0,01; Cu = 0,10; Cr = 0,10

Fonte: (2022).

As amostras P071, P079, P047 e P067 apresentaram concentrações de ferro, manganês e alumínio acima dos VMPs. Ambas amostras ao passar por filtração, continuaram com valores altos para cor. A amostra P074 também apresentou valores acima do padrão para manganês e alumínio, enquanto a amostra P079 indicou valor acima do permitido para alumínio. Já as amostras P067 e do Poço da Capela apresentaram concentrações de cromo acima do VMP (Tabela 26).

Tabela 27 - Resultados dos demais parâmetros analisados para Curral de Cima.

Amostra	Nitrato (NO ₃ ⁻) (mg/L)	Nitrogênio (mg/L)	Fosfato (PO ₄ ⁻) (mg/L)	Cloreto (Cl) (mg/L)	Dureza total (mg/L)	Dureza de cálcio (mg/L)	Dureza de magnésio (mg/L)	Salinidade (%)	Condutividade (uS/cm)
P071	<LQI*	<LQI*	<LQI*	122,9	90,1	20,0	70,1	0,5	546
P074	2,23	0,49	3,87	1084,8	1050,9	380,3	670,6	3,9	3510
Reservatório da vereadora Isabel	36,18	7,96	11,18	48,2	24,0	10,0	14,0	0,3	315
P079	18,20	4,00	2,99	219,4	180,2	68,1	112,1	1,0	962
P043	0,55	0,12	1,42	19,3	6,0	4,0	2,0	0,1	60,3
P047	10,06	2,21	2,32	19,3	14,0	6,0	8,0	0,0	39,3
P060	<LQI*	<LQI*	<LQI*	14,5	10,0	5,0	5,0	0,1	66,9
P067	11,37	2,50	2,61	149,5	50,0	20,0	30,0	0,8	763
Poço da Capela	11,17	2,46	2,50	28,9	32,0	8,0	24,0	0,3	341

*LQI (Limite de Quantificação Inferior): NO₃⁻ = 0,10 mg/L; N = 0,1 mg/L

Fonte: (2022).

As amostras P079, P067 e do reservatório da vereadora Isabel e do Poço da Capela apresentaram concentrações de nitrato acima do permitido. As altas concentrações de cloreto encontradas pertencem às amostras P071, P074 e do reservatório da vereadora. A única amostra com dureza acima do VMP foi a P074. E foram obtidos valores acima de 0,5% para as amostras P074, P079 e P067 (Tabela 27).

5.5.5 Diagnóstico da qualidade da água distribuída em Curral de Cima

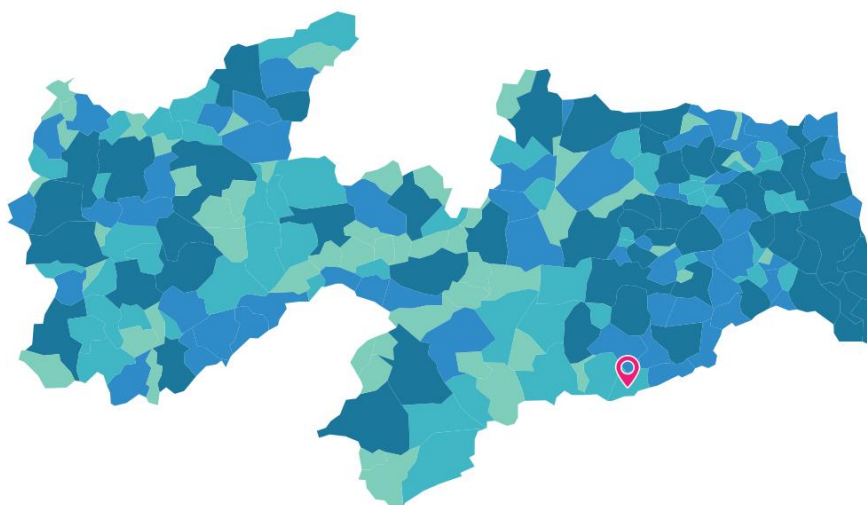
Os maiores problemas encontrados em Curral de Cima, a partir da caracterização da água no Lacqua, referem-se a altos valores de turbidez e cor aparente, bem acima do VMP, contaminação de todas as amostras por coliformes totais e quase a totalidade com coliformes fecais (presença de *Escherichia coli*). Comportamento similar foi encontrado nos dados secundários analisados nos gráficos. Altas concentrações de nitrato e metais como o ferro, manganês e alumínio também apareceram como resultados das caracterizações em muitas amostras.

A vasta presença de *Escherichia coli* e altas concentrações de nitrato são um forte indício que há contaminação da água, neste município, por esgotos domésticos. Entretanto, foram avistadas plantações de açúcar e abacaxi durante as coletas, logo a existência de nitrato pode também ser justificada pela presença de fertilizantes.

As concentrações altas de metais nas amostras evidencia a coloração na água.

5.6 Município de Santa Cecília

Figura 46 - Mapa da Paraíba com localização de Santa Cecília.



Fonte: IBGE.

O município de Santa Cecília está localizado no agreste paraibano (Figura 46), na microrregião de Umbuzeiro e na Região Imediata de Campina Grande, ocupando uma área

territorial igual a 217,577 km² (IBGE, 2021). Sua população equivale a 6.658 hab., com densidade demográfica igual a 29,22 hab/km² e com apenas 5,5% dos ceciliens sem acesso a esgotamento sanitário adequado (IBGE, 2010).

O abastecimento nesse município é proveniente de manancial superficial e subterrâneo e advém da água de outros dois municípios: Natuba/PB e Carpina/PE.

Em Natuba, a água é captada do Açude Natuba e recebe tratamento convencional (coagulação/floculação, decantação, filtração e desinfecção) na ETA da Cagepa, em seguida segue para a caida d'água da estação e depois para três caixas instaladas pela prefeitura. A distribuição para a população é realizada por meio de carros-pipa contratados pelo prefeitura e, embora a água já venha clorada, os agentes comunitários de saúde ainda disponibilizam hipoclorito de sódio para desinfecção da água na própria residência.

Já em Carpina, a distribuição também é feita através de carros-pipa, porém estes são de responsabilidade do exército, bem como o poço de onde a água é captada.

5.6.1 Plano de Amostragem para Santa Cecília

O sistema de abastecimento de Natuba distribuído por meio de carros-piapa, caracteriza-se como uma SAC com captação superficial, devendo seguir o monitoramento da qualidade da água indicado no Quadro 10. Como a população prevista para 2021 é igual a 6.658 hab., inferior à 10.000 hab., a análise de cianobactérias é trimestral para água bruta, e de acordo com essa quantidade, devem ser coletadas 6 amostras na saída do tratamento e nos pontos de consumo, para as análises básicas.

Quadro 9 - Plano de Amostragem proposto para Santa Cecília

	Semestral	Trimestral	Mensal	Semanal	Diaria	A cada 2h
Água Bruta	Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Oxigênio Dissolvido (OD), Turbidez, Cor Verdadeira, pH, Fósforo Total, Nitrogênio Amoniacal Total e dos parâmetros inorgânicos, orgânicos e agrotóxicos (Art 42 S1; Anexo 9) (Art 44 S4)	Cianobáctérias (Art.43 - Anexo 12) (<= 10.000 células/ml)	clorofila-a (Art.43 § 1º) Escherichia coli (Art.29)			
Saída do tratamento	Demais parâmetros (Anexo 15) (Anexos 9 e 11) (Art. 44 S4 - Agrotóxicos)			Cor aparente, pH, coliformes totais e Escherichia coli (6 amostras), Turbidez (Anexo 15)	Turbidez (Para filtração lenta) (Art.28) Residual de desinfetante 6 amostras) (Anexo 15)	Turbidez (Para filtração rápida (tratamento completo ou filtração direta) e filtração por membrana) (Art.28)
Ponto de consumo	Avaliação radiológica (Art.37 § 7º)			Cor aparente, pH, coliformes totais e Escherichia coli, (6 amostras) (Anexo 15) turbidez (Anexo 15)	Residual de desinfetante (6 amostras) (Anexo 15)	

Fonte: Auto (2022).

O abastecimento proveniente de Carpina também é caracterizado por SAC, com distribuição de água via carro-pipa, mas com captação subterrânea. Logo, o monitoramento da qualidade da água desse sistema deve ser realizado de acordo com o Plano de Amostragem proposto a seguir (Quadro 10), com coletas de 6 amostras no ponto de consumo para as análises dos parâmetros básicos realizadas atualmente. As análises na saída do tratamento e a análise de residual desinfetante nos pontos de consumo não estão sendo realizadas porque não há nenhum tipo de tratamento da água do Poço de Carpina.

Quadro 10 - Plano de Amostragem proposto para Santa Cecília

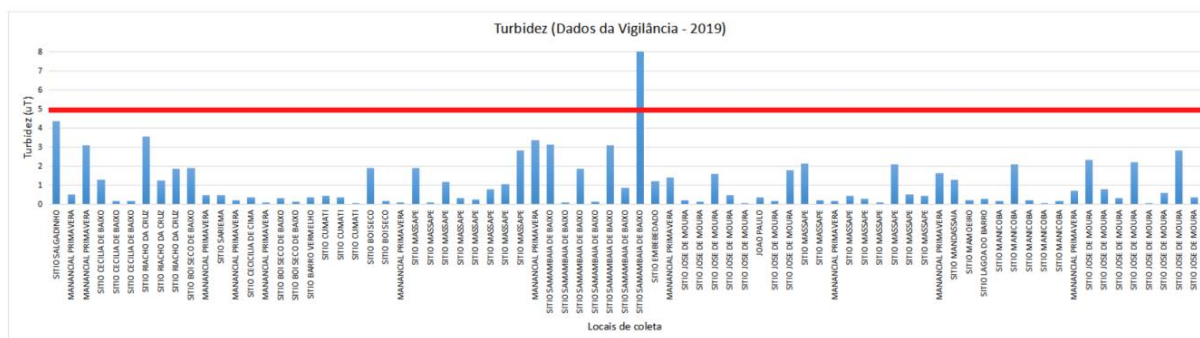
	Semestral	Mensal	Semanal	Diária
Água Bruta	Turbidez, Cor Verdadeira, pH, Fósforo Total, Nitrogênio Amoniacal Total, condutividade elétrica e dos parâmetros inorgânicos, orgânicos e agrotóxicos (Art. 42 § 2º - Anexo 9) (Art. 44 § 4º - Agrotóxicos)			
Saída do tratamento	Demais parâmetros (Anexo 15)	Escherichia coli (Art.31 § 5º) Cor aparente, pH, coliformes totais e Escherichia coli (6 amostras) (Anexo 15)	Turbidez (Pós- desinfecção para águas subterrâneas) (Art.28) Turbidez (6 amostras) (Anexo 15)	Residual de desinfetante (6 amostras) (Anexo 15)
No ponto de consumo	Avaliação radiológica (Art.37 § 7º)	Cor aparente, pH, coliformes totais e Escherichia coli, turbidez (6 amostras) (Anexo 15)		Residual de desinfetante (6 amostras) (Anexo 15)

Fonte: Autor (2022).

5.6.2 Dados secundários: Análise da qualidade da água distribuída em Santa Cecília e sua conformidade com o padrão de potabilidade.

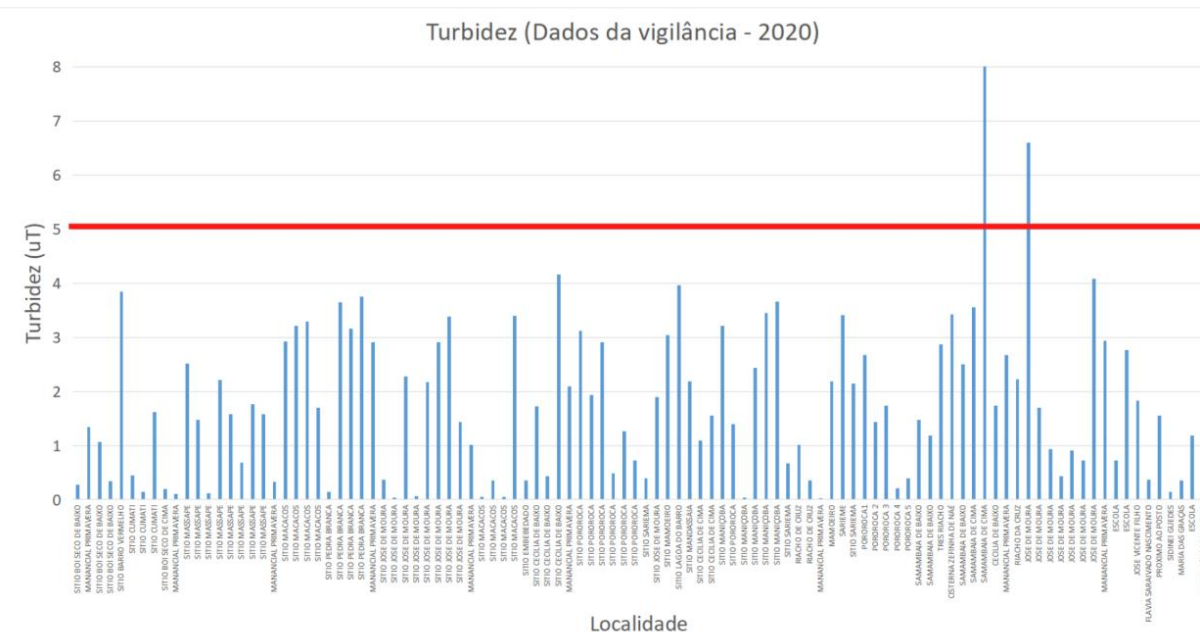
Os dados secundários de Santa Cecília são da vigilância da qualidade e foram enviados pelo município. Os gráficos abaixo mostram os valores dos parâmetros de pH e turbidez no eixo y e as respectivas localidades das amostras no eixo x. A linha vermelha indica o valor máximo permitido para a turbidez na rede de distribuição e nos pontos de consumo (5 uT).

Figura 47 - Gráfico da Turbidez em 2019 para Santa Cecília.



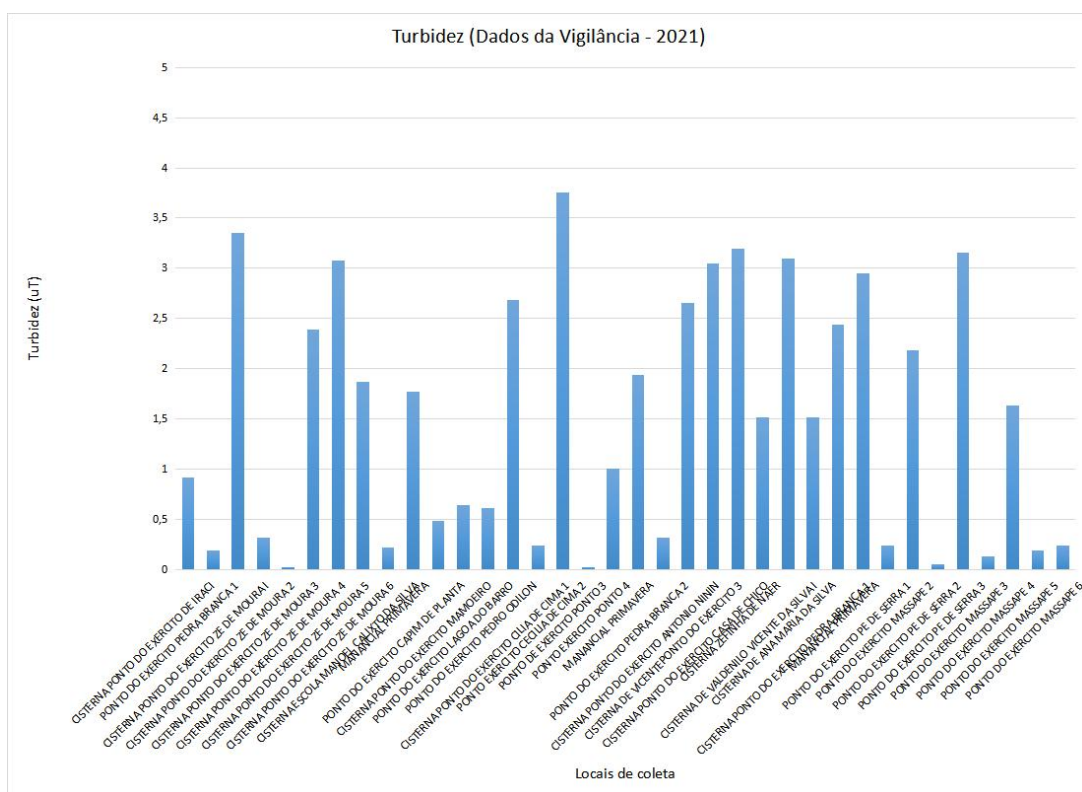
Fonte: Santa Cecília (2022).

Figura 48 - Gráfico da Turbidez em 2020 para Santa Cecília.



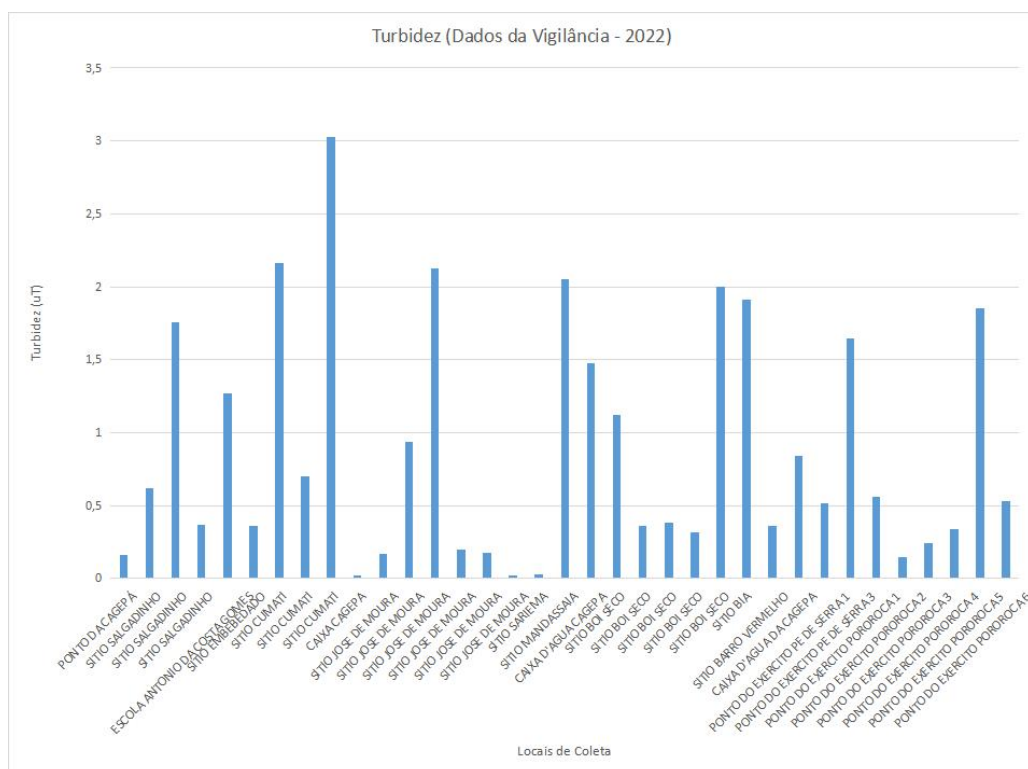
Fonte: Santa Cecília (2022).

Figura 49 - Gráfico da Turbidez em 2021 para Santa Cecília.



Fonte: Santa Cecília (2022).

Figura 50 - Gráfico da Turbidez em 2022 para Santa Cecília.



Fonte: Santa Cecília (2022).

Ao observar os gráficos acima (Figura 47, Figura 48, Figura 49 e Figura 50), apenas amostras pontuais apresentaram valor de turbidez superior a 5 uT. Praticamente todas as amostras estão dentro do padrão.

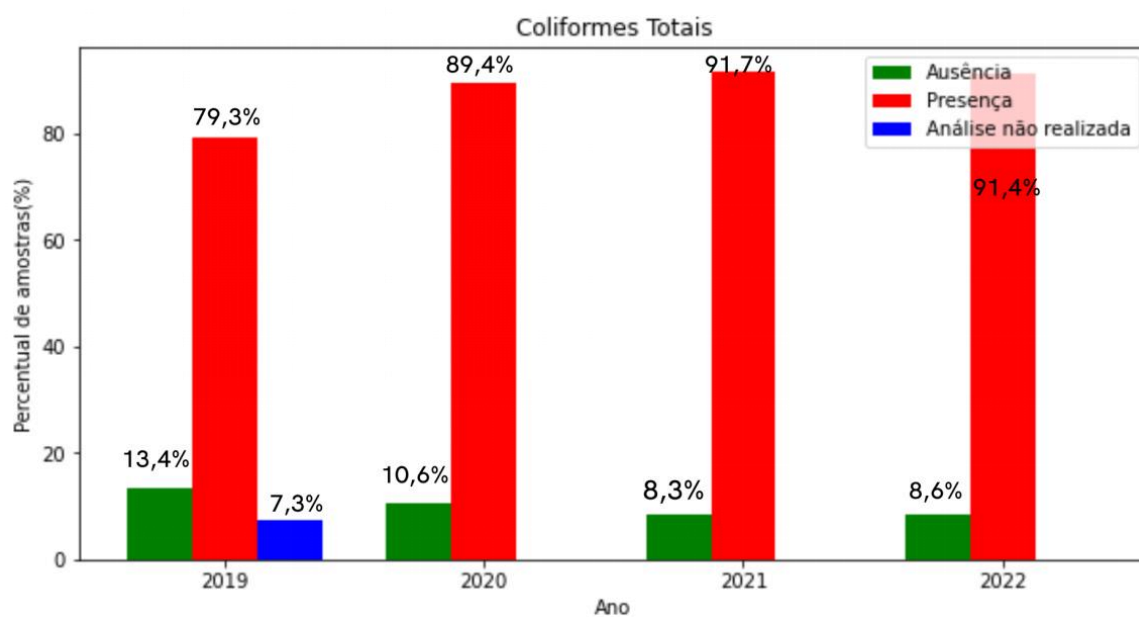
O estudo foi realizado com base no total de amostras analisadas por ano, conforme indica a Tabela 28.

Tabela 28 - Quantidade de amostras para análises bacteriológicas por ano.

Ano	Quantidade de amostra analisada
2019	82
2020	104
2021	36
2022	35

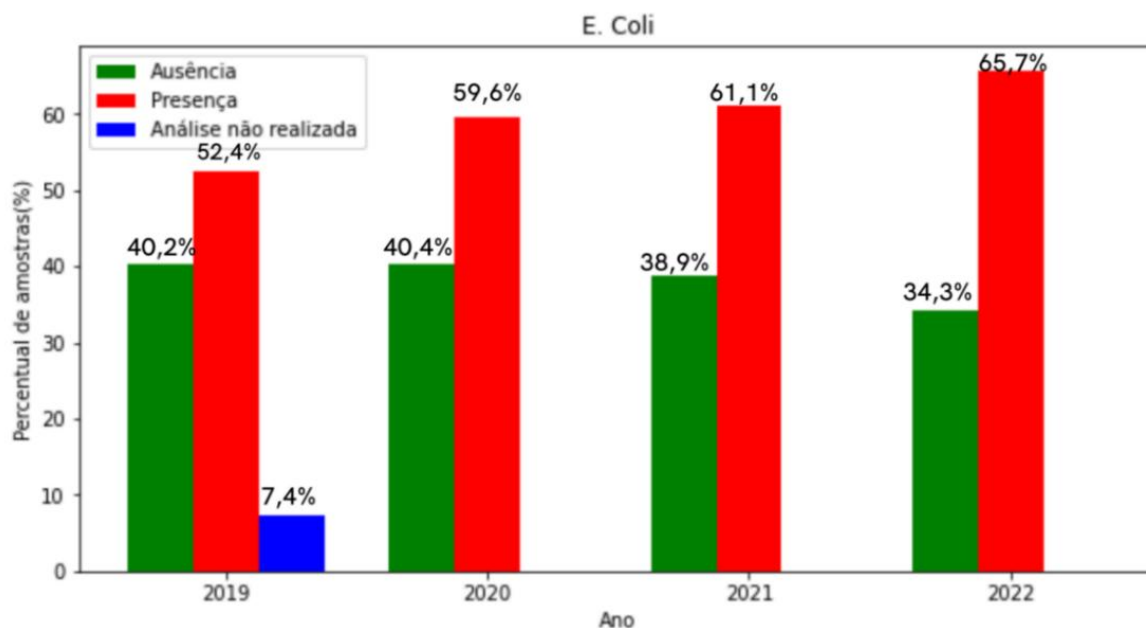
Fonte: Santa Cecília (2022).

Figura 51 - Gráfico anual de coliformes totais para Santa Cecília.



Fonte: Santa Cecília (2022).

Figura 52 - Gráfico anual de Escherichia coli para Santa Cecília.



Fonte: Santa Cecília (2022).

O resultado das análises bacteriológicas apresentou-se totalmente desfavorável à potabilidade dessas amostras. A presença de coliformes totais foi marjoritária para todos os anos (Figura 51). De 104 amostras para o ano de 2020, 93 amostras indicaram presença de coliformes. A quantidade de amostras com presença de E. Coli também mostrou-se superior para todos os anos analisados, com valores percentuais altos (Figura 52). Percebe-se então que muitas amostras coletas em todos os anos analisados estão inadequadas ao consumo humano, com indicativo de coliformes fecais.

5.6.3 Coletas em Santa Cecília

As amostras da água consumida em Santa Cecília foram coletadas na estação de tratamento de Natuba/PB e na Central do Exército em Carpina/PE. Além desses pontos, foram realizadas coletas nos reservatórios e pontos de consumo (torneiras) de Santa Cecília e em carros-pipa (Figura 53). O tanque do carro-pipa com água de Natuba não apresenta, de forma visível, a inscrição “ÁGUA POTÁVEL” e os dados de endereço e telefone para contato, apresentando-se em desacordo com o que diz o Art 16, inciso VII, da Portaria nº 888 de 4 de maio de 2021.

Figura 53 - Carros-pipa. (a) Água de Natuba e (b) Água de Carpina.



Fonte: Autor (2022).

Excetuando-se a a cisterna que abastece o povoado de Tãozinho que recebe água de Natuba/PB, todas as demais são abastecidas pela água vinda de Carpina/PE.

Na ETA de Natuba, foram coletadas amostras da água bruta e tratada. Durante a visita à ETA, foi informado pelo responsável que a cloração é realizada duas vezes, uma no início e outra no final do processo de tratamento, além disso, verificou-se a existência de coagulante sulfato diluído e em constante agitação (Figura 54).

Figura 54 - ETA de Natuba/PB. (a) ETA; (b) Água bruta; (c) Água tratada; (d) Sulfato diluído; (e) Coagulante em agitação constante.



Fonte: Autor (2022).

Na Central do Exército em Carpina/PE (Figura 55), coletou-se água de uma torneira com ligação direta ao Poço, representando assim uma amostra deste.

Figura 55 - Central do Exército.



Fonte: Autor (2022).

A identificação dos pontos de coletas estão localizadas na Tabela 29 abaixo.

Tabela 29 - Identificação dos pontos de coleta em Santa Cecília.

Cód. GPS	Identificação do ponto
-	Água bruta da ETA
-	Água tratada da ETA
P175	Reservatório (R-03) Central da CAGEPA
P176	Conjunto de 3 reservatórios: Caixa de Natinha
P177	Caixa do Jacaré
P179	Caixa da frente do posto de saúde - UBS I
P184	Cisterna de Tãozinho
P194	Cisterna da Creche
P195	Cisterna Escola Sede
P193	Cisterna Santa Cecília Escola
-	Poço de Carpina

Fonte: Auto (2022).

5.6.4 Dados primários: Caracterização da água de Santa Cecília

Tabela 30 - Resultados dos parâmetros básicos para Santa Cecília.

Amostra	pH	Turbidez (uT ^(u))	Cor aparente (uH ^(u))	Cor verdadeira (uH ^(v))	Coliformes totais (Ausência/Presença)	<i>Escherichia coli</i> (Ausência/Presença)	Cloro residual livre (mg/L)
Água bruta	7,06	2,31	20,75	13,65	Presença	Presença	0,2
Água tratada	5,96	<LQI*	<LQI*	<LQI*	Ausência	Ausência	3,0
P176	8,15	<LQI*	<LQI*	<LQI*	Presença	Presença	0,1
P177	8,19	1,16	<LQI*	<LQI*	Presença	Presença	0,3
Carro-pipa (Natuba)	8,21	1,16	<LQI*	<LQI*	Ausência	Ausência	0,65
P179	8,23	<LQI*	<LQI*	<LQI*	Ausência	Ausência	0,5
P184	8,58	<LQI*	<LQI*	<LQI*	Presença	Ausência	<LQI*
P194	7,54	<LQI*	2,99	<LQI*	Presença	Presença	<LQI*
P195	7,38	<LQI*	<LQI*	<LQI*	Presença	Presença	<LQI*
P193	7,86	<LQI*	<LQI*	<LQI*	Presença	Presença	0,1
Carro-pipa (Carpina)	7,18	<LQI*	<LQI*	<LQI*	Presença	Ausência	0,1
Poço Carpina	6,67	<LQI*	<LQI*	<LQI*	Presença	Presença	<LQI*

*LQI (Limite de Quantificação Inferior): Turbidez = 1 uT; Cor aparente = 1 uH; Cloro residual livre = 0,1 mg/L; F⁻ = 0,10 mg/L.

Fonte: Autor (2022).

Conforme resultados das caracterizações expressos na Tabela 30 acima:

Nenhuma amostra analisada apresentou valores de turbidez acima do permitido. Apenas a água bruta apresentou valor de cor aparente acima do VMP, mas após tratamento convencional, na ETA em Natuba, a coloração da água foi reduzido, chegando a ser menor que o Limite de Quantificação Inferior. Com exceção da água tratada, da água proveniente de Natuba coletada no carro-pipa e da amostra P179, todas indicaram presença de coliformes totais. Excetuando-se a água tratada, as águas coletadas nos dois carros-pipa, e a água das amostras P179 e P184, as demais estão impróprias para consumo humano, devido presença de *Escherichia coli* detectada. Também foi encontrada contaminação fecal na água bruta, porém

após tratamento na ETA, a água foi desinfetada. Isso é verificado na ausência de *Escherichia coli* na amostra de água tratada, conforme tabela acima.

Apenas as amostras da água bruta, tratada, P177, do carro-pipa com água de Natuba/PB e P179 apresentaram concentrações de cloro residual livre igual ou acima do valor mínimo para manutenção exigido. As demais amostras estão com concentrações de cloro residual livre menor do que o valor mínimo necessário para manutenção, conforme Art. 32 da Portaria nº 888. A água de Carpina coletada no carro-pipa registrou concentração também inferior ao valor mínimo de manutenção para carros-pipa (Art. 16, inciso VI), porém a pastilha de cloro estava sendo colocada ainda no ato da coleta. Portanto, essa concentração resultante não é representativa.

Tabela 31 - Resultados das análises de metais para Santa Cecília.

Amostra	Metais (mg/L)					
	Ferro	Manganês	Alumínio	Zinco	Cobre	Cromo
Água bruta	0,29	0,08	<LQI*	<LQI*	<LQI*	<LQI*
Água tratada	<LQI*	0,03	0,54	<LQI*	<LQI*	<LQI*
Poço de carpina	<LQI*	<LQI*	<LQI*	<LQI*	<LQI*	<LQI*

*LQI (Limite de Quantificação Inferior mg/L): Fe = 0,10; Mn = 0,01; Al = 0,10; Zn = 0,01; Cu = 0,10; Cr = 0,10

Fonte: Autor (2022).

Dentre as três amostras analisadas para os metais, apenas a água bruta apresentou concentração de manganês acima do VMP e a água tratada concentração de alumínio acima do permitido. A concentração elevada de alumínio na água tratada é proveniente do coagulante sulfato de alumínio utilizado durante o tratamento da água (Tabela 31).

Tabela 32 - Resultados dos demais parâmetros analisados para Santa Cecília.

Amostra	Nitrato (NO ₃ ⁻) (mg/L)	Nitrogênio (mg/L)	Fosfato (PO ₄ ⁻) (mg/L)	Cloreto (Cl ⁻) (mg/L)	Dureza total (mg/L)	Salinidade (%)	Condutividade (uS/cm)
Água bruta	0,17	0,04	1,57	5,67	28,03	0,14	146,4
Água tratada	<LQI*	<LQI*	0,93	8,15	32,03	0,19	200
Poço de carpina	8,82	1,94	2,93	5,67	172,15	0,28	282

*LQI (Limite de Quantificação Inferior): NO₃⁻ = 0,10 mg/L; N = 0,1 mg/L

Fonte: Autor (2022).

Os valores encontrados de todos os demais parâmetros estão abaixo dos VMPs para todas as amostras analisadas acima. Ambas águas analisadas apresentaram salinidade abaixo de 0,5% (Tabela 32).

5.6.5 Diagnóstico da qualidade da água distribuída em Santa Cecília

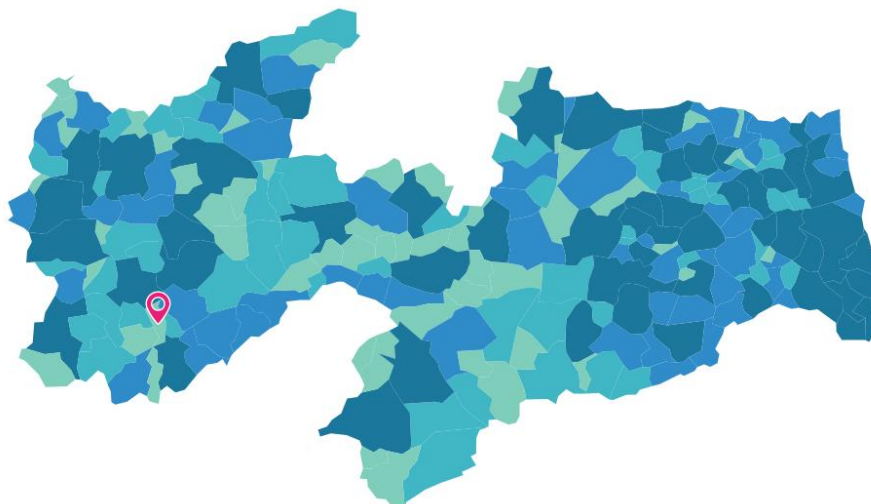
O grande problema encontrado na água de Santa Cecília foi a presença de coliformes totais e *Escherichia coli*. Essas inconformidades também estão evidenciadas nos gráficos

confeccionados na 2ª etapa deste projeto. Em ambos dados primários e secundários, os valores de turbidez e cor encontram-se, na sua quase totalidade, abaixo do VMP.

A água tratada, que passa por um tratamento convencional na ETA de Natuba, já apresenta melhores resultados, indicando a importância de um tratamento.

5.7 Município de Pedra Branca

Figura 56 - Mapa da Paraíba com localização de Pedra Branca



Fonte: IBGE.

O município de Pedra Branca ocupa uma área territorial igual a 116,873 km² e está localizado no sertão paraibano (Figura 56), na Microrregião e Região Imediata de Itaporanga (IBGE, 2021). Tem densidade demográfica equivalente a 32,95 hab/km², população estimada para 2021 igual a 3.802 hab. e pelo menos 66,2% dos pedra-branquense tem acesso adequado ao esgotamento sanitário (IBGE, 2010).

Embora a captação de água neste município seja majoritariamente por manancial superficial, a população também utiliza água de poços. A água bruta é captada do Açude minadouro e encaminhada para o tratamento convencional na ETA da Cagepa, porém como a água captada apresenta muita matéria orgânica, a água tratada ainda apresenta características desagradáveis.

A ETA da Cagepa foi projetada para receber água do açude Saco, porém ocorreu um problema na adutora sendo necessária sua desativação, impossibilitando a captação de água desse manancial. Por esse motivo, a prefeitura Municipal de Pedra Branca concedeu à Cagepa o direito de continuar a captação de água do Açude Minadouro.

5.7.1 Plano de Amostragem para Pedra Branca

Embora algumas comunidades em Pedra Branca sejam abastecidas por poços, o SAA predomina na zona urbana da cidade, contando com uma estação de tratamento da CAGEPA. Logo, para esse sistema, os monitoramento da qualidade da água estão definidos no Plano de Amostragem proposto a seguir (Quadro 12), realizando ao menos 3 coletas no sistema de distribuição, de acordo com a população prevista para 2021, para as análises dos parâmetros básicos.

Quadro 11 - Plano de Amostragem proposto para Pedra Branca.

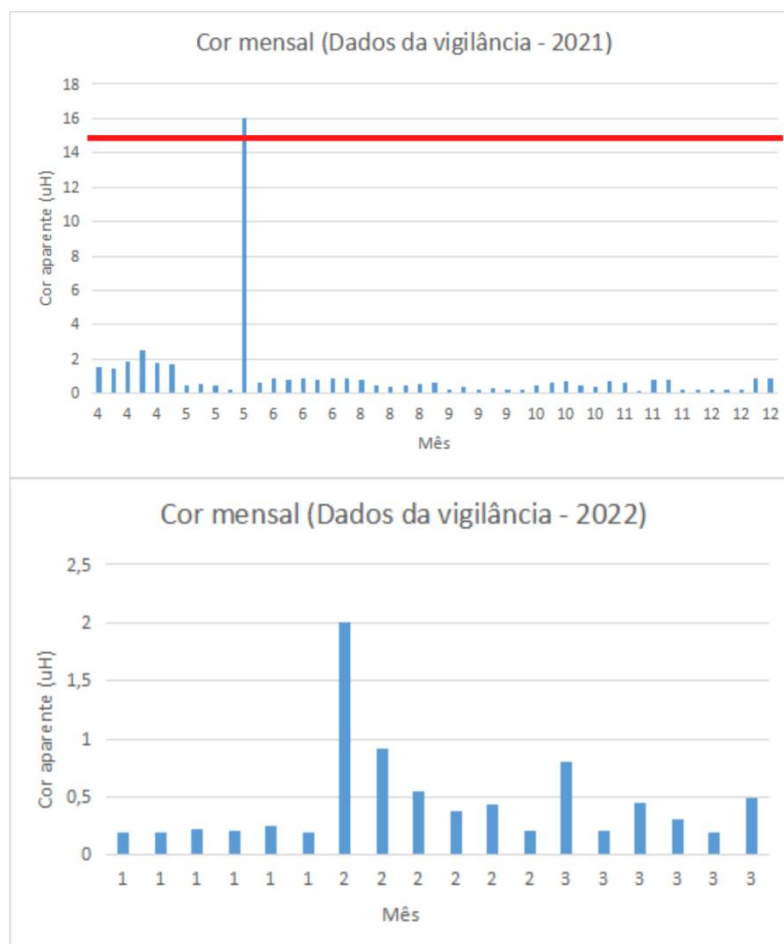
	Semestral	Trimestral	Bimestral	Mensal	Semanal	Diária	A cada 2h
Água Bruta	Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Oxigênio Dissolvido (OD), Turbidez, Cor Verdadeira, pH, Fósforo Total, Nitrogênio Amoniacal Total e dos parâmetros inorgânicos, orgânicos e agrotóxicos (Art 42 - S1; Anexo 9) (Art. 44 S4)	Cianobactérias (Art.43 - Anexo 12) (<= 10.000 células/ml)		clorofila-a (Art.43 § 1º) Escherichia coli (Art.29)			
Saída do tratamento	Cloreto de Vinila (Uma amostra) (Anexo.13) Demais parâmetros (Uma amostra) (Anexo 13) (Anexos 9 e 11) (Art. 44 S4 - Agrotóxicos)	Gosto e odor (Uma amostra) (Anexo 13)		Acrilamida (polímero - PAC) (Anexo.13) Epicloridrina (Anexo.13)	Cianotoxinas (Anexo 13) Coliformes Totais (2 amostras) (Anexo 14)	Turbidez (Para filtração lenta) (Art.28)	Turbidez(Para filtração rápida (tratamento completo ou filtração direta) e filtração por membrana)(Art.28) Fluoreto (Anexo 13) Turbidez, Residual de desinfetante, Cor aparente, pH (Anexo 13)
Sistema de distribuição (reservatórios e rede)	Avaliação radiológica (Art.37 § 7º) Cloreto de Vinila (Anexo.13)	Demais parâmetros (Anexo 13) (Anexos 9 e 11) (Art. 4 S 4 - Agrotóxicos)	Produtos secundários da desinfecção (Anexo 13) (Anexo 9 - produtos secundários)	Acrilamida (Anexo.13) Epicloridrina (Anexo.13) Coliformes Totais (3 amostras) (Anexo 14)			

Fonte: Autor (2022).

5.7.2 Dados secundários: Análise da qualidade da água distribuída em Pedra Branca e sua conformidade com o padrão de potabilidade.

Os dados secundários de Pedra Branca foram obtidos diretamente do Sisagua e adquiridos também com os responsáveis pelas coletas do município. Os gráficos a seguir de cor aparente e turbidez indicam os valores dos parâmetros no eixo y e os meses do ano em numeral no eixo x.

Figura 57 - Gráficos anuais da cor aparente para Pedra Branca.



Fonte: Pedra Branca (2022).

Dentre os poucos dados referentes à cor aparente, apenas uma amostra apresentou resultado um pouco acima do valor máximo permitido em maio de 2021 (Figura 57).

Figura 58 - Gráficos anuais da turbidez para Pedra Branca.



Fonte: Pedra Branca (2022).

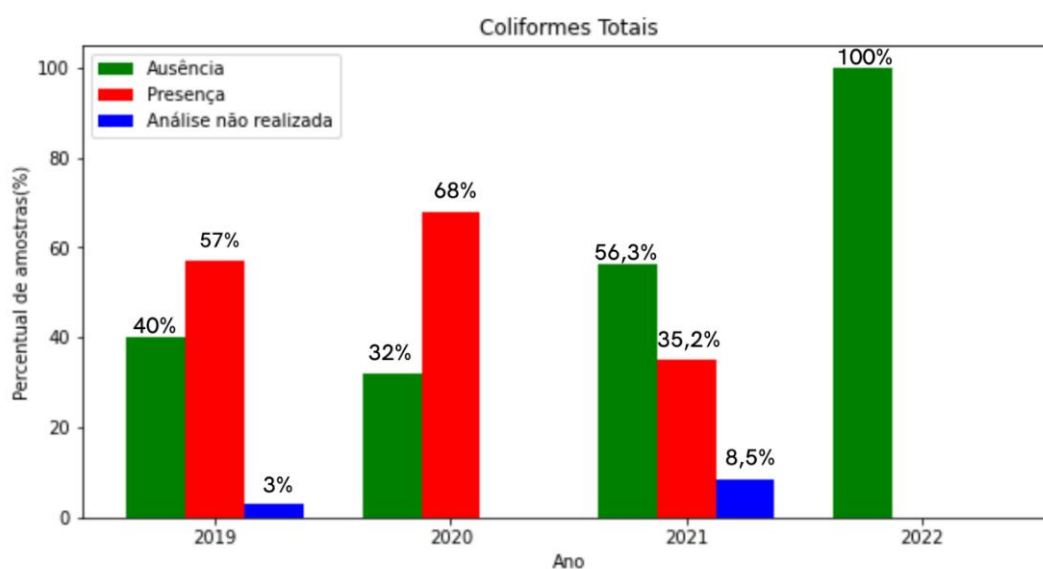
Com base nos gráficos da Figura 58, observa-se que nos anos de 2019 e 2022, todas as amostras analisadas apresentaram resultados dentro do padrão organoléptico exigido para turbidez. Já nos anos de 2020 e 2021, uma única amostra apresentou resultado acima do valor máximo permitido (5 uT). O estudo bacteriológico foi realizado com base no total de amostras analisadas por ano, conforme indica a Tabela 33.

Tabela 33 - Quantidade de amostras para análises bacteriológicas por ano.

Ano	Quantidade de amostra analisada
2019	60
2020	66
2021	71
2022	18

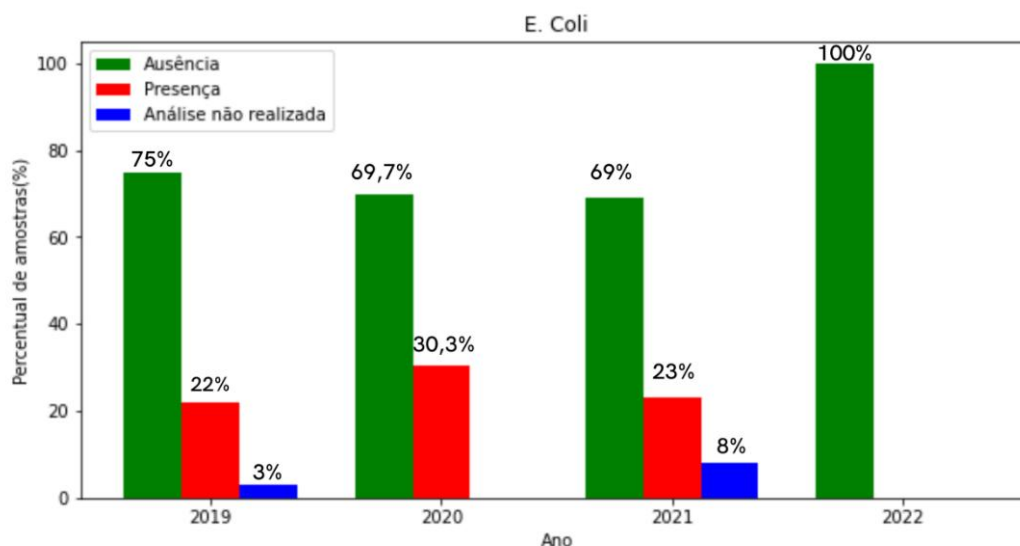
Fonte: Pedra Branca (2022).

Figura 59 - Gráfico anual de coliformes totais para Pedra Branca.



Fonte: Pedra Branca (2022).

Figura 60 - Gráfico anual de Escherichia coli para Pedra Branca.



Fonte: Pedra Branca (2022).

Percentuais ainda altos para presença de coliformes totais foram encontrados nos anos de 2019 e 2020 (Figura 59). Já para a análise de E. Coli, os percentuais de ausência da bactéria são elevados (Figura 60), indicando que a maioria das amostras coletadas estão adequados ao consumo humano. Quantidade de amostras realizadas na Tabela 33.

5.7.3 Coletas em Pedra Branca

Em Pedra Branca, foram coletadas amostras de água bruta, tratada e decantada da ETA da CAGEPA (Figura 61), amostras de pontos de consumo fixos no Plano de Amostragem confeccionado pelo município e amostras de poços e reservatórios de comunidades de Pedra Branca (Figura 62).

Figura 61 - ETA de Pedra Branca. (a) Água bruta; (b) Água decantada; (c) Água tratada (d) Caixa d'água.



Fonte: Autor (2022).

Figura 62 - Pontos de consumo. (a) UBS Antônio de Sousa; (b) R. Cândido Gambarra; (c) R. Pres. João Pessoa, (d) R. Pres. Getúlio Vargas; (e) UBS Ana Teotônio.



Fonte: Autor (2022).

Os pontos de coleta estão identificados na Tabela 34 a seguir.

Tabela 34 - Identificação dos pontos de coleta em Pedra Branca.

Cód. GPS	Identificação do ponto
-	Água bruta da ETA
-	água decantada da ETA
-	Água tratada na saída da ETA
P274	Caixa da ETA
P280	Poço I da Comunidade Várzea de Dentro
P282	Poço II da Comunidade Várzea de Dentro
P285	Caixa da Comunidade Grossos
P287	Caixa Pipa da Comunidade Várzea de Dentro
P273	Caixa da Comunidade Genipapeiro
P269	Caixa da Comunidade Capoeira Baixa
P271	Caixa da Comunidade Tabuleiro
P292	Cisterna Letreiro
P278	Cisterna da Comunidade Saco II
P275	Cisterna da Comunidade Água Branca

Fonte: Autor (2022).

A Caixa da Comunidade Grossos (P085) é abastecida pelo poço da própria comunidade. O estado de conservação da base dessa caixa está irregular. A limpeza é realizada pela comunidade, utilizando bucha, detergente e água sanitária, para debelar a crosta que se cria na parede da caixa devido a precipitação dos sais da água. A Caixa da Comunidade Várzea de Dentro (P087) é abastecida pela Operação pipa. Sua limpeza também é realizada pela comunidade que utiliza detergente com água e cloro e encontra-se em bom estado de conservação. A Caixa da Comunidade Genipapeiro (P273) é abastecida pelo poço da própria comunidade, encontra-se sem tampa, porém em bom estado de conservação. A Caixa da Comunidade Capoeira Baixa (P269) é abastecida pelo poço da comunidade, o estado de conservação encontra-se regular e nunca passou por limpeza. A Caixa da Comunidade Tabuleiro (P271) é abastecida pelo poço da comunidade e sua base está bem conservada. A Cisterna Letreiro (P292) é abastecida pela Operação pipa, tem tampa, porém com fraca vedação. A limpeza é realizada pela comunidade que utiliza apenas água sanitária. Cada pessoa pode pegar 20L/dia na cisterna. Como a bomba manual para retirada da água está quebrada, a população está utilizando baldes. A Cisterna da Comunidade Saco II (P278) é também abastecida pela Operação pipa. A limpeza é realizada pela comunidade, que utilizam água sanitária e vassourão e cada pessoa pode pegar 20L/dia na cisterna. E a Cisterna da Comunidade Água Branca (P275) segue o padrão das cisternas anteriores, porém apresenta pontos de vazamentos.

5.7.4 Dados primários: Caracterização da água de Pedra Branca

Tabela 35 - Resultados dos parâmetros básicos para Pedra Branca.

Amostra	pH	Turbidez (uT ⁽ⁱⁱ⁾)	Cor aparente (uH ⁽ⁱⁱ⁾)	Cor verdadeira (uH ⁽ⁱⁱ⁾)	Coliformes totais (Ausência /Presença)	<i>Escherichia coli</i> (Ausência/ Presença)	Cloro residual livre (mg/L)	Cloro residual combinado (mg/L)
Água bruta	7,08	9,94	>LQS***	>LQS***	Presença	Presença	N/A**	N/A**
Água tratada	6,64	<LQI*	<LQI*	<LQI*	Ausência	Ausência	2,27	0,23
P280	7,31	<LQI*	<LQI*	<LQI*	Ausência	Ausência	N/A**	N/A**
P287	8,59	1,16	2,99	-7,67	Presença	Presença	N/A**	N/A**
P285	6,89	<LQI*	<LQI*	<LQI*	Presença	Ausência	N/A**	N/A**
P273	6,76	<LQI*	<LQI*	<LQI*	Presença	Presença	N/A**	N/A**
P271	7,38	<LQI*	<LQI*	<LQI*	Presença	Presença	N/A**	N/A**
P269	7,66	<LQI*	<LQI*	<LQI*	Presença	Presença	N/A**	N/A**
Água decantada	6,25	<LQI*	<LQI*	<LQI*	N/A**	N/A**	0,91	5,97
UBS Antônio de Sousa	6,99	2,77	24,30	2,99	Ausência	Ausência	2,62	0,23
R. Candido Gambarra	7,03	2,08	31,41	<LQI*	Ausência	Ausência	2,63	0,51
R. - Pres. Getúlio Vargas	7,24	2,77	27,86	2,99	Ausência	Ausência	2,51	0,74
R. - Pres. João Pessoa	7,06	3,01	27,86	2,99	Presença	Ausência	2,67	0,53
UBS Ana Teotônio	7,27	2,54	24,30	10,09	Ausência	Ausência	2,72	0,32
P274	6,99	2,77	45,62	6,54	Presença	Presença	2,01	0,32
P292	8,31	1,85	6,54	<LQI*	Ausência	Ausência	0,23	<LQI*
P278	8,08	1,39	6,54	<LQI*	Ausência	Ausência	<LQI*	<LQI*
P275	8,66	<LQI*	<LQI*	<LQI*	Presença	Presença	0,11	0,02

*LQI (Limite de Quantificação Inferior): Turbidez = 1 uT; Cor aparente = 1 uH, F⁻ = 0,10 mg/L.

**N/A (Não analisada)

***LQS (Limite de Quantificação Superior): Turbidez = 50 uT)

uH⁽ⁱⁱ⁾ = unidade Hazen (mgPt-Co/L)

uT⁽ⁱⁱ⁾ = unidade de Turbidez

Fonte: Autor (2022).

A partir dos dados da caracterização exibidos na Tabela 35 acima:

A água bruta apresentou valores acima dos VMPs para turbidez e cor aparente, além de presença de coliformes totais e *Escherichia coli*. Porém essas inconformidades foram debeladas com o tratamento convencional aplicado na ETA da CAGEPA de Pedra Branca. Isso é confirmado ao observar os resultados para a água tratada na tabela acima. Todas as demais amostras estão dentro do padrão de potabilidade exigido para turbidez nos reservatórios e pontos de consumo. As águas coletadas em todos os pontos de consumo fixados no Plano de Amostragem do município apresentaram cor aparente acima do permitido, porém ao passarem por um filtro de papel esses valores foram reduzidos (cor verdadeira). A amostra P274 também apresentou cor aparente acima do VMP.

Enquanto na amostra P285 e no ponto de consumo da R. Pres. Epitácio Pessoa foi encontrado coliformes totais, que já mostra-se em desacordo com o padrão de potabilidade, nas amostras P287, P273, P271, P269, P274, P275, foi detectada presença de coliformes totais e de *Escherichia coli*, portanto, tais amostras encontram-se impróprias para consumo humano.

Tabela 36 - Resultados das análises de metais para Pedra Branca.

Amostra	Metais (mg/L)					
	Ferro	Manganês	Alumínio	Zinco	Cobre	Cromo
Água bruta	3,46	0,34	0,05	0,05	<LQI*	<LQI*
Água tratada	<LQI*	0,43	<LQI*	<LQI*	<LQI*	<LQI*
P280	0,14	0,09	<LQI*	<LQI*	<LQI*	<LQI*
P287	<LQI*	0,02	<LQI*	<LQI*	0,77	<LQI*
P285	<LQI*	0,10	<LQI*	<LQI*	<LQI*	<LQI*
P273	<LQI*	<LQI*	<LQI*	0,06	<LQI*	<LQI*
P271	<LQI*	<LQI*	<LQI*	<LQI*	0,77	<LQI*
P269	<LQI*	0,05	<LQI*	0,01	0,58	<LQI*

*LQI (Limite de Quantificação Inferior mg/L): Fe = 0,10; Mn = 0,0; Al = 0,10; Zn = 0,01; Cu = 0,10; Cr = 0,10

Fonte: Autor (2022).

Conforme tabela acima, apenas a água bruta apresentou concentrações de metais (ferro, manganês e alumínio) acima do permitido. Após tratamento de água convencional, as concentrações de ferro e alumínio reduziram e a de manganês apresentou um leve aumento (Tabela 36).

Tabela 37 - Resultados dos demais parâmetros analisados para Pedra Branca.

Amostra	Nitrato (NO ₃ ⁻) (mg/L)	Nitrogênio (mg/L)	Fosfato (PO ₄ ⁻) (mg/L)	Cloreto (Cl ⁻) (mg/L)	Dureza total (mg/L)	Salinidade (%)	Condutividade (uS/cm)
Água bruta	1,43	0,31	1,95	4,25	84,08	0,38	383
Água tratada	0,14	0,03	1,19	7,09	88,08	0,29	293
P280	2,21	0,49	1,8	9,93	216,19	0,63	623
P287	2,95	0,65	1,95	5,67	104,09	0,28	282
P285	0,96	0,21	2,88	29,07	362,33	0,92	896
P273	6,07	1,33	4,15	11,34	128,12	0,46	460
P271	15,44	3,40	1,02	13,12	282,25	0,77	755
P269	0,74	0,16	0,87	10,99	204,18	0,70	688

*LQI (Limite de Quantificação Inferior): NO₃⁻ = 0,10 mg/L; N = 0,1 mg/L

Fonte: Autor (2022).

Apenas a amostra P271 apresentou parâmetro acima do permitido dentre as amostras analisadas na tabela cima, com concentração de nitrato acima do seu VMP. As águas das amostras P280, P285, P271 e PP269 salinidade superior a 0,5% (Tabela 37).

5.7.5 Diagnóstico da qualidade da água distribuída em Pedra Branca

Os maiores problemas na água de Pedra Branca estão relacionados com a cor, presença de coliformes totais e *Escherichia coli*. Mais da metade das amostras também caracterizou-se como água salobra, com salinidade superior a 0,5%.

Embora os resultados das análises feitas pelo município para *Escherichia coli* diferem dos resultados obtidos no Lacqua, os dados para turbidez e cor corroboram entre si, com valores majoritariamente inferiores aos VMPs, bem como os dados de cloro residual livre acima do mínimo requerido. Os dados secundários para coliformes totais para os anos de 2019 e 2020 aproximam-se mais dos dados primários obtidos.

No geral, a água do município de Pedra Branca está boa e necessita apenas de cloração nos poços.

Neste município, em virtude da presença de uma estação de tratamento, foram realizados ensaios de coagulação no Lacqua, a fim de encontrar a concentração ótima do coagulante sulfato de alumínio, conforme tabela abaixo. Como medida de eficiência de redução de cor e turbidez, realizaram-se comparações entre os resultados encontrados nos ensaios e na amostra bruta.

Tabela 38 - Ensaios de coagulação.

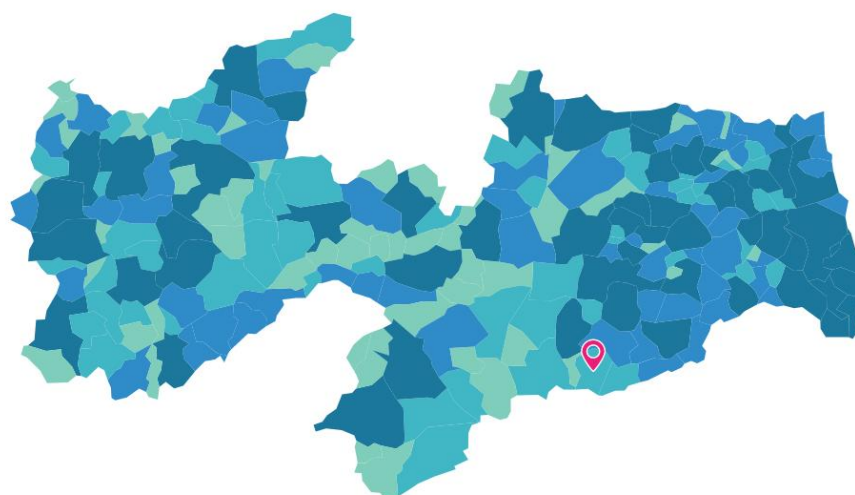
Ensaio	Al ₂ (SO ₄) ₃ (mg/L)	Cor Aparente (uH)	Cor Verdadeira (uH)	Turbidez (uT)	(%) Remoção de cor aparente	(%) Remoção de cor verdadeira	(%) Remoção de turbidez
Água bruta	-	173,33	83,06	11,79	-	-	-
1	10	148,06	32,50	10,17	14,58	60,87	13,73
2	20	39,72	25,28	3,24	77,08	69,57	72,55
3	30	21,67	14,44	1,85	87,50	82,61	84,31
4	30	25,28	18,06	1,85	85,42	78,26	84,31
5	40	18,06	10,83	1,39	89,58	86,96	88,24
6	50	10,83	7,22	1,39	93,75	91,30	88,24

Fonte: Autor (2022).

Observando a Tabela 38, percebe-se que com apenas 10 mg/L do coagulante há redução significativa, principalmente na cor verdadeira. Ao aumentar a concentração pra 20 mg/L, a redução de cor aparente e turbidez têm um aumento expressivo. Entretanto, concentrações acima de 30 mg/L não promove efeito na redução de turbidez, enquanto ainda continua aumentando a redução da cor (verdadeira e aparente). Portanto, ao utilizar 30 mg/L de sulfato de alumínio já produzirá resultados aceitáveis de remoção.

5.8 Município de Alcântil

Figura 63 - Mapa da Paraíba com localização de Alcantil.



Fonte: IBGE.

O município de Alcantil está localizado na Borborema (Figura 63), na Microrregião do Cariri Oriental e na Região Imediata de Campina Grande, além de ocupar uma área territorial equivalente a 309,896 km² (IBGE, 2021). Sua população foi estimada em 5.527 hab. para o ano de 2021, tem densidade demográfica igual a 17,15 hab/km² e apenas 4,7 % dos alcantilense com acesso a esgotamento sanitário adequado (IBGE, 2010).

A população deste município é abastecida por mananciais superficiais e por águas de poços que passam por dessalinizadores.

A água bruta captada no Açude Epitácio Pessoa, chamado popularmente de Boqueirão e localizado no município de Boqueirão, é de uso exclusivo primário (beber) e distribuída às cisternas comunitárias por meio de carros-pipa contratados pelo exército.

Já a água captada em açudes locais e no Rio Paraíba é destinada à uso doméstico e distribuída por meio de carros-pipa contratados pela prefeitura. Ademais, há relatos de surto de diarreia no município em questão.

5.8.1 Plano de Amostragem para Alcantil

Os sistemas com captação da água do Açude Boqueirão e do Rio Paraíba são classificados como SAC, em razão da distribuição de água dar-se por carros-pipa. Para esses sistemas, o município deve seguir os monitoramento da qualidade da água dispostos no Plano de Amostragem proposto a seguir (Quadro 12), realizando ao menos 5 coletas nos pontos de consumo, visto que não há sistema de tratamento de água.

Quadro 12 - Plano de Amostragem proposto para Alcantil.

	Semestral	Mensal	Semanal	Diária
Água Bruta	Turbidez, Cor Verdadeira, pH, Fósforo Total, Nitrogênio Amoniacal Total, condutividade elétrica e dos parâmetros inorgânicos, orgânicos e agrotóxicos (Art. 42 § 2º - Anexo 9) (Art. 44 § 4º - Agrotóxicos)			
Saída do tratamento	Demais parâmetros (Anexo 15)	Escherichia coli (Art.31 § 5º) Cor aparente, pH, coliformes totais e Escherichia coli (5 amostras) (Anexo 15)	Turbidez (Pós- desinfecção para águas subterrâneas) (Art.28) Turbidez (5 amostras) (Anexo 15)	Residual de desinfetante (5 amostras) (Anexo 15)
No ponto de consumo	Avaliação radiológica (Art.37 § 7º)	Cor aparente, pH, coliformes totais e Escherichia coli, turbidez (5 amostras) (Anexo 15)		Residual de desinfetante (5 amostras) (Anexo 15)

Fonte: Autor (2022).

Este município também é abastecido por outra SAC, mas essa com captação subterrânea e processo de dessalinização. Nesse sistema, o monitoramento da água deve estar sendo realizado na água bruta, na saída do tratamento e nos pontos de consumo, em virtude da existência de um tratamento de água, de acordo com o Plano de Amostragem proposto no Quadro 13 . Para as análises dos parâmetros básicos (na saída do tratamento e nos pontos de consumo), devem ser coletadas ao menos 5 amostras de água, de acordo com a quantidade de habitantes estimada para 2021.

Quadro 13 - Plano de Amostragem proposto para Alcantil.

	Semestral	Mensal	Semanal	Diária
Água Bruta	Turbidez, Cor Verdadeira, pH, Fósforo Total, Nitrogênio Amoniacal Total, condutividade elétrica e dos parâmetros inorgânicos, orgânicos e agrotóxicos (Art. 42 § 2º - Anexo 9) (Art. 44 § 4º - Agrotóxicos)			
Saída do tratamento	Demais parâmetros (Anexo 15)	Escherichia coli (Art.31 § 5º) Cor aparente, pH, coliformes totais e Escherichia coli (5 amostras) (Anexo 15)	Turbidez (Pós- desinfecção para águas subterrâneas) (Art.28) Turbidez (5 amostras) (Anexo 15)	Residual de desinfetante (5 amostras) (Anexo 15)
No ponto de consumo	Avaliação radiológica (Art.37 § 7º)	Cor aparente, pH, coliformes totais e Escherichia coli, turbidez (5 amostras) (Anexo 15)		Residual de desinfetante (5 amostras) (Anexo 15)

Fonte: Autor (2022).

5.8.2 Dados secundários: Análise da qualidade da água distribuída em Alcantil e sua conformidade com o padrão de potabilidade.

Os dados da vigilância da qualidade da água foram fornecidos pelos devidos responsáveis do município. Os gráficos a seguir da turbidez e do cloro residual livre expõem os valores referentes aos parâmetros no eixo y e as respectivas localidades do eixo x.

Poucas amostras apresentaram resultado de turbidez acima do permitido (Figura 64). Apenas uma amostra em 2019, duas em 2020 e algumas poucas nos outros anos analisados.

Analisando os gráficos dos resultados das análises de cloro residual livre (Figura 65), verifica-se que quase todas as amostras apresentam concentrações acima da concentração obrigatória, para a manutenção mínima de cloro residual livre igual a 0,2

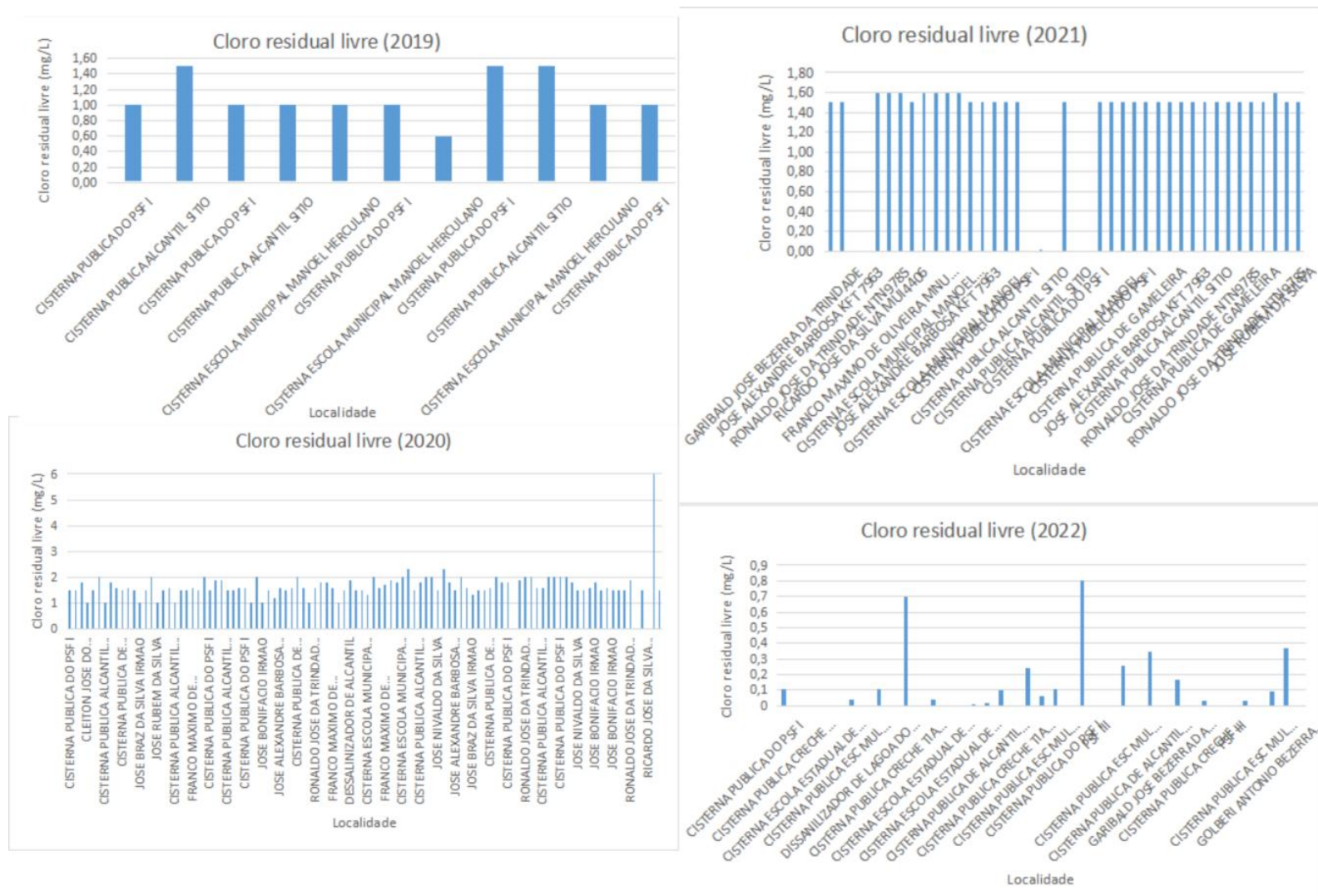
mg/L, disposta no Art. 32 da Portaria nº 888 de 2021. Apenas algumas amostras analisadas em 2022 obtiveram concentração inferior.

Figura 64 - Gráficos anuais da turbidez para Alcantil.



Fonte: Alcantil (2022).

Figura 65 - Gráficos anuais de cloro residual para Alcantil.



Fonte: Alcantil (2022).

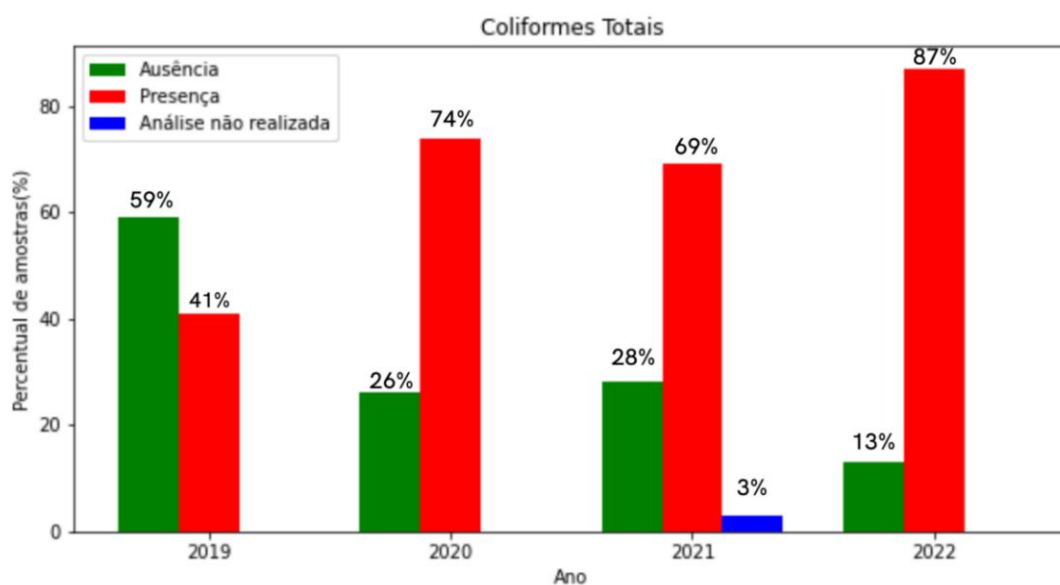
O estudo bacteriológico foi realizado com base no total de amostras analisadas por ano, conforme indica a Tabela 39.

Tabela 39 - Quantidade de amostras para análises bacteriológicas por ano.

Ano	Quantidade de amostra analisada
2019	60
2020	103
2021	69
2022	63

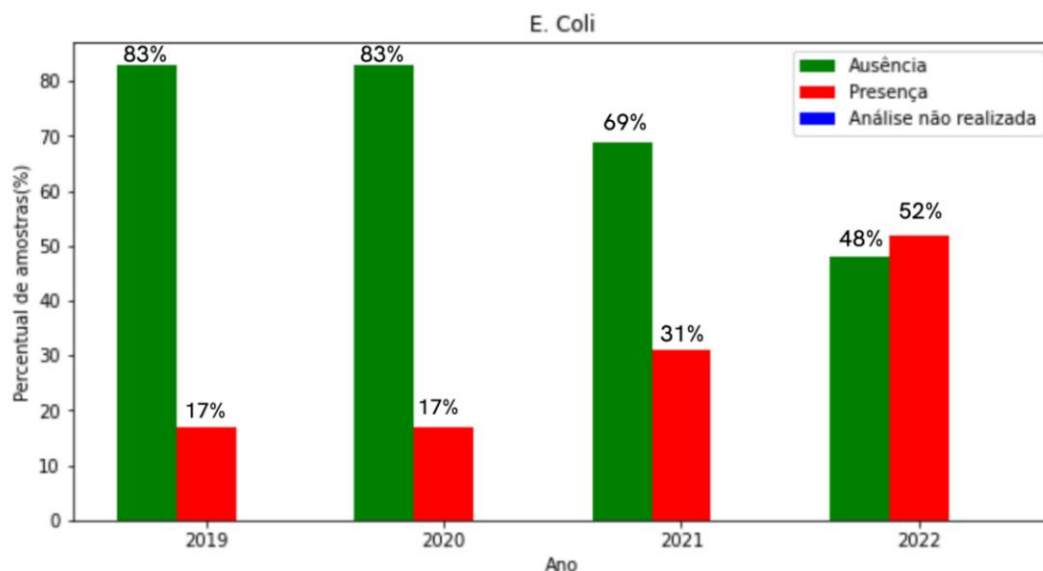
Fonte: Alcantil (2022).

Figura 66 - Gráfico anual de coliformes totais para Alcantil.



Fonte: Alcantil (2022).

Figura 67 - Gráfico anual de Escherichia coli para Alcantil.



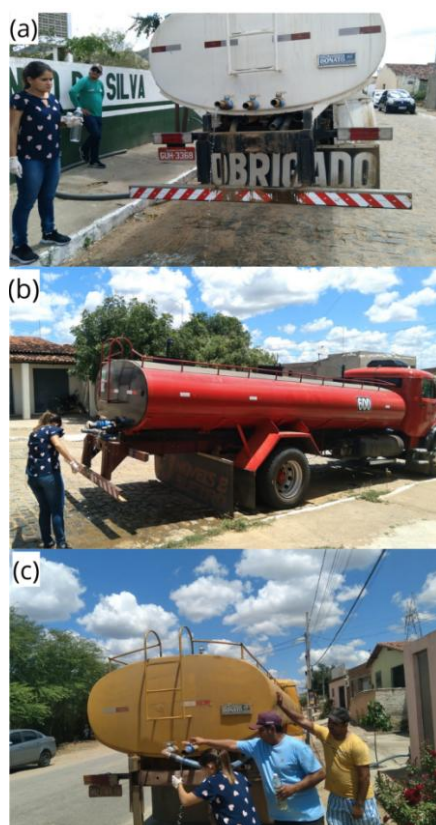
Fonte: Alcantil (2022).

Das análises referentes à coliformes totais, apenas no ano de 2019 a quantidade de amostras com presença superou a quantidade que apresentou coliformes. Já nos anos seguintes, a proporção de amostras com presença mostrou-se elevada (Figura 66). Por outro lado, entre os anos de 2019 a 2021, o número de amostras com ausência de E. Coli foi bastante significativo (Figura 67), embora tenha apresentado queda em 2021 e 2022. Em 2022, o percentual de amostras com presença da bactéria já foi maior. O percentual de amostras de água próprias para consumo humano, em relação à análise bacteriológica, decresceu ao longo dos anos entre 2019 e 2022.

5.8.3 Coletas em Alcantil

Em Alcantil, foram coletadas amostras de poços, reservatórios e de dessalinizadores identificados na Tabela 40. Além dessas coletas, amostras de água de carros-pipa dos Açudes Epitácio Pessoa (Figura 68a), Jucá (Figura 68b) e Lagoa do Jucá (Figura 68c) também foram coletadas.

Figura 68 - Carros-pipa.



Fonte: Autor (2022).

Tabela 40 - Identificação dos pontos de coleta em Pedra Branca.

Cód. GPS	Identificação do ponto
P148	Caixa para água bruta (poço)
P151	Chafariz
P146	Cisterna da creche (antiga creche)
P154	Cisterna do Colégio Estadual
-	Carro-pipa Açude Epitácio Pessoa
P156	Cisterna do PSF I
P155	Cisterna Esc. Mun. Severino Augustinho
P159	Cisterna I da Esc. de Gameleira
P164	Cisterna do PSF III
-	Dessalinizador Barra da Aroeira
-	Caixa do Poço de Aroeiras
P166	Cisterna do PSF II
P169	Poço do Dessalinizador Lagoa do Jucá
P168	Dessalinizador Lagoa do Jucá
-	Carro-pipa Açude do Jucá
-	Carro-pipa Açude Lagoa do Jucá
-	Caixa para Dessalinizador Logradouro

Fonte: Autor (2022).

A Caixa para água bruta (P148) é abastecida pelo Poço Brizios e sua limpeza é realizada mensalmente utilizando bucha e água. A Cisterna da creche (P146) e a Cisterna do

Colégio Estadual (P154) são abastecidas pela Operação pipa. Em ambas cisternas, existe um espaço entre a tampa e a cisterna que possibilita a entrada de animais. A limpeza é realizada por funcionários da infraestrutura e da escola, respectivamente, entre 3 e 6 meses, utilizando apenas água com vassourão e pano para secar, sem uso de produto químico. O exército orienta que sejam pintadas 2 vezes ao ano. Existe um controle para retirada de água, em que cada pessoa pode pegar 20L/dia no período matutino. A Cisterna do PSF I (P156) é abastecida por carros pipa da Prefeitura, mas no período seco recebe água da Cisterna da Escola Municipal Severino Augustinho. Esta cisterna é antiga e há demanda por uma nova pelos funcionários do PSF. As cisternas dos PSFs II (P166) e III (P164) também recebem água de carro pipa, porém a água da Cisterna do PSF II não é utilizada para consumo humano. A Cisterna da Esc. Mun. Severino Augustinho (P155) recebe água da Operação pipa do exército e de carros pipa da Prefeitura. Nela há uma fenda entre o cano e a laje, possibilitando a contaminação da água.

5.8.4 Dados primários: Caracterização da água de Alcantil

Tabela 41 - Resultados dos parâmetros básicos para Alcantil.

Amostra	pH	Turbidez (uT ^(u))	Cor aparente (uH ^(o))	Cor verdadeira (uH ^(o))	Coliformes totais (Ausência/ Presença)	<i>Escherichia coli</i> (Ausência/ Presença)	Fluoreto (F) (mg/L)	Cloro residual livre (mg/L)
P148	7,00	<LQI*	<LQI*	<LQI*	Presença	Presença	1,61	N/A**
P151	6,15	<LQI*	<LQI*	<LQI*	Ausência	Ausência	N/A**	N/A**
P146	7,69	<LQI*	<LQI*	<LQI*	Presença	Presença	N/A**	<LQI*
P154	8,01	<LQI*	<LQI*	<LQI*	Presença	Presença	N/A**	<LQI*
Carro-pipa Açude Epitácio Pessoa	7,68	1,85	6,54	<LQI*	Ausência	Ausência	0,56	N/A**
P156	8,54	3,01	27,86	13,65	Presença	Ausência	N/A**	<LQI*
P155	7,75	6,94	74,04	17,20	Presença	Presença	N/A**	0,16
P159	7,72	2,77	42,07	17,20	Presença	Ausência	N/A**	0,10
P164	8,09	3,24	34,96	20,75	Presença	Presença	N/A**	<LQI*
Dessalinizador Barra da Aroeira	6,45	<LQI*	<LQI*	<LQI*	Presença	Presença	N/A**	N/A**
Caixa do Poço de Aroeiras	7,13	<LQI*	<LQI*	<LQI*	Presença	Presença	1,19	N/A**
P166	7,86	3,01	38,52	20,75	Presença	Presença	N/A**	<LQI*
P169	7,37	<LQI*	<LQI*	<LQI*	Presença	Presença	1,60	N/A**
P168	6,73	<LQI*	<LQI*	<LQI*	Presença	Ausência	N/A**	<LQI*
Carro-pipa Açude do Jucá	8,57	5,55	70,49	45,62	Presença	Presença	0,25	N/A**
Carro-pipa Açude Lagoa do Jucá	7,56	6,24	77,59	56,28	Presença	Presença	0,35	N/A**
Caixa para Dessalinizador Logradouro	8,15	<LQI*	2,99	<LQI*	Presença	Presença	1,83	N/A**

*LQI (Limite de Quantificação Inferior): Turbidez = 1 uT; Cor aparente = 1 uH; F⁻ = 0,10 mg/L; Cloro residual livre = 0,10 mg/L

**N/A (Não analisada)

***LQS (Limite de Quantificação Superior): Turbidez = 50 uT)

uH^(o) = unidade Hazen (mgPt-Co/L)

uT^(u) = unidade de Turbidez

Fonte: Autor (2022).

Os dados da caracterização das águas exibidos na Tabela 41 acima indicam que:

Nenhuma amostra apresentou valores para turbidez e cor aparente acima dos VMPs. Entretanto, na maioria foi observado presença de coliformes totais, com exceção da amostra P151 e do carro pipa com água do Açude Epitácio Pessoa, e presença de *Escherichia coli*, com exceção de P151, do carro pipa com água do Açude Epitácio Pessoa, de P156, P159 e P168. Portanto, a maioria das águas analisadas encontra-se imprópria para consumo humano.

A amostra de água tratada do Dessalinizador Bairra da Aroeira apresentou presença de coliformes totais e *Escherichia coli*, logo percebe-se que este dessalinizador não está funcionando de forma adequada.

Apenas as amostras P148, P169 e da Caixa para Dessalinizador Logadouro obtiveram concentrações de flúor, na forma de íon fluoreto, acima de seu VMP.

Todas as amostras na tabela acima que passaram por análise de cloro residual livre não apresentaram a concentração mínima exigida nos Arts. 32 e 16, obtendo valores muito abaixo do padrão.

Tabela 42 - Resultados das análises de metais para Alcantil.

Amostra	Metais (mg/L)				
	Ferro	Manganês	Alumínio	Zinco	Cobre
P148	<LQI*	0,27	<LQI*	0,09	0,60
Carro-pipa Açude Epitácio Pessoa	0,13	0,06	<LQI*	0,03	0,30
Caixa do Poço de Aroeiras	<LQI*	0,30	<LQI*	<LQI*	0,45
P169	<LQI*	0,29	<LQI*	<LQI*	0,30
Carro-pipa Açude do Jucá	0,75	0,23	<LQI*	<LQI*	0,75
Carro-pipa Açude Lagoa do Jucá	0,52	0,25	<LQI*	<LQI*	0,62
Caixa para Dessalinizador Logradouro	0,20	0,02	<LQI*	0,07	0,65

*LQI (Limite de Quantificação Inferior mg/L): Fe = 0,10; Mn = 0,0; Al = 0,10; Zn = 0,01; Cu = 0,10; Cr = 0,10

Fonte: Autor (2022).

Apenas duas amostras, do Carro-pipa do Açude Jucá e do Carro-pipa do Açude Lagoa do Jucá, resultaram em concentrações de ferro acima do permitido pelo Padrão de Potabilidade. E quatro amostras obtiveram como resultado concentrações de manganês acima de seu VMP, sendo elas: os carros-pipa já mencionados, a Caixa do Poço Aroeiras, P148 e P169 (Tabela 42).

Tabela 43 - Resultados dos demais parâmetros analisados para Alcantil.

Amostra	Nitrato (NO ₃ ⁻) (mg/L)	Nitrogênio (mg/L)	Fosfato (PO ₄ ⁻) (mg/L)	Cloreto (Cl ⁻) (mg/L)	Dureza total (mg/L)	Salinidade (%)	Condutividade (uS/cm)
P148	0,69	0,15	1,45	2820,40	2502,25	8,66	7390
Carro-pipa Açude Epitácio Pessoa	0,41	0,09	2,46	45,32	84,08	0,35	357
Caixa do Poço de Aroeiras	11,03	2,43	0,78	1374,04	1301,17	5,23	4630
P169	11,58	2,55	2,73	2265,96	1801,62	7,78	6690
Carro-pipa Açude do Jucá	0,83	0,18	1,89	125,35	144,13	0,66	644
Carro-pipa Açude Lagoa do Jucá	0,47	0,10	0,99	241,06	253,556	1,28	1231
Caixa para Dessalinizador Logradouro	9,92	2,18	1,19	578,54	600,54	2,5	2320

*LQI (Limite de Quantificação Inferior): NO₃⁻ = 0,10 mg/L; N = 0,1 mg/L

Fonte: Autor (2022).

Com base nos resultados das águas presentes na Tabela 43 acima, tem-se que:

As amostras da Caixa do Poço Aroeira e P169 apresentaram valores acima do VMP para nitrato. Já a amostra da Caixa do Dessalinizador apresentou concentração de nitrato próxima ao permitido.

Apesar da água da Caixa do Dessalinizador Logradouro já apresentar concentração de cloreto mais que o dobro permitido e a água do Poço de Aroeiras chegar a mais de cinco vezes o VMP para o cloreto, as amostras P148 e P169 chamam atenção com concentrações vultuosas, dez vezes o valor máximo permitido pela Portaria nº 888.

Com exceção da amostra do Carro-pipa do Açude Epitácio Pessoa, todas as águas apresentaram salinidade muito superior, na maioria dos casos, a 0,5%.

5.6.5 Diagnóstico da qualidade da água distribuída em Alcantil

Os grandes problemas encontrados foram presença de coliformes totais e *Escherichia coli*, concentrações de manganês, cloro e dureza muito acima dos VMPs e quase a totalidade das amostras caracterizadas como águas salobras.

Além disso, as concentrações de cloro encontradas apresentaram-se inferior à concentração mínima exigida, abrindo margem para contaminação na distribuição e armazenamento dessa água. Ao analisar os dados secundários para esse parâmetro, verifica-se a discordância entre eles e a caracterização encontrada.

Os altos valores de salinidade refletem a grande concentração de sais de cálcio, magnésio e íons cloreto dissolvidos na água, tornando-a salobra.

Os resultados encontrados pelos municípios, e dispostos nos gráficos anteriores, para o ano em vigor, demonstra presença de coliformes totais e *Escherichia coli* em muitas amostras analisadas, confirmando os dados primários obtidos. Já em relação à turbidez, as análises

feitas no Lacqua encontraram valores todos abaixo do VMP, enquanto nos dados secundários, pode-se observar que em algumas localidades a tubidez mostrou-se acima.

6 CONCLUSÃO

Embora dados de controle e vigilância da água sejam de domínio público e devam constar no Sisagua, encontram-se incompletos ou até mesmo não constam no sistema. Essa falta de disponibilidade de informações impossibilita o desenvolvimento do pensamento crítico e a participação às atividades de vigilância e controle da água que consome.

Os municípios detêm os resultados da caracterização da água bruta e tratada de seus sistemas e poços, porém não há análises completas dos parâmetros básicos, em geral apenas pH, turbidez e análises bacteriológicas. O descaso com que a qualidade da água vem sendo tratada pelo poder público é inadmissível e vai tornando-se evidente ao adentrar em cidades menores e mais longes da capital.

Diante dos dados primários e secundários analisados, o maior problema em comum em todos os 8 municípios está relacionado à presença de coliformes totais e *Escherichia coli*. Quantidade significativa das amostras caracterizadas estão fora do padrão de potabilidade, ou seja, não estão aptas para consumo humano. A presença de *Escherichia coli* em águas destinadas ao consumo humano induz malefícios a saúde, como a diarreia. Portanto, ao menos a desinfecção deve ser implantada urgentemente nesses municípios. Além disso, outra medida primordial a ser tomada é a melhoria na infraestrutura dos poços e seu entorno, que impacta diretamente na qualidade da água.

Em Riachão do Poço, as maiores inconformidades com padrão de potabilidade foram presença de coliformes, altas concentrações de nitrato e elevada salinidade; Em Alagoinha, concentrações de ferro e manganês acima do VMP na água tratada; Em Itapororoca, cor, ferro, nitrato acima do VMP, salinidade alta e presença de coliformes; Em São Domingos, valores muito acima do permitido para turbidez, cor, nitrato, cloreto e dureza, salinidade alta e presença de coliformes totais e *Escherichia coli*; Em Curral de Cima, altos valores de turbidez e cor aparente, bem acima do VMP, presença de coliformes totais e de *Escherichia coli*; Em Santa Cecília, presença de coliformes totais e *Escherichia coli*; Em Pedra Branca, cor acima do VMP e presença de coliformes totais e *Escherichia coli* e, em Alcantil, foram presença de coliformes totais e *Escherichia coli*, concentrações de manganês, cloro e dureza muito acima dos VMPs e elevada salinidade.

A qualidade da água é intrínseca à saúde e para ser considerada potável, ou seja própria ao consumo humano, deve estar em conformidade com o padrão de potabilidade presente na Portaria nº 888 do Ministério da Saúde.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AESA - AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS. AESA. Diagnóstico Qualitativo. AESA, 2016. Disponível em: http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2016/11/PE_25.pdf. Acesso em: 20 nov. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Painel do Atlas águas: Segurança hídrica do abastecimento urbano**. Brasília : ANA, 2021

APHA, **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – SMEWW**. American Public Health Association – APHA, 23th ed., Washington – USA, 2017. APHA, **Standard Methods for the examination of Water and Wastewater – SMEWW**.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano**. Brasília, 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Portaria nº 888, de 04 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**. Brasília (DF), 2021

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. **Programa Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano**. Brasília : Editora do Ministério da Saúde, 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Manual de procedimentos de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano**. Brasília, 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília, 2006.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **CETESB**. São Paulo: Informações toxicológicas, 2022. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/servicos/informacoes-toxicologicas/>. Acesso em: 20 nov. 2022.

CETESB, São Paulo. **Guia de orientação para coleta e preservação de amostras**. Draft. São Paulo, 2003.

CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICO, São Paulo. **Nitrato nas águas subterrâneas: Desafios frente ao panorama atual**. São Paulo, 2019.

FUNASA, Fundação Nacional de Saúde. **Manual Prático de Análise de Água**. 4ª ed. Brasília, 2013

HELLER L. **Saneamento e Saúde**. Brasília, DF: OPAS; 1997.

JOHNSON, Larry. Toxicidade do zinco. **MSD Manuals**, 2021. Disponível em: <https://www.msdmanuals.com/pt-pt/profissional/dist%C3%BArbios-nutricionais/defici%C3%Aancia-e-toxicidade-minerais/toxicidade-do-zinco>. Acesso em: 20 de nov. de 2022.

KLAASEN, C. D. **Metais pesados e antagonistas dos metais pesados**. In: GILMAN & GOODMAN. **As bases farmacológicas da terapêutica**. v. 1. Rio de Janeiro : Guanabara-Koogan, 1985.

MARCOLAN, Leonardo. **Investigação hidrogeoquímica do cromo no aquífero adamantina no município de urânia - SP**. Tese (Mestrado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) - Universidade de São Paulo Instituto de Geociências, São Paulo, 2009.

ONU - Organização das Nações Unidas. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2021**. 2021 .

OPAS - Organização Pan-Americana da Saúde. **Água e Saúde**. Brasília (DF), 2001.

POÇOS e falta de informação preocupam. **Folha de S. Paulo**, 9 abr. 2004. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/cotidian/ff0904200404.htm>. Acesso em: 20 nov. 2022.

RAQUEL OSHIO. **Estratégia Vestibulares**. Ciclo do Nitrogênio: o que é, como funciona e sua importância. [S.l.]. Estratégia, 2020. Disponível em: <https://vestibulares.estrategia.com/portal/materias/quimica/ciclo-do-nitrogenio/>. Acesso em: 20 nov. 2022.

ROSALINO, Melanie Roselyne Rodrigues. **Potenciais Efeitos da Presença de Alumínio na Água de Consumo Humano**. Tese (Mestrado em Ciências de Engenharia do Ambiente) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa. 65 p., 2011.

ROSEN G. **Uma história da saúde pública**. São Paulo: Hucitec; Unesp; 1994. (p.110)

TRATA BRASIL. **Trata Brasil**. Instituto Trata Brasil, 2019. Saneamento e doenças de veiculação hídrica. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/saneamento-e-doencas-de-veiculacao-hidrica-ano-base-2019/>. Acesso em: 20 nov. 2022.

WARD, M. H. et al. **Drinking water nitrate and the risk of non-Hodgkin's lymphoma**. *Epidemiology*, v. 7, n. 5, 1996, p. 465-471.

WHO. **Guidelines for drinking-water quality**. 4. ed. Genebra: WHO, 2011. p. 541.

**ANEXO A - TABELA DE NÚMERO MÍNIMO DE AMOSTRAS E FREQUÊNCIA
PARA O CONTROLE DA QUALIDADE DA ÁGUA DE SISTEMA DE
ABASTECIMENTO, PARA FINS DE ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS, EM
FUNÇÃO DO PONTO DE AMOSTRAGEM, DA POPULAÇÃO ABASTECIDA E
DO TIPO DE MANANCIAL.**

Parâmetro	Tipo de Manancial	Saída do Tratamento		Sistema de distribuição (reservatórios e redes)					
		Nº Amostras	Frequência	População abastecida					
				<50.000 hab.	<50.000 hab.	<50.000 hab.	<50.000 hab.	<50.000 hab.	<50.000 hab.
				Número de amostras			Frequência		
Turbidez, Residual de desinfetante(1), Cor aparente, pH	Superficial	1	A cada 2 horas	Conforme § 3º do Art. 42					
	Subterrâneo	1	semanal						
Fluoreto(2)	Superficial ou Subterrâneo	1	A cada 2 horas	Dispensada a análise					
Gosto e odor	Superficial	1	Trimestral	Dispensada a análise					
	Subterrâneo	1	Semestral	Dispensada a análise					
Cianotoxinas	Superficial	1	Semanal quando contagem de cianobactérias > 20.000 células/mL	Dispensada a análise					
Produtos secundários da desinfecção(3)	Superficial	Dispensada a análise		1(4)	4(4)	8(4)	Bimestral		
	Subterrâneo			1(4)	2(4)	3(4)	Anual	Semestral	Semestral
Acrilamida(5)	Superficial ou Subterrâneo	1	Mensal	1(6)	1(6)	1(6)	Mensal		
Epícloridrina(4)	Superficial ou Subterrâneo	1	Mensal	1(6)	1(6)	1(6)	Mensal		
Cloreto de Vínica(7)	Superficial ou Subterrâneo	1	Semestral	1	1	1	Semestral		
Demais parâmetros (8) (9)	Superficial ou Subterrâneo	1	Semestral	1(6)	1(6)	1(6)	Trimestral		

Fonte: Portaria nº 888 (2021).

**ANEXO B - TABELA DE NÚMERO MÍNIMO DE AMOSTRAS MENSAIS PARA
O CONTROLE DA QUALIDADE DA ÁGUA DE SISTEMA DE
ABASTECIMENTO, PARA FINS DE ANÁLISES BACTERIOLÓGICAS, EM
FUNÇÃO DA POPULAÇÃO ABASTECIDA.**

Parâmetro	Tipo de Manancial	Saída do Tratamento (Número de amostras por unidade de tratamento)	Sistema de distribuição (reservatórios e rede)						
			População abastecida						
			<5.000	5.000 a 10.000	10.000 a 50.000	50.000 a 80.000	80.000 a 130.000	130.000 a 250.000	250.000 a 340.000
Coliformes totais	Superficial	Duas amostras semanais	5	10	1 para cada 1.000 habitantes	25 + 1 para cada 2.000 habitantes	1 + 1 para cada 1.250 habitantes	40 + 1 para cada 2.000 habitantes	115 par 5.0 hab
	Subterrâneo	Semanal							

Fonte: Portaria n ° 888 (2021).

ANEXO C - TABELA DE NÚMERO MÍNIMO DE AMOSTRAS E FREQUÊNCIA MÍNIMA DE AMOSTRAGEM PARA O CONTROLE DA QUALIDADE DA ÁGUA DE SOLUÇÃO ALTERNATIVA COLETIVA, PARA FINS DE ANÁLISES FÍSICAS, QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS, EM FUNÇÃO DO TIPO DE MANANCIAL E DO PONTO DE AMOSTRAGEM.

Parâmetro	Tipo de manancial	Saída do tratamento	Número de amostras retiradas no ponto de consumo (para cada 1000 hab.)	Frequência de amostragem
Cor aparente, pH, coliformes totais e <i>Escherichia coli</i>	Superficial	1	1	Semanal
	Subterrâneo	1	1	Mensal
Turbidez	Superficial	1	1	Semanal
	Subterrâneo	1	1	Semanal na saída do tratamento Mensal no ponto de consumo
Residual de desinfetante(1)	Superficial ou Subterrâneo	1	1	Diário
Demais parâmetros	Superficial ou Subterrâneo -	1	-	Semestral

Fonte: Portaria nº 888 (2021).

ANEXO D - MÉTODOS DE ANÁLISES UTILIZADOS

Parâmetro	Método de Análise	Referência
Ferro	Método do Tiocianato	Análisis Del Agua. E. Merck. Darmstand. Alemanha. Pg. 114)
Manganês	Método da Formaldoxima	Adaptado de FRIES, J. GETROST, H. Organic Reagents for Trace Analysis, MERCK; 1977 pg. 236
Alumínio	Método de Eriocromocianina	Adaptado de Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22º Ed. 2012. 3500 B. 3-61
Zinco	Método Zincon	Adaptado de Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22º Ed. 2012. 3500 B. 3-102.
Cobre	Ditiocarbamato	Adaptado de Fries, J. Getrost, H. Organic reagents for Trace Analysis, 1977, pg. 138.
Cromo	Método Difenilcarbazida	Adaptado de Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22º Ed. 2012, 3500 B. 3-69 e Manual de Soluções, Reagentes e Solventes – Tóquio Morita.
Cloro	Baseia-se na metodologia DPD	adaptado de Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22º Ed. 2012. 4500 G. 4-69
Flúor	Método Spadns	Adaptado de: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22º Ed. 2012. 4500 D. 4 – 87. Método SPANDS. NBR 13737 – Água – Determinação de Fluoreto – Métodos Colorimétricos Spands, visual de alizarina e eletrodo de íon específico. MACÊDO, Jorge Antônio Barros de. Métodos Laboratoriais de Análises Físico-Químicas e Microbiológicas. 3ª Ed. Belo Horizonte/MG: Macedo; 2005. Pág. 108. Determinação de Fluoreto pelo método SPANDS Adaptado (APHA, 1995).
Nitrato	Método do N-(1-naftil)-etilenodiamina (NTD)	Método adaptado do Standard Methods 21ª ed. 4500 B, 4-118
Fosfato	Método Azul de molibdênio	Adaptado de: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22º Ed. 2012. 4500 B. 4-152. Digestão da amostra. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22º Ed. 2012. 4500 E 4-155. Método do Ácido Ascórbico. Filho. Davino, F. dos Santos. Tecnologia de Tratamento de Água. 1976, pg. 206. Método Colorimétrico – Azul de Molibdênio.
es totais/ <i>Escherichia</i>	COLILERT - Reagente IDEXX	Baseado na Tecnologia do Substrato Definido - Defined Substrate Technology (DST) de propriedade de IDEXX
Dureza	Método Titrimétrico EDTA	Standard Methods for. Examination of Water and Wastewater, 23ª ED., 2340C, p.1
Cloreto	Método Argentométrico (Método de Mohr)	Standard Methods: For Examination of Water and Wastewater, 210B and C, 16th Edition
Cor	Método Platina-Cobalto	Standard Methods for. Examination of Water and Wastewater, 23ª ED. 2120B, p. 1
Turbidez	Método Nefelométrico	Standard Methods for. Examination of Water and Wastewater, 23ª ED. 2130 B, p. 2

Fonte: Autor (2022).