



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO
AMBIENTE - PRODEMA

ISA BETTINA BEZERRA FURTADO BARROS

PARALISAÇÃO E DESPERDÍCIO: UM ESTUDO SOBRE A QUALIDADE DA
ÁGUA DE POÇOS INUTILIZADOS NO MUNICÍPIO DE ITAPIPOCA/CE

FORTALEZA

2019

ISA BETTINA BEZERRA FURTADO BARROS

PARALISAÇÃO E DESPERDÍCIO: UM ESTUDO SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA
DE POÇOS INUTILIZADOS NO MUNICÍPIO DE ITAPIPOCA/CE

Dissertação apresentada ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA da Universidade Federal do Ceará – UFC, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Área de concentração: Organização do Espaço e Desenvolvimento Sustentável.

Orientador: Prof. Dr. George Satander Sá Freire.

Coorientador: Prof. Dr. Fernando José Araújo da Silva.

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

B277p Barros, Isa Bettina Bezerra Furtado.

Paralisação e desperdício: um estudo sobre a qualidade da água de poços inutilizados no município de Itapipoca/CE / Isa Bettina Bezerra Furtado Barros. – 2019.

148 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Fortaleza, 2019.

Orientação: Prof. Dr. George Satander Sá Freire.

Coorientação: Prof. Dr. Fernando José Araújo da Silva.

1. Água subterrânea. 2. Recuperação de poços. 3. Dessalinização. 4. Qualidade da água.
I. Título.

CDD 333.7

ISA BETTINA BEZERRA FURTADO BARROS

PARALISAÇÃO E DESPERDÍCIO: UM ESTUDO SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA
DE POÇOS INUTILIZADOS NO MUNICÍPIO DE ITAPIPOCA/CE

Dissertação apresentada ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA da Universidade Federal do Ceará – UFC, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Área de concentração: Organização do Espaço e Desenvolvimento Sustentável.

Aprovado em: 29 / 11 / 2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. George Satander Sá Freire (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. João Capistrano de Abreu Neto
Universidade Estadual do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Fernando José Araújo da Silva (Coorientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Ao meu avô, Gustavo Rodrigues Furtado (*in
memorian*), de quem a ausência se faz sentir
todos os dias.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas bênçãos que tem depositado em minha vida.

À minha mãe, Elizabeth Furtado, por todo envolvimento e disponibilidade para participar de cada momento marcante da minha vida. Te amo!

Às minhas irmãs, Lia Barros e Camila Barros, pelo o apoio, incentivo e confiança que depositam em mim.

Ao meu noivo, João Bahia, pelo companheirismo e cumplicidade, deixando leve até os momentos mais desafiadores.

À minha amiga, Carolina Oliveira, pelo imensurável estímulo e preocupação, sem medir esforços para que todas as etapas desse trabalho obtivessem êxito. Muito obrigada, amiga!

Ao Presidente do Instituto de Meio Ambiente de Itapipoca – IMMI, Cândido Antônio Neto, a quem sou muito grata por todo o apoio e compreensão, sem a qual não teria sido possível concluir esse trabalho.

Ao meu orientador, Prof. Dr. George Satander de Sá Freire, por toda a disponibilidade, paciência e parceira durante o período de mestrado.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Fernando José Araújo da Silva, por todos os ensinamentos e paciência, sempre me acolhendo em meus momentos de angústia.

Ao Prof. Dr. João Capistrano de Abreu Neto pela disponibilidade em avaliar este trabalho.

Aos pesquisadores do Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada – LGMA, Rafael e Mário, pela essencial ajuda em campo.

Ao Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada – LGMA, em especial à Diolande Ferreira Gomes, pelo auxílio nas análises laboratoriais.

Aos professores do curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA da Universidade Federal do Ceará - UFC, que contribuíram incisivamente para minha formação.

À FUNCAP pela bolsa concedida.

RESUMO

O Estado do Ceará, devido à sua localização e clima, possui características bem específicas que afetam diretamente a disponibilidade hídrica na região. A elevada radiação solar incidente no Estado ressalta a necessidade de se realizar uma gestão integrada das águas superficiais e subterrâneas na região. Contudo, cadastros realizados pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) apontam a existência de, pelo menos, 89 poços sem uso no município de Itapipoca/CE. Porém, não são apresentados dados sobre os motivos que levaram a sua inutilização. Assim, diante da necessidade ao acesso à água que predomina no semiárido, o presente trabalho apresenta uma pesquisa sobre os principais motivos que levam os poços da região à paralisação e um estudo sobre a qualidade da água dos mesmos, visando identificar suas possibilidades de reativação e uso. Para tanto, foram analisados cadastros de poços perfurados no Estado, visitas técnicas e análises laboratoriais de amostras coletadas em 8 poços. Durante o estudo foi identificado que os principais motivos para paralisação apresentados pela população estão relacionados a problemas de manutenção, baixa vazão, entupimento (acidental ou proposital) e qualidade da água. Por fim, foi possível concluir que, apesar das amostras analisadas não atenderem aos padrões de potabilidade estabelecido pela Portaria de Consolidação nº 05/2017, o uso de tecnologias como dessalinização e alcalinização da água poderiam reativá-los.

Palavras-chave: Água subterrânea. Recuperação de poços. Dessalinização. Qualidade da água.

ABSTRACT

The State of Ceará, due to its location and climate, has very specific characteristics that directly affect water availability in the region. The high solar radiation incidence in the State highlights the need to carry out an integrated management of surface and groundwater in the region. However, registrations made by the Mineral Resources Research Company (CPRM) pointed to the existence of at least 89 unused wells in the municipality of Itapipoca/CE. However, they are not providing data on the reasons that led to its disabling. Thus, in view of the need for access to water that predominates in the semiarid region, the present work presents a research on the main reasons that lead the wells in the region to standstill and a study on their water quality, simplifying the need for reactivation and use. For this purpose, the records of the wells drilled in the State were analyzed, technical visits and laboratory analyzes of samples collected in 8 wells. During the study it was identified that the main reasons for stoppage informed by the population are related to maintenance problems, low flow, clogging (accidental or intentional) and water quality. Finally, it was possible to conclude that, although the analyzed samples do not meet the potability standards established by the Consolidation Ordinance n° 05/2017, the use of technologies such as desalination and water alkalization could reactivate them.

Keywords: Groundwater. Well recovery. Desalination. Water quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Média Pluviométrica Anual - Estado do Ceará.....	19
Figura 2 - Atuação das massas de ar no Brasil	21
Figura 3 - Nova delimitação do Semiárido	26
Figura 4 - Distribuição das bacias sedimentares e do escudo cristalino no semiárido	35
Figura 5 - Limites do município de Itapipoca.....	50
Figura 6 - Diagrama de Piper para os poços de Itapipoca/CE	76
Figura 7 - Diagrama do United States Salinity Laboratory (USSL) de qualidade da água para irrigação	96

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Anos de seca climatológica no Ceará.....	27
Tabela 2 - Métodos analíticos aplicados de acordo com APHA (2012)	61
Tabela 3 - Número de poços de acordo com a situação.....	64
Tabela 4 - Classificação das águas subterrâneas com base nos Sólidos Totais Dissolvidos.....	65
Tabela 5 - Relação entre situação e grau de salinidade dos poços.....	66
Tabela 6 - Valores mínimos e máximos de STD por situação do poço.....	67
Tabela 7 - Poços da região sertaneja de Itapipoca.....	69
Tabela 8 - Situação dos poços da região sertaneja de Itapipoca.	71
Tabela 9 - Poços paralisados da região sertaneja de Itapipoca.	72
Tabela 10 - Poços selecionados no município de Itapipoca/CE	74
Tabela 11 - Classificação iônica conforme o diagrama de Piper	75
Tabela 12 - Parâmetros físicos das amostras analisadas.....	77
Tabela 13 - pH das amostras analisadas.....	79
Tabela 14 - Resultado das análises laboratoriais para Alcalinidade, Cálcio, Magnésio e Dureza Total.....	80
Tabela 15 - Classificação das águas quanto à dureza, conforme Custódio & Llamas	80
Tabela 16 - Resultado das análises laboratoriais para parâmetros químicos.....	81
Tabela 17 - Padrões de qualidade da água para consumo humano, referentes aos parâmetros da Portaria da Consolidação nº5/2017	87
Tabela 18 - Resultados das análises físicas e químicas das amostras, referentes aos parâmetros da Portaria da Consolidação nº5/2017	87
Tabela 19 - Classificação e indicações de uso para águas de irrigação, segundo diagrama de UUSL	94
Tabela 20 - Resultados das análises físicas e químicas das amostras, referentes aos parâmetros relacionados a qualidade da água para irrigação	96
Tabela 21 - Classificação da água para irrigação pelo diagrama do United States Salinity Laboratory (USSL)	96
Tabela 22 - Tolerâncias das culturas quanto à salinidade.....	100
Tabela 23 - Padrões de qualidade da água para dessedentação de animais	102

Tabela 24 - Resultados das análises físicas e químicas das amostras, referentes aos parâmetros relacionados a qualidade da água para consumo animal	102
Tabela 25 - Salinidade da água para consumo animal	104
Tabela 26 - Níveis de tolerâncias de espécies animais ao magnésio (Mg) nas águas	106
Tabela 27 - Padrões não atendidos para cada uso preponderante	108

LISTA DE SIGLAS

Al	Alumínio
ANA	Agência Nacional de Águas
ASA	Articulação do Semiárido
Ca ⁺²	Cálcio
CAC	Cinturão das Águas do Ceará
CAGECE	Companhia de Água e Esgoto do Ceará
CE	Condutividade Elétrica
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
Cl ⁻	Cloreto
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONDEL	Conselho Deliberativo
CONERH	Conselho dos Recursos Hídricos do Ceará
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra a Seca
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ENEL	<i>Ente Nazionale per l'energia elétrica</i>
F ⁻	Fluoreto
Fe	Ferro Total
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
GS	Garantia Safra
HCO ₃ ⁻	Bicarbonato
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFOCS	Inspetoria Federal de Obras Contra a Seca
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
INSA	Instituto Nacional do Semiárido
IOCS	Inspetoria de Obras Contra a Seca
K ⁺	Potássio
LGMA	Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada
MDA	Ministério do desenvolvimento agrário
mEa	Massa Equatorial Atlântica
mEc	Massa Equatorial Continental

meq	Miliequivalentes
Mg ⁺²	Magnésio
MI	Ministério da Integração
mPa	Massa Polar Atlântica
MS	Ministério da Saúde
mTa	Massa Tropical Atlântica
mTc	Massa Tropical Continental
Na ⁺	Sódio
NH ₃	Amônia
NH _{3,4}	Nitrogênio Amoniacal Total
NO ₂ ⁻	Nitrito
NO ₃ ⁻	Nitrato
OMM	Organização Mundial de Meteorologia
OMS	Organização Mundial da Saúde
OSCIP	Organização da Sociedade Civil de Interesse Público
P1MC	Programa um milhão de cisternas
pH	Potencial Hidrogeniônico
PRONAF	Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar
PVC	Policloreto de Vinil
RAS	Razão de Adsorção de Sódio
SIAGAS	Sistema de Informações de Águas Subterrâneas
SISAR	Sistema Integrado de Saneamento Rural
SO ₄ ⁻²	Sulfato
SOHIDRA	Superintendência de Obras Hidráulicas (do Estado do Ceará)
SRH	Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará
STD	Sólidos Totais Dissolvidos
SUDENE	Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste
TSM	Temperatura da Superfície do mar
USSL	<i>United States Salinity Laboratory</i>
UTM	Universal Transversa de Mercator
VCAN	Vórtices Ciclônicos de Alto Nível
VMP	Valor Máximo Permitido
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS.....	17
2.1	Objetivo Geral.....	17
2.2	Objetivos Específicos	17
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	18
3.1	Influência do clima na disponibilidade hídrica no Estado do Ceará .	18
3.2	Episódios de seca e ações de controle.....	25
3.3	Captação e qualidade das águas subterrâneas.....	33
3.4	Salinidade da água e seus usos	41
4	REFERENCIAL METODOLÓGICO	48
4.1	Tipo de estudo.....	48
4.2	Caracterização da área de estudo	48
4.3	Caracterização da amostra	53
4.4	Natureza e fonte de dados	55
4.4.1	<i>Identificação dos poços.....</i>	55
4.4.2	<i>Caracterização dos poços – Visita Técnica</i>	56
4.4.3	<i>Coleta das amostras.....</i>	58
4.5	Análise de dados.....	59
4.5.1	<i>Identificação dos poços.....</i>	59
4.5.2	<i>Caracterização dos poços – Visita Técnica</i>	60
4.5.3	<i>Análise da qualidade da água</i>	60
4.5.3.1	<i>Análise laboratorial</i>	60
4.5.3.2	<i>Interpretação dos resultados das análises físicas e químicas.....</i>	61
5	RESULTADOS.....	64
5.1	Identificação dos poços da região sertaneja de Itapipoca/CE, segundo informações dos órgãos públicos.....	64
5.2	Caracterização dos poços da região sertaneja de Itapipoca/CE após visitas técnicas.....	68
5.3	Análise da qualidade da água.....	73
5.3.1	<i>Qualidade da água para consumo humano</i>	86
5.3.2	<i>Qualidade da água para irrigação</i>	92
5.3.3	<i>Qualidade da água para consumo animal.....</i>	101
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	107
	REFERÊNCIAS	111
	APÊNDICE A - FICHA TÉCNICA.....	120

APÊNDICE B – MAPA DOS POÇOS DE ITAPIPOCA	121
APÊNDICE C – NOVO CADASTRO DOS POÇOS ANALISADOS.....	122
APÊNDICE D – NOVO CADASTRO DOS POÇOS DE ITAPIPOCA (BARRENTO).....	124
APÊNDICE E – NOVO CADASTRO DOS POÇOS DE ITAPIPOCA (LAGOA DAS MERCÊS).....	129
APÊNDICE F – NOVO CADASTRO DOS POÇOS DE ITAPIPOCA (BELA VISTA).....	130
APÊNDICE G – NOVO CADASTRO DOS POÇOS DE ITAPIPOCA (MARINHEIROS).....	131
APÊNDICE H – NOVO CADASTRO DOS POÇOS DE ITAPIPOCA (CALUGI).....	132
APÊNDICE I – NOVO CADASTRO DOS POÇOS DE ITAPIPOCA (CRUXATI)	135
APÊNDICE J – NOVO CADASTRO DOS POÇOS DE ITAPIPOCA (ITAPIPOCA-SEDE).....	136
APÊNDICE K – NOVO CADASTRO DOS POÇOS DE ITAPIPOCA (DESERTO).....	140
APÊNDICE L – MEMORIAL FOTOGRÁFICO	144
ANEXO A – RESULTADOS DAS ANÁLISES LABORATORIAIS.....	148

1 INTRODUÇÃO

O Brasil, em consequência de sua vasta extensão territorial, de aproximadamente 8.516.000 km², possui em seus limites geográficos uma expressiva diversidade de espécies animais e vegetais, as quais estão agrupadas em seis biomas: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal. Cada um destes biomas apresenta características distintas que influenciam não somente em suas paisagens, como também em seu clima e, conseqüentemente, em seu índice pluviométrico.

Em decorrência de sua localização no globo, o Estado do Ceará, assim como grande parte do território nordestino brasileiro, está inserido no chamado Polígono das Secas. Essa região é caracterizada pelo clima semiárido próprio do bioma Caatinga, onde várias particularidades ambientais, em especial os prolongados períodos de estiagem, fragilizam seus ecossistemas naturais e suas estruturas sociais.

As repetidas crises hídricas que atingem o Estado estão relacionadas a irregularidade espacial e temporal das chuvas, onde, no geral, são concentradas em poucos meses do ano, de fevereiro a maio. Além disso, a elevada taxa evaporação na região dificulta o armazenamento de água entre os períodos chuvosos.

Diante deste cenário de escassez, importantes políticas públicas já foram implantadas na região buscando proporcionar à população, principalmente rural, condições de convivência com a seca. Entre as ações propostas e incentivadas pelo governo, destaca-se a política de acumulação de água em açudes, a qual é bastante difundida por todo o Estado.

Contudo, conforme dito anteriormente, os altos índices de evaporação que incidem sobre a região, da ordem de 2.500 mm ao ano, dificultam o armazenamento de água superficial, especialmente em pequenos açudes, sendo esses menos resistentes aos efeitos da seca prolongada (CIRILO, 2008).

Neste aspecto, é de essencial importância estudos e políticas de aproveitamento de água subterrânea na região. De acordo com Silva, Araújo e Souza (2007), apesar de a litologia dominante no Ceará se tratar de embasamento cristalino, que não favorece o acúmulo de água subterrânea em razão da alta resistência à

infiltração, a ocorrência de aquíferos fraturados possibilitam o acúmulo de água no subsolo do Estado. Esses reservatórios, quando feito um estudo geológico e da qualidade da água armazenada, podem ser considerados uma possível alternativa à convivência com a seca, já que diversos municípios cearenses podem dispor do recurso de maneira significativa (CPRM, 2000).

Apesar do potencial hídrico disponibilizado pelos aquíferos, a qualidade da água a ser captada merece cuidados especiais. Em geral, as águas subterrâneas, são menos expostas aos diversos agentes poluentes do que os mananciais superficiais, dificultando sua contaminação. No entanto, devido ao aumento na exploração deste recurso para atender as mais diversas atividades, se faz necessário um controle maior da qualidade da mesma. Além disso, outros fatores, como a destinação de efluentes e o uso de fertilizantes, podem comprometer a qualidade dessas águas, tornando-as impróprias para consumo humano.

O município de Itapipoca possui ao todo cerca de 181 poços cadastrados junto a Secretaria de Recursos Hídricos do Estado (SRH), a Superintendência de Obras Hidráulicas (SOHIDRA) e a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) (CPRM, 2018), distribuídos nos 1.614 km² do seu território. De acordo com esse cadastros, cerca de 89 poços estão classificados como não instalados, fechados, não utilizáveis ou abandonados, ou seja, não estão em atividade.

Em meio dos diversos episódios de crise hídrica, que atingem o Nordeste do país de forma cíclica, a necessidade de se encontrar fontes alternativas de abastecimento de água que participem da gestão integrada deste recurso é uma realidade, visto que as soluções estruturais implementadas ao longo dos anos revelam-se ainda insuficientes para suportar os índices pluviométricos abaixo da média. Neste cenário, a inativação de poços sem apresentação de motivos concretos dificulta a elaboração de políticas públicas, além de gerar custos com a implantação de novas alternativas para a questão da escassez desse recurso.

Diante do exposto, o estudo aqui proposto busca identificar os motivos para a paralisação dos poços no município e avaliar a qualidade da água dos mesmos, visando possibilidades de recuperação a partir de tecnologias de tratamento de água.

Além do exposto, considera-se que as informações levantadas e sintetizadas nesta dissertação serão uma ferramenta de elevada importância para uma gestão

racional dos recursos hídricos do município de Itapipoca, na medida que constata, mesmo quem um universo resumido, um panorama real e atual da situação de poços paralisados na região.

2 OBJETIVOS

2.1 *Objetivo Geral*

Realizar um panorama da situação atual dos poços públicos do município de Itapipoca/CE, observando a possibilidade de recuperação daqueles paralisados.

2.2 *Objetivos Específicos*

- Verificar a real situação de poços localizados na região sertaneja do município;
- Identificar os poços públicos desativados passíveis de recuperação;
- Analisar a qualidade da água de poços paralisados para os principais usos na região, com base em estudos científicos e legislações vigentes;
- Sugerir as formas de usos adequadas para cada poço, em decorrência da qualidade da água;

3 REVISÃO DE LITERATURA

Com o interesse de atingir o objetivo proposto neste estudo, se fez necessária uma pesquisa à literatura pertinente com vistas à fundamentação da investigação proposta. O resultado dessa pesquisa será brevemente apresentado, na sequência, em quatro tópicos: Influência do clima na disponibilidade hídrica no Estado do Ceará; Episódios de seca e ações de controle; Captação e qualidade das águas subterrâneas; e, Salinidade da água e seus usos.

3.1 Influência do clima na disponibilidade hídrica no Estado do Ceará

O Estado do Ceará é internacionalmente conhecido por suas belas praias, dias ensolarados e temperatura sempre elevada, ressaltando características decorrentes de sua localização no globo. Pertencente ao Nordeste brasileiro, área composta pelos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe, o Estado está localizado entre o trópico de Capricórnio e a linha do Equador, na Zona Tropical Sul do planeta, o que lhe garante uma incidência solar de maior intensidade durante todo o ano e altas taxas de evaporação.

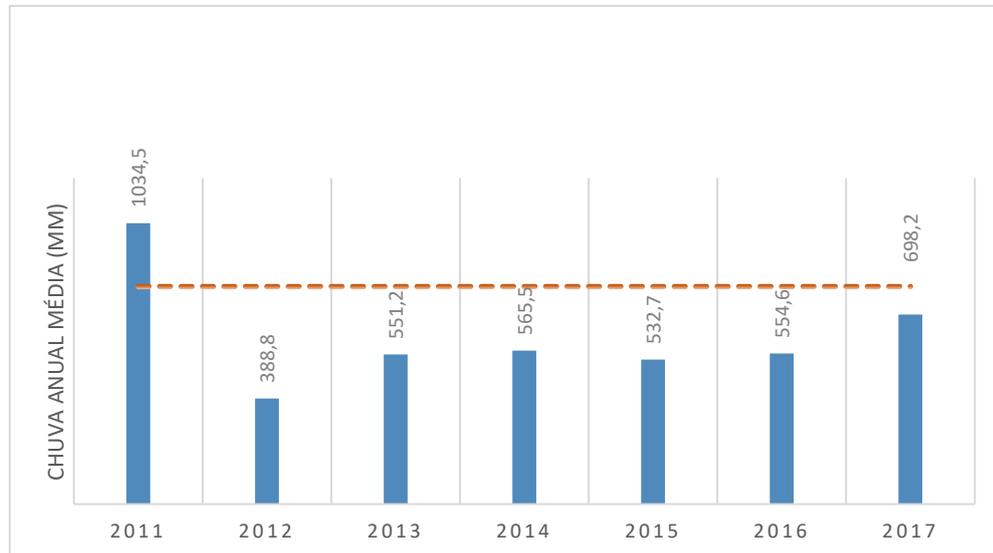
Segundo dados apresentados no Atlas Brasileiro de Energia Solar (PEREIRA et al., 2006), a média de radiação incidente no Nordeste varia de 1752 a 2190 kWh/m² por ano. Tal valor, quando comparado com outras regiões extremamente secas no mundo, como por exemplo o deserto do Saara, onde é possível encontrar valores da ordem de 2600 kWh/m² por ano, permite uma melhor percepção do quão forte é a incidência solar nessa área (ALDABÓ, 2002).

A temperatura mensal média na região Nordeste do Brasil também se mostra elevada e com pouca variação durante o ano, mesmo nos meses mais frios, com mínima variando em torno de 22°C, e máxima entre 30°C e 32°C em todos os estados que a compõe (INPE, 2018). Embora a temperatura apresente homogeneidade com pouca variação espacial e temporal, o mesmo não acontece em relação à pluviosidade.

Em 2012 iniciou-se o período de estiagem mais longo no Nordeste na série histórica, durando por seis anos consecutivos até 2017. No Estado do Ceará, a média pluviométrica, que em 2011 foi de 1034,5 mm, caiu para 388,8 mm em 2012, e seguiu

abaixo da normal climatológica¹ (800,6 mm) nos anos decorrentes, conforme apresentado na Figura 1 (FUNCEME, 2018).

Figura 1 - Média Pluviométrica Anual - Estado do Ceará



Fonte: FUNCEME, 2018.

No que tange a disponibilidade hídrica na região, vale salientar que o fato mais negativo das precipitações sobre o Nordeste não reside nos valores de suas médias pluviométricas, mas em sua distribuição. Um ano no qual os totais pluviométricos sobre uma região tenham sido em torno da normal climatológica pode, mesmo assim, representar um ano com severas restrições hídricas.

Dentre as características do regime de chuvas no Estado do Ceará, destacam-se a sazonalidade e a variabilidade intrasazonal. De acordo com dados da Funceme (2018), os quais consideram a normal climatológica como 800,6 mm, cerca de 75% do volume precipitado (600,6 mm) ocorre no período de fevereiro a maio, durante a quadra chuvosa. O restante da precipitação ocorre nos períodos de pré-estação chuvosa, entre novembro e janeiro, com cerca de 15% (120,0 mm), e no período seco, de junho a outubro, com 10% (80,0 mm).

Ademais, o regime de chuvas do Estado apresenta significativa variação espacial. Para o ano de 2017, as localidades com os maiores totais de precipitação anual localizavam-se nas bacias hidrográficas do Coreaú e da Região Metropolitana, com uma precipitação observada de 1132,4 mm e 1009,6 mm, respectivamente.

¹ Segundo a Organização Meteorológica Mundial (OMM), normais climatológicas são “valores médios calculados para um período relativamente longo e uniforme, compreendendo no mínimo três décadas consecutivas”.

Os menores totais de precipitação no referido ano ocorreram nas bacias hidrográficas do Alto Jaguaribe e dos Sertões de Crateús, apresentando, na devida ordem, precipitações de 468,3 mm e 426,4 mm (FUNCEME, 2018), o que mostra uma discrepância de quase 200%, entre os extremos.

A inconstância nas precipitações somadas as altas taxas de evaporação no Estado do Ceará, acarretam uma rápida diminuição da umidade do solo e em perdas significativas das reservas acumuladas. Tal cenário decorre do fato da média pluviométrica anual no Estado ser, em geral, muito baixa em relação as taxas de evapotranspiração da região, as quais se mantem entre 1334,3 mm, em Mulungu, e 2038,6 mm, em Quixeramobim (FUNCEME, 2014).

Como resultados de tais adversidades climáticas, são presenciados períodos frequentes de crises hídricas com sérias consequências socioeconômicas para a região, onde a agricultura de subsistência é ainda a base da economia, tornando a população rural bastante sensível a eventos extremos. Sendo assim, visando o uso eficiente dos limitados recursos hídricos da região, se faz necessário a compreensão do fenômeno das secas e de quais eventos esse resulta – com base na climatologia local e na circulação atmosférica da região, visto que a mesma se trata de um evento climático persistente.

Para Barra (2000), a seca consiste em um fenômeno climático onde a precipitação de uma região apresenta valores muito abaixo do normal para um determinado período. Sua gravidade, evidenciada pelos problemas resultantes de uma temporada de carência de recursos hídricos, como a perda das safras, a redução de rebanhos e o esvaziamento dos reservatórios de abastecimento da população, está diretamente relacionada com a intensidade e a duração dos períodos de estiagem.

Apesar de se tratar de um fenômeno natural, a seca apresenta algumas características distintas das demais catástrofes naturais, como cheias, furacões e terremotos. Essas últimas ocorrem de maneira repentina, iniciando e terminando de forma súbita, além de, em geral, se restringirem a uma pequena região. De maneira oposta, as secas apresentam normalmente um início lento, uma longa duração e abrangem uma extensa área, podendo ainda serem previstas com base em eventos climáticos locais e globais (FREITAS, 1998).

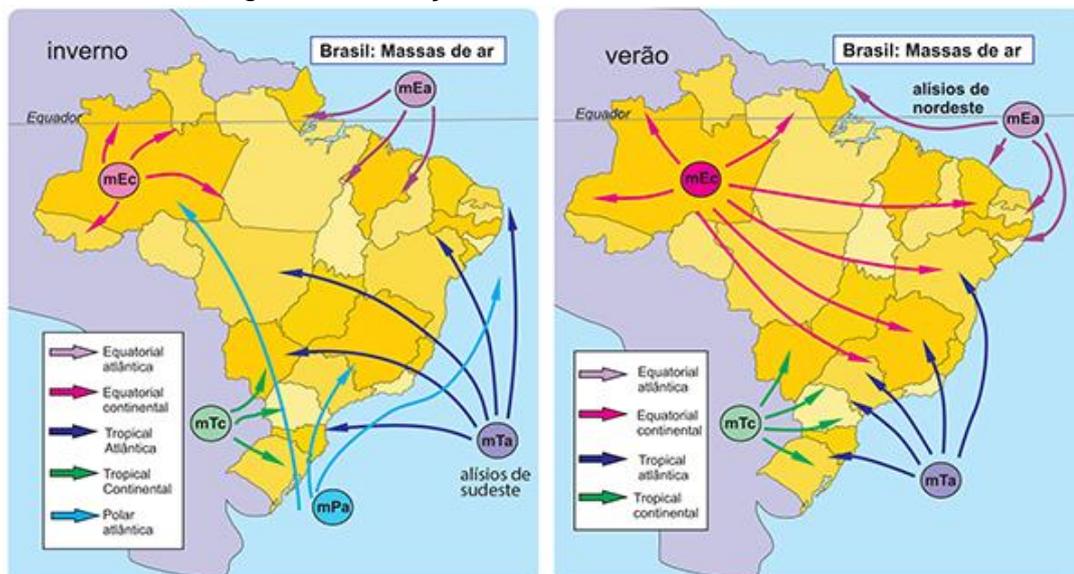
O Brasil, em decorrência de sua extensão continental, recebe influência, direta ou indiretamente, de todas as massas de ar responsáveis pelas condições climáticas na América do Sul (NIMER, 1989). No entanto, o clima no país é regido por cinco massas de ar distintas, sendo elas: a massa Equatorial continental (mEc), Equatorial atlântica (mEa), Tropical continental (mTc), Tropical atlântica (mTa) e a Polar atlântica (mPa).

Segundo Danni-Oliveira (2007), as massas de ar são “*uma porção da atmosfera, de extensão considerável, que possui características térmicas e higrométricas homogêneas*”. Tais características, como temperatura e umidade, estão relacionadas a sua área de formação. Assim, massas de ar quentes, em geral, se iniciam em regiões tropicais e as frias em regiões polares.

Quanto à umidade, massas de ar que se formam sobre mares e oceanos são úmidas, sendo as de origem continental, secas. A única exceção a esse caso é a massa Equatorial continental (mEc), pois, por se formar sobre a Amazônia, recebe uma elevada contribuição de umidade superficial por evapotranspiração (NIMER, 1989).

Embora denominadas de homogêneas, as massas de ar podem apresentar alterações durante seu deslocamento. O movimento dessas massas, ocasionado pelas diferenças de pressão e temperatura existentes na atmosfera terrestre, são responsáveis pela redistribuição de calor, umidade e momentum por todo o globo.

Figura 2 - Atuação das massas de ar no Brasil



Fonte: Ferreira, 2010.

Em face ao conhecimento de que o clima é um fenômeno dinâmico e interativo, é importante esclarecer as massas de ar não são, por si só, as únicas responsáveis pelas características climáticas de cada região.

As mudanças que ocorrem no clima durante o ano, e que marcam os diferentes períodos e estações, estão relacionadas as interferências que as massas de ar sofrem ao longo do mesmo, sendo essas sujeitas periodicamente a perturbações resultantes da interação com sistemas atmosféricos modificadores.

No Nordeste, diversos sistemas atmosféricos atuam na caracterização do clima da região, e conseqüentemente em seu índice pluviométrico. Segundo Ferreira (2005), em geral, oito mecanismos governam o regime de chuvas da região, dentre eles a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), tida como principal modulador da pluviometria do norte do Nordeste brasileiro.

A ZCIT é uma zona definida como um conjunto de nuvens formadas em baixas latitudes, acompanhando o Equador Térmico², como resultado da confluência dos ventos alísios³ do hemisfério Norte com os ventos alísios do hemisfério Sul. O posicionamento da ZCIT no globo terrestre determina o quão abundante ou deficiente serão as chuvas no setor norte do Nordeste do Brasil (FERREIRA, 2005).

O movimento realizado por esse conjunto de nuvens e sua intensidade são regulados principalmente pela Temperatura de Superfície do Mar (TSM). Quando a temperatura do Oceano Atlântico tropical se eleva, é formada uma camada de ar quente e úmido, a qual ascende pela ação da convergência dos ventos alísios, carregando umidade do oceano para os altos níveis da atmosfera e formando nuvens.

A desigualdade termodinâmica entre os dois hemisférios (Dipolo do Atlântico⁴), ocasionada pela maior retenção da radiação solar pelo hemisfério Norte, em detrimento de sua maior área continental em relação ao hemisfério Sul, propicia que a ZCIT permaneça uma maior parte do ano sobre as águas do Atlântico Norte.

² Área que “corresponde a isoterma de máxima temperatura do globo, que se forma sobre os oceanos próximo a linha do Equador, aprofundando-se sobre os continentes” (DANNI-OLIVEIRA, 2007).

³ Ventos alísios são uma corrente de ar constante, de características quente e úmida, que se deslocam dos Trópicos para o Equador, no sentido de leste para oeste (UVO, 1989).

⁴ Dipolo do Atlântico: diferença entre a anomalia da Temperatura da Superfície do Mar-TSM na Bacia do Oceano Atlântico Norte e Oceano Atlântico Sul. Dipolo positivo: águas do Oceano Atlântico Norte mais aquecidas que do Oceano Atlântico Sul (desfavorável a precipitações no Nordeste brasileiro). Dipolo negativo: águas do Oceano Atlântico Sul mais aquecidas que do Oceano Atlântico Norte (desfavorável a precipitações no Nordeste brasileiro) (DANNI-OLIVEIRA, 2007).

No entanto, como a radiação solar varia durante o ano, no mês de janeiro as águas do Atlântico Sul passam a receber uma maior radiação e, conseqüentemente, se apresentam mais aquecidas do que no Norte, modificando a posição da ZCIT para latitudes mais ao Sul (NIMER, 1989).

A ZCIT apresenta, em seus extremos, deslocamento em uma área entre os 10°N, em setembro, e os 5°S, em março (DANNI-OLIVEIRA, 2007). O movimento desta camada de nuvens de tempestade é o maior responsável pela a precipitação no semiárido Nordeste, o qual apresenta quadra chuvosa de fevereiro a maio. O retorno antecipado da ZCIT para suas posições mais ao norte, gera um ano seco no Nordeste do Brasil, já sua permanência em suas posições ao sul, proporcionam um ano chuvoso na região (UVO, 1989).

A circulação atmosférica sobre a região tropical, além de sofrer modificações decorrentes dos padrões termodinâmicos sobre a bacia do Oceano tanto Atlântico Tropical, em conformidade com o exposto, recebe influência também da TSM da bacia do Oceano Pacífico.

O aquecimento diferenciado do Oceano Pacífico, denominado como Oscilação Sul, provoca fenômeno de modificação na dinâmica da circulação atmosférica, o El Niño. Em consequência este fenômeno, alterações no regime de precipitações atmosféricas podem ser sentidas em diversas partes do globo, inclusive no Brasil.

Em anos de El Niño, os ventos alísios em baixas altitudes, que em anos normais conduzem a camada superior das águas do Oceano Pacífico para oeste, se apresentam enfraquecidos. Assim, a área de maior formação de nuvens passa a se concentrar no centro da bacia Pacífico. Desta forma, a Célula de Walker, que normalmente tem seu sentido ascendente sobre a superfície quente junto a costa oeste do Oceano Pacífico, passa a se apresentar bipartida, alterando toda a circulação atmosférica da região.

Com a Célula de Walker bipartida, o ar quente que ascende na região central é deslocado, originando em uma de suas células uma camada de ar descendente próximo à região Nordeste do Brasil e à Amazônia oriental. De acordo com a intensidade dessa célula de circulação, o ar proveniente de altos níveis da troposfera

inibe da formação de nuvens e a aproximação da ZCIT, podendo haver episódios de crise hídrica na região (DANNI-OLIVEIRA, 2007).

O Oceano Atlântico interfere ainda no clima da região Nordeste através da formação dos chamados Vórtices Ciclônicos em Altos Níveis (VCAN), sistema responsável por boa parte da variabilidade espacial e temporal da chuva no Nordeste brasileiro durante o verão austral (dezembro a março). Esse, refere-se a área onde os ventos nos níveis mais altos da atmosfera giram no sentido horário, formando uma circulação ciclônica fechada. No centro desses, há movimentação de cima para baixo do ar seco das altitudes mais elevadas, formando uma área de elevada pressão e inibindo a formação de nuvens. Em contraposição, nas bordas desse sistema, ocorre formação de nuvens produtoras de chuva. Ou seja, a presença de um VCAN está geralmente relacionada a episódios de chuvas intensas nas regiões localizadas sob a sua periferia, e a períodos mais secos nas localizadas sob o seu núcleo (PINHEIRO, 2015).

Outro sistema modificador do tempo no Nordeste brasileiro são as Linhas de Instabilidade. Localizadas ao sul da Linha do Equador, essas são formadas devido a eventos de intensa radiação solar incidente sobre a região tropical, principalmente nos meses de verão no hemisfério sul (dezembro a março), em zonas de baixa pressão. As mesmas são identificadas como um conjunto de nuvens dispostas de forma alinhada e causadoras de chuvas no período da tarde e início da noite (FUNCEME, 2002).

As frentes frias também possuem potencial modificador das condições atmosféricas na já referida região. Conforme Danni-Oliveira (2007), *“uma frente fria ocorre quando ar frio, mais denso e mais pesado, empurra o ar quente para cima e para frente, fazendo-o se retirar da área, tanto por elevação quanto por advecção”*. Assim, as Frentes Frias são sistemas que contribuem para a precipitação, pois elevam o ar quente e úmido, contribuindo para a formação de nuvens. Estas estão intimamente relacionadas as chuvas que atingem a costa oeste do nordeste brasileiro, no período de dezembro a janeiro, podendo influenciar até sua parte norte, atingindo o Estado do Ceará (PINHEIRO, 2015, *apud* KOUSKY, 1979).

Diante do exposto, é possível constatar a existência de inúmeras possibilidades de ocorrência de escassez pluviométrica e uma conseqüente crise hídrica, já que se trata de um fenômeno vinculado a toda uma dinâmica da atmosfera

global. Essa percepção, resultante do avanço de estudos climatológicos que envolvem o fenômeno das secas, possibilitou que a expressão “combate à seca” caísse em desuso. Sua substituição pela expressão “convívio com a seca”, além de retratar melhor a realidade do fenômeno, incita uma mudança nas estratégias e ações voltadas a essa problemática.

3.2 Episódios de seca e ações de controle

Diferente do que se possa imaginar, eventos extremos de escassez hídrica não ocorrem em todo o território nordestino, como também não se limita ao mesmo (Figura 3). Esses fenômenos são atribuídos as localidades inseridas na área do Semiárido brasileiro, anteriormente tratado por Polígono das Secas⁵. A referida área é caracterizada por apresentar clima seco, com poucas chuvas e elevada evapotranspiração.

A delimitação da área, hoje conhecida como a região semiárida, foi realizada pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (Sudene) baseada na Lei nº 7.827/89, a qual a define como *“região natural inserida na área de atuação da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste – Sudene, com precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior a 800 mm (oitocentos milímetros), definida em portaria daquela Autarquia”* (BRASIL, 1989).

Após sua criação, a região passou por três ampliações, em 1995 pela Portaria SUDENE nº 1.181; em 2005, pela Portaria MI nº 89; e, mais recentemente, em 2017, pela Resolução CONDEL nº 115.

Atualmente, seu território é formado por 1.262 municípios de 9 estados: Alagoas, Bahia, Ceará, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe. Com uma área de aproximadamente 1,13 milhão km², corresponde a cerca de 13,3% da área do País (BRASIL, 2018).

⁵ Conforme a Lei nº 1.348/51, que dispõe sobre a revisão dos limites da área do polígono das secas e revisa a Lei nº 175/36, a expressão Polígono das Secas refere-se a poligonal que limita a área dos Estados brasileiros sujeitos a períodos críticos de prolongada estiagem.

Figura 3 - Nova delimitação do Semiárido



Fonte: Sudene, 2017.

De acordo com a Resolução CONDEL nº 107/2017, a qual “*estabelece critérios técnicos e científicos para delimitação do Semiárido Brasileiro e procedimentos para revisão de sua abrangência*”, os critérios para inserção de um município na região semiárida são:

Art.2º - Estabelecer os seguintes critérios técnicos e científicos para delimitação do Semiárido:

I – Precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior a 800 mm;

II – Índice de Aridez de Thorntwaite igual ou inferior a 0,50;
 III – Percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60%, considerando todos os dias do ano.

§ 1º - São considerados aptos para inclusão no Semiárido os municípios da área de atuação da Sudene que alcancem pelo menos um dos critérios elencados nos incisos I, II e III em qualquer porção de seu território (CONDEL, 2017).

A inserção de um município ao Semiárido, possibilita ao mesmo contar com apoio federal para acesso a investimentos com condições mais favoráveis, incentivando a geração de emprego e renda e apoio em ações emergenciais para convívio com a seca.

Conforme o “Manual de Desastres: desastres naturais” (CASTRO, 2003), existe uma diferença entre os fenômenos estiagem e seca. Para o autor, episódios de estiagem ocorrem quando há uma redução das precipitações pluviométricas (precipitação média da quadra chuvosa inferior a 60% da normal climatológica), um atraso de pelo menos 15 dias no início da temporada chuvosa ou ainda a ausência de chuvas previstas para a temporada. Já a seca é definida pelo mesmo como uma estiagem prolongada, reconhecida como capaz de provocar uma redução duradoura das reservas hídricas existentes.

O Estado do Ceará possui 98,7% de seu território inserido na região semiárida do país, com a presença de 175 dos seus 184 municípios (IPECE, 2018). Na série histórica disponível pela Funceme, que tem início em 1973, o Estado apresentou 16 anos de seca climatológica⁶, em seu território.

Tabela 1 - Anos de seca climatológica no Ceará

ANO	PRECIPITAÇÃO MÉDIA DA QUADRA CHUVOSA (mm)
1979	428,9
1981	488,5
1982	477,8
1983	307,9
1990	426,8

⁶ Segundo Campos (1997) seca climatológica refere-se àquela decorrente de um índice de pluviosidade baixo em relação à normal climatológica da área.

1992	444,1
1993	289,3
1998	241,5
2001	442,9
2005	444,9
2010	302,3
2012	302,5
2013	364,4
2014	460,2
2015	418,7
2016	327,3

Fonte: FUNCEME, 2018.

Apesar dos volumes precipitados na série histórica disponível pela Funceme iniciarem em 1973, outros registros de importantes períodos de seca no Nordeste aconteceram anteriormente, como a seca de 1915 e 1932, as quais resultaram na morte de 100 mil e 60 mil cearenses (VILLA, 2000), respectivamente, resultante da política de isolamento dos miseráveis.

O primeiro registro histórico de seca nesse território é de 1583, pelo padre jesuíta Fernão Cardim. No entanto, até o desastre ocorrido pela seca de 1877, os episódios de escassez prolongada não eram considerados como problemas nacionais, sendo muitas vezes associados à ociosidade da população local (CAMPOS, 2014).

O longo período de insuficiência hídrica que atingiu o Nordeste em 1877, e perdurou por 3 anos consecutivos, até 1879, ficou conhecido como a Grande Seca, conforme citado anteriormente. Essa denominação faz jus a uma das piores secas já registradas no Brasil, atingindo todos os Estados que compõem a região do atual semiárido.

De todos as regiões afetadas, o Ceará foi a que mais sofreu durante o período de escassez, resultando na morte de aproximadamente 200 mil cearenses, e na migração de muitos outros para a Amazônia (POMPONET, 2009). Com uma economia muito dependente do setor agrário, a população sertaneja se mostrava muito vulnerável aos déficits de precipitação da região.

A partir dessa Grande Seca, soluções práticas foram realizadas na busca de mitigar o sofrimento da população que sucumbia àquela situação de fome e miséria. Inicialmente, foram executadas ações de menores impactos, caracterizadas por intervenções frágeis e pontuais, o que não viabilizou uma resistência ao processo das secas. Este período teve como marco a construção do açude do Cedro, localizado em Quixadá e primeiro açude do Estado do Ceará, em 1906 (CIRILO, 2008).

Somente em 1909, com a criação da Inspetoria de Obras conta a Seca (IOCS)⁷, é que iniciaram ações mais contundentes no “combate” a seca. Neste período foram estimuladas ações que visavam o fornecimento de água para a população nordestina. Tal objetivo partia do pressuposto de que no Nordeste havia uma irregularidade de chuvas, mas ainda assim existiam precipitações, inferindo a problemática das secas na região como uma questão de armazenamento desta água para períodos mais secos (PESSOA, 2004).

Grande porção dos rios do Nordeste são intermitentes, com duração somente em períodos de chuvas e cheias, podendo permanecer seco por mais de um ano em decorrência das elevadas taxas de evaporação na região. Desta forma, o desenvolvimento das cidades, principalmente nas regiões mais afastadas da costa e mais áridas, era minado pela impossibilidade de irrigação das culturas e do estabelecimento de indústrias.

Como solução para o cenário de miséria em que viviam os flagelados da seca, iniciou uma fase de políticas públicas no semiárido que buscavam uma solução a partir da realização de obras hidráulicas, como a construção de açudes. A opção pela construção desses, em diversas proporções, surgiu diante da necessidade de menores recursos financeiros e tecnológicos se comparados a outra solução proposta na época: a transposição das águas do São Francisco, a qual ficou em segundo plano (CAMPOS, 2014).

A construção de açudes, apesar de não findar a problemática da seca, se mostrou bastante eficaz durante o longo dos anos, sendo uma ação implantada ainda nos dias atuais. No Ceará a principal fonte de abastecimento de água para a população é feita a partir de açudes. São mais de 155 açudes abastecendo a

⁷ Em 1909, foi criada a Inspetoria de Obras Contra as Secas (IOCS), que anos depois se transformou em Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas (IFOCS) e, finalmente, em 1945, em Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS). (KHAN *et al.*, 2005)

população dos 184 municípios do Estado. No entanto, o armazenamento de águas superficiais, diante de suas grandes áreas e baixas profundidades, estão sujeitos a uma perda considerável de volume em função dos altos índices de evaporação que incidem sobre o território, da ordem de 2.500 mm ao ano (CIRILO, 2008).

Além da política de açudagem, durante a primeira metade do século XX, uma série de outras obras de infraestrutura foram realizadas na região, como a construção de estradas e a perfuração de poços, de forma a proporcionar um apoio para que a agricultura suportasse os períodos de seca.

Nesta concepção, o aproveitamento da água subterrânea, a qual não possui interferência dos índices de evaporação local, foi de essencial importância, funcionando de forma complementar ao abastecimento realizado por açudes. De acordo com Silva, Araújo e Souza (2007), apesar de a litologia dominante no Ceará se tratar de embasamento cristalino, que não favorece o acúmulo de água subterrânea em razão da alta resistência à infiltração, a ocorrência de aquíferos fraturados possibilitam o acúmulo da água no subsolo do Estado. Estes reservatórios, quando feito um estudo geológico e da qualidade da água armazenada, podem ser considerados uma possibilidade alternativa à convivência com a seca, já que diversos municípios cearenses podem dispor do recurso de maneira significativa (CPRM, 2000).

Durante esse período, criou-se uma segurança na oferta de água potável para população rural, melhorando consideravelmente as condições de subsistência da mesma, além de garantir formas de escoamento dos produtos e o fluxo de pessoas. Conforme Campos (2014), a partir dessas ações de maior escala, a frequência de desastres e mortandades de pessoas e animais em virtude de secas hidrológicas reduziu significativamente, apesar da persistência das secas agrícolas.

Com o avanço das políticas públicas, houveram também a estruturação de órgãos que atuavam na região. Além do já prefalado Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), antiga Inspetoria de Obras contra as Secas (IOCS), em 1951, surgiu a Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), cujo objetivo era promover e coordenar o desenvolvimento da região. Sua instituição envolveu, antes de mais nada, a definição do espaço que passaria a ser objeto de suas ações, ou seja, a delimitação do semiárido. Essa foi extinta em 2001, devido a

irregularidades encontradas em seus projetos, sendo novamente e reaberta em 2008 (TRAVASSOS et al., 2013).

Apesar da redução dos impactos resultantes das secas, os sucessivos episódios de escassez hídrica que seguiram do século XX até os dias atuais, continuaram a atingir a população do semiárido, principalmente aquelas instaladas de forma difusa nos sertões. Sendo assim, outras importantes políticas públicas foram implantadas no Estado nos anos decorrentes, visando proporcionar à população condições de convivência com a seca.

Neste cenário, em 2000, surgiu o Programa um Milhão de Cisternas (P1MC). Promovido pela Articulação do Semiárido (ASA)⁸, o programa recebeu apoio do Governo Federal em 2003, se tornando então uma política pública. Como objetivo, o P1MC busca universalizar o acesso à água potável, sob o escopo de melhorar as condições de vida e, sobretudo, a saúde da população que vive no semiárido brasileiro (ASA, 2017).

Conforme Cirilo (2008), uma cisterna completamente cheia possui uma capacidade de acumulação de 7 a 15 m³. Dependendo da pluviometria da quadra chuvosa, essas podem suprir a necessidade de água de uma família por até 300 dias, com uma oferta de 50 litros diários. Embora o P1MC já tenha alcançado mais de 1,5 milhões de pessoas, com a construção de 430 mil cisternas (ASA, 2017), a quantidade de cisternas ainda é ínfima, quando comparada à necessidade da população rural.

Obras de transferência de água também marcaram como forma de política de abastecimento de água. A exemplo disso, o Estado do Ceará possui o Eixão das Águas, uma das maiores obras de transferência de água do país, e que busca garantir segurança hídrica a região metropolitana de Fortaleza através da transposição das águas do Açude Castanhão, reforçando o abastecimento na região. Outra obra é o Cinturão das Águas do Ceará (CAC), que visa distribuir as águas do Rio São Francisco, quando concluído o processo de transposição, no interior do Ceará (CEARÁ, 2018).

⁸ A Articulação do Semiárido (ASA) é uma rede formada por mais de três mil organizações da sociedade civil de distintas naturezas (sindicatos rurais, associações de agricultores e agricultoras, cooperativas, ONG's, Oscip, etc.) que defende, propaga e põe em prática, o projeto político da convivência com o Semiárido. (ASA, 2018).

Diante das inúmeras denúncias realizadas por pesquisadores que estudam o fenômeno da seca, denominada por muitos como a “indústria da seca”, compreende-se que o problema da seca não é unicamente climático, possuindo também um caráter político e econômico, o que resulta em um sistema complexo a ser superado até ser alcançado um padrão de convivência sustentável com esse fenômeno. Assim, somadas as políticas de infraestrutura, as políticas sociais e assistencialistas também possuem uma função essencial para a população que convive com a seca. Dentre tais programas, vale citar o Bolsa Família, o Água para Todos e o Seguro Safra.

O Bolsa Família é um programa de transferência direta de renda, com condicionantes, criado em 2003, e que desde 2011 faz parte do Plano Brasil Sem Miséria. O programa busca beneficiar famílias em situação de pobreza e de extrema pobreza, assegurando o direito humano básico a alimentação adequada. Em 2018, o Bolsa Família atendeu a 13,9 milhões de famílias, muitas delas residentes do semiárido (BRASIL, 2018).

O Programa Água para Todos, assim como o Bolsa Família, visa garantir segurança alimentar e nutricional para famílias que vivem em situação de vulnerabilidade social. O principal objetivo desse programa é garantir acesso a água às populações residentes do Semiárido. As ações realizadas contemplam a instalação de cisternas de consumo (uma por família); construção de sistemas coletivos de abastecimento, para atendimento a comunidades; e; kits de irrigação (BRASIL, 2018).

Já o Programa Seguro Safra, criado em 2001 em decorrência de uma proposta do Governo do Estado do Ceará, busca garantir a pequenos agricultores em anos de seca, um auxílio em casos de perdas de safras decorrentes de secas. Atualmente, o Ministério do Desenvolvimento Agrário executa a ação Garantia-Safra (GS) no âmbito do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf), destinado aos agricultores residentes na área de atuação da Sudene (CAMPOS, 2014).

Em conformidade com o exposto, ao longo de mais de um século de ações voltadas para a escassez prolongada no Nordeste, a cada nova seca ainda existem populações com dificuldade de acesso a água. Nesses casos, o Governo do Estado realiza ações emergenciais, como a instalação e manutenção de adutoras, a perfuração de novos poços e as operações com carros pipas (CEARÁ, 2015).

No entanto, o que se nota ao longo do tempo é que parte das intervenções realizadas no semiárido, encontram-se atualmente sem abastecer a população. Este é o caso de inúmeros poços perfurados no interior do Ceará. Segundo Silva (2014), até 2003, cerca de 30% dos poços do Estado estavam desativados ou abandonados. Além destes, outros tantos possuem sua situação definida pela CPRM como não instalados ou fechados.

Diante da complexidade da questão da convivência com a seca, o cenário da ausência de funcionamento de tais obras, principalmente por motivo de qualidade da água, possui um impacto enorme na vida da população rural, visto que muitas vezes se trata da fonte de abastecimento mais próxima da comunidade e que existem formas de recuperação dos mesmos.

3.3 Captação e qualidade das águas subterrâneas

A hidrologia do semiárido nordestino é marcada por fatores climáticos específicos que alteram o regime pluviométrico e o armazenamento dos recursos hídricos na região, consoante ao que foi discutido anteriormente. No entanto, além das condições climáticas as quais está submetido, o semiárido possui dependência direta com a estrutura geológica da região, que, conforme Silva (*et al.* 2010), apresenta comportamento hidrológico distinto em duas grandes unidades estruturais principais, o embasamento cristalino e as bacias sedimentares. Essas duas classificações referem-se a tipos de terrenos diferentes com características próprias, de acordo com sua composição.

As bacias sedimentares são formadas por partículas de rochas degradadas através do processo de erosão e intemperismo, que foram depositadas ao longo das eras geológicas nas regiões mais baixas da superfície terrestre. Em conformidade com seu processo de formação, que lhe garante um índice maior de vazios, esse tipo de bacia possui uma alta capacidade de infiltração, resultando em uma boa drenagem natural e um baixo escoamento superficial. Logo, os solos nesta estrutura, que geralmente são profundos (superiores a 2m, podendo ultrapassar 6m), apresentam aquíferos mais volumosos (SUASSUNA, 2007).

O aproveitamento das águas subterrâneas em regiões de sedimento pouco consolidados apresentam vantagens em relação ao cristalino, como a facilidade de escavação e perfuração de poços; baixa profundidade do nível das águas

subterrâneas, evitando grande recalques no bombeamento da mesma; e, facilidade de recarga do aquífero (FEITOSA *et al.*, 2008).

Em contraposição às bacias sedimentares, o embasamento cristalino não se mostra como um depósito favorável a formação de aquíferos volumosos. Essa estrutura geológica é formada por rochas ígneas e metamórficas de idade pré-cambriana, o que lhe garante solos, em geral, rasos (cerca de 0,60m) e com baixa capacidade de infiltração, desencadeando um alto escoamento superficial e uma reduzida drenagem natural (SUASSUNA, 2007).

Ainda que possua estrutura densa e de permeabilidade desprezível, em regiões do cristalino é possível haver a exploração de águas subterrâneas. Os aquíferos são formados em virtude de sua porosidade secundária, a partir de falhas, fendas e fraturas das rochas cristalinas, produzidas por variações nas condições de tensão (FEITOSA *et al.*, 2008). Assim, além de não possuir grande capacidade de armazenamento de água, os aquíferos dessa área caracterizam-se por sua forma descontínua.

Apesar da dificuldade na exploração de aquíferos subterrâneos no cristalino, com a inexistência de lençóis expressivos, suas características naturais são favoráveis ao armazenamento de águas superficialmente através da construção de açudes (AUDRY, 1995). Essa realidade ocorre de forma inversa em áreas de bacias sedimentares, onde há uma pequena frequência de rios, mas que tem sua ausência compensada pelo elevado potencial das águas subterrâneas (DE SOUSA *et al.*, 1992).

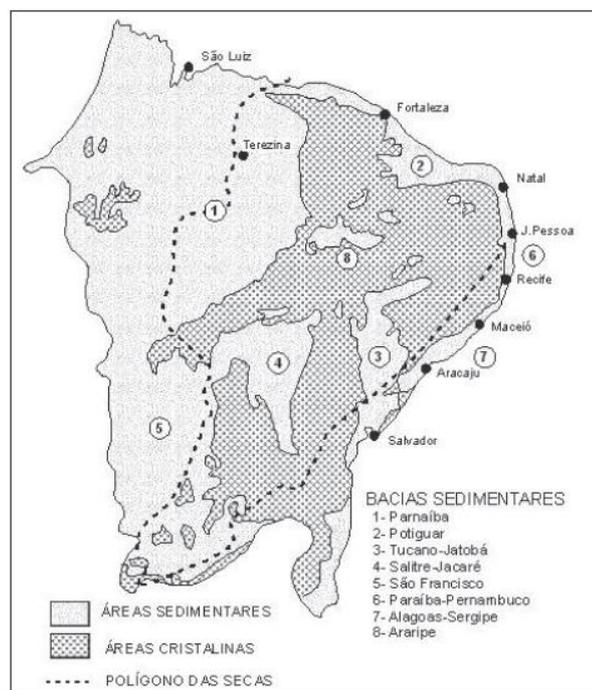
Diante das diferenças entre os dois tipos de estrutura geológica, é importante observar a forma como essas estão distribuídas no território do semiárido nordestino para compreender a realidade hidrológica da região.

Apesar da capacidade de armazenar volumes significativos de água em seus aquíferos porosos, as bacias sedimentares no semiárido estão localizadas de forma espaçadas (Figura 4), com uma distribuição desigual de seus volumes. Além disso, essas se apresentam de forma mais reduzida no território nordestino se comparada ao embasamento cristalino, que corresponde a 60% da superfície do mesmo (ANA, 2012).

Essa configuração geológica do semiárido resulta em uma série de consequências para a hidrologia da região. O escudo cristalino, presente em uma área mais extensa, em decorrência de sua consolidação, possui uma rede hidrográfica densa. No entanto, os rios são de regime intermitente, dependentes dos períodos chuvosos.

Independente das características geológicas, a situação de déficit hídrico da região requer que todas as fontes de recursos hídricos disponíveis sejam utilizadas. Assim, o emprego de poços como fonte de abastecimento de água surgiu como uma alternativa a mais para a segurança hídrica do Nordeste. A perfuração dos mesmos, que teve início com a instalação da Corte Portuguesa no Brasil, se multiplicou com o passar dos anos, principalmente após a criação da Sudene (1959). Até 2015, o semiárido nordestino possuía mais de 200 mil poços perfurados (BRASIL, 2015), tanto em áreas de bacias sedimentares quanto no escudo cristalino.

Figura 4 - Distribuição das bacias sedimentares e do escudo cristalino no semiárido



Fonte: Demetrio *et al.*, 2007.

Quando se refere ao aproveitamento da água subterrânea sob embasamento cristalino, o aquífero a ser explorado pode ser de dois tipos: aquífero fraturado ou aquífero cárstico. Em aquíferos fraturados, o potencial do recurso hídrico

está relacionado à quantidade de fraturas e descontinuidades existentes no maciço rochoso. Neste caso, os poços são, em geral, pouco produtivos, possuindo sua eficácia dependente do tamanho da fratura interceptada e se a mesma é capaz de conduzir água (SÃO PAULO, 2015).

No caso dos aquíferos cársticos são um tipo de aquífero fraturado que ocorrem em rochas carbonáticas devido à dissolução do carbonato pela água. Esses aquíferos não possuem seu tamanho limitado pela rocha, podendo formar aberturas com considerável capacidade de armazenamento (SÃO PAULO, 2015).

Em casos onde o aproveitamento se dê em rochas sedimentares, os reservatórios subterrâneos são denominados aquíferos porosos. Esses são caracterizados pelo grande volume de água que armazenam em seus vazios e por sua ocorrência em grandes áreas (SÃO PAULO, 2015).

A natureza dos diferentes tipos de formações aquíferas, implica em desigualdades tanto no projeto, quanto no processo de construção dos poços utilizados para extrair água dos mananciais subterrâneos. Assim, existem também alguns tipos de poços com características distintas.

Para Rebouças (1998), as primeiras formas de captação de água subterrânea no Brasil, nos primórdios da colonização, estavam relacionadas a construção de fontes e poços escavados. Estes são identificados pelo autor como cacimbões, caracterizado por seus diâmetros que variam de 1 a 3 m, e seu revestimento de alvenaria.

Apesar de ter se popularizado no Período Colonial (1500-1822), o uso de cacimbões persistiu até a década de 1990 no semiárido, sendo identificado também por cacimba. Estes são escavados manualmente de forma a captar água do lençol freático (REBOUÇAS, 1998).

Com o avanço tecnológico, iniciou a perfuração de poços tubulares profundos a partir de processos e equipamentos similares aos utilizados na exploração de petróleo, como sondas perfuratrizes rotopneumáticas. Dentre os poços tubulares profundos, existem duas classificações que se referem a pressão no interior do aquífero.

Poços artesianos são identificados como aqueles que possuem pressão interna superior a pressão atmosférica, sendo conhecidos também como poços jorrantes. Já os poços que não possuem essa característica, são denominados poços semi-artesianos (CAPUCCI, 2001).

No geral, a exploração das águas subterrâneas possui vantagens quando comparado a mananciais superficiais. Essas, na maioria das vezes provenientes de poços, apresentam menores potenciais de contaminação por fatores biológicos e químicos do que os mananciais superficiais, já que as mesmas não ficam expostas aos diversos agentes poluentes. Isso ocorre em decorrência de sua localização, no subsolo, sob uma zona de material rochoso não-saturado ou camadas rochosas pouco permeáveis, dificultando a propagação de contaminantes dispostos na superfície.

Quando captadas de forma adequada, a qualidade da água geralmente é boa, não necessitando passar pelo processo de clarificação, tratamento ou purificação, já que o próprio subsolo proporciona os processos de filtração e depuração garantindo um alto nível de purificação e potabilidade às águas subterrâneas (CAPUCCI, 2001).

Outra vantagem no uso da água subterrânea é que os aquíferos não sofrem processos de assoreamento, nem perdem grandes volumes de água por evaporação, um fator importante para a gestão hídrica no semiárido (CAPUCCI, 2001). Além disso, o uso de poços para abastecimento reduz os custos com adução, o que favorece a utilização desta tecnologia para abastecimento de comunidades rurais mais afastadas.

Apesar das vantagens citadas, a exploração de aquífero deve ser realizada de forma cautelosa, já que, quando contaminados, o dano ambiental pode tomar grandes proporções e ter sua recuperação bastante dispendiosa, quando possível. Ademais, a renovação do aquífero é lenta e, em caso de poluição, a deterioração da água pode continuar se manifestando por anos após cessar a fonte de contaminação (MOTTA, 2015).

A contaminação das águas subterrâneas está relacionada a atividades na superfície que lançam substâncias que degradam as águas no lençol freático. Os principais fatores que contribuem para a contaminação das águas subterrâneas estão

relacionados a esgotos domésticos e industriais, principalmente em virtude do pequeno índice de esgotamento sanitário; uso de fertilizantes na agricultura; depósitos de lixo; e, necrochorume provenientes de cemitérios.

Conforme dados do Instituto Nacional do Semiárido – INSA (BRASIL, 2014), das 14 milhões de pessoas residentes em áreas urbanas dos 1.135 municípios do Semiárido brasileiro, cerca de 10,9 milhões não dispõem do serviço de coleta de esgoto, tendo como destino dos dejetos gerados fossas, sumidouros, valas a céu aberto ou mesmo lançamento direto em corpos hídricos. No estado do Ceará, considerando apenas as sedes municipais atendidas por coleta de esgoto, apenas 34% da população residente em áreas urbanas são contempladas por esse serviço (IBGE, 2016).

Este cenário de baixo percentual de esgotamento sanitário representa um risco direto à potabilidade das águas subterrâneas diante da possibilidade de infiltração de efluentes por fossas sépticas. Assim, a qualidade microbiológica da água subterrânea está diretamente relacionada ao índice de esgotamento sanitário, onde as regiões que possuíam menor índice de esgotamento apresentam maior taxa de contaminação (COSTA *et al.*, 2012).

A má construção de captações subterrâneas, ainda que se constitua em causa secundária, diferentemente das demais fontes apresentadas anteriormente, também contribui para a contaminação de aquíferos. Quando não são adotadas medidas de proteção dos aquíferos durante a fase de perfuração e operação, os poços funcionam como meio de ingresso de contaminantes.

Assim, tanto na etapa de projeto, como na construção e na operação, é necessário que seja adotada uma política de proteção ao meio em que se localiza o poço tubular profundo, respeitando a delimitação do perímetro de proteção sanitária no entorno dos poços, o equilíbrio regional do aquífero quanto às recargas e descargas e as condições e limites estipulados no ato de outorga emitido pelo poder público (SÃO PAULO, 2015).

O grande número de poços perfurados, somados a falta de fiscalização do processo de construção e operação, de estudos hidrogeológicos básicos, de uma rede de monitoramento e de banco de dados consistentes, também exercem influência diretamente no resultado do poço e em sua vida útil, inviabilizando, muitas vezes, o

aproveitamento da água subterrânea naquele local (CAPUCCI, 2001). A exploração excessiva através da remoção de água, sem respeitar as características e a capacidade de recarga do aquífero, pode exauri-lo, causar abatimento no nível do terreno e prejudicar a qualidade da água.

As águas poluídas podem ser fontes de transmissão de diversas doenças, principalmente causadas por organismos patogênicos provenientes de fezes de humanos e animais. Desta forma, quando se trata da exploração das águas subterrâneas, uma série de cuidados devem ser considerados para garantir segurança ao consumidor e evitar possíveis impactos ambientais.

Para que a água a ser consumida pela população tenha sua qualidade assegurada, é necessário que a mesma seja classificada como potável. Tal classificação é determinada após a realização de análises laboratoriais que garantam que os parâmetros físico-químicas e microbiológicos estão em conformidade com os padrões de potabilidade para consumo humano estabelecidos nas normas vigentes do país.

No Brasil, as legislações vigentes que tratam de potabilidade da água para consumo humano e de águas subterrâneas são, respectivamente, a Portaria de Consolidação nº5, de 28 de setembro de 2017, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017) e a Resolução nº 396, de 3 de abril de 2008, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (BRASIL, 2008). Na Portaria de Consolidação nº5 alguns parâmetros físico-químicos, microbiológicos e organolépticos são adotados para avaliação da qualidade da água. Ademais, a mesma dispõe ainda sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano.

Enquanto a Portaria de Consolidação nº5/2017, estabelece parâmetros de potabilidade de água independente de sua fonte, a Resolução nº 396/2008 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento específico das águas subterrâneas.

Ambas as legislações supracitadas apresentam padrões de substâncias químicas, as quais são utilizadas como indicadores de contaminação. Em concordância com Alves (2010), para o consumo das águas subterrâneas, é recomendado um monitoramento onde *“deve ser avaliado parâmetros referentes à cor, turbidez, pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, alcalinidade,*

dureza e alguns íons (carbonatos, bicarbonatos, cloretos, sulfatos, nitritos, nitratos, cálcio, magnésio, sódio, potássio e ferro)”, e coliformes.

Segundo Motta (2015), a contaminação por microrganismos de origem fecal é uma das principais e mais frequentes fontes de poluição da água. De acordo com a Portaria de Consolidação nº5/2017, águas em condições de potabilidade devem ser estar livre de bactérias indicadoras de contaminação fecal. Para isso, indicadores microbiológicos têm sido utilizados para verificar a existência de poluição fecal, sendo a bactéria *Escherichia coli* o microrganismo indicador de contaminação fecal mais utilizado no mundo. No entanto, esse não se trata do único indicador, algumas substâncias químicas, como os compostos nitrogenados e os cloretos, também indicam contaminação da água por matéria orgânica (COSTA *et al.*, 2012).

A presença de sólidos totais dissolvidos (STD) na água, representa a presença de impurezas solúveis na água, onde seu excesso pode alterar o gosto da água e gerar problemas de corrosão. Esse parâmetro também está diretamente relacionado com a condutividade elétrica da água, a qual é proporcional a quantidade de sais dissolvidos (HELLER; PÁDUA, 2010).

Com relação aos aspectos organolépticos, esses estão relacionados a aceitabilidade da água pela população, possuindo como parâmetros legais a cor, o odor e a turbidez presente na água. Para se enquadrar nos padrões de potabilidade, essa deve estar livre de gosto e odores que sejam censuráveis pela maioria dos consumidores, já que os consumidores confiam principalmente em seus sentidos para a avaliação da qualidade em que estão consumindo, mesmo que esses não garantam que a água esteja livre de contaminação de origem microbiológica ou química.

Além dos fatores externos, geralmente associados à degradação de origem antrópica, a qualidade da água subterrânea está sujeita a fatores internos, como a dinâmica em que a água percola entre os espaços da rocha, definindo sua composição química.

A composição mineral da rocha em que está inserido o aquífero pode alterar a qualidade da água. Conforme Motta (2015), essa contaminação ocorre em locais onde a matriz mineral do aquífero apresenta determinada substância em abundância, que, de acordo com o tempo de trânsito e com a reatividade dos minerais, satura a água, tornando-a não potável. Nesse caso, ainda em concordância com o

autor, os principais contaminantes são ferro, manganês e flúor e, em concentrações menores, arsênio, cromo, cádmio, níquel, zinco e cobre.

A presença de íons na água analisada, pode ser indicativo de salinidade da mesma, podendo ser indicados, antes mesmo da análise em laboratório, pela medição da condutividade elétrica em campo. Essa condição tem se mostrado bastante comum em poços perfurados no embasamento do cristalino, afetando diretamente as reservas hídricas do Nordeste.

3.4 Salinidade da água e seus usos

O processo de salinização das águas subterrâneas, apesar de estar se tornando mais comum nas últimas décadas devido a ações antrópicas, é um fenômeno que ocorre naturalmente em regiões áridas e semiáridas, geralmente resultantes da associação da formação geológica predominante e das condições climáticas da região.

Consoante as informações já apresentadas anteriormente, o Nordeste possui 60% do seu território sobre o embasamento cristalino (ANA, 2012), o qual apresenta reduzida capacidade de armazenar e circular suas águas subterrâneas. Em decorrência deste fato, os aquíferos existentes sob rochas cristalinas comumente apresentam água mineralizada, com uma concentração excessiva de sais, especialmente onde as condições de recarga a partir das precipitações pluviométricas são mais escassas.

A condição de circulação da água nesses aquíferos variam conforme a fratura que lhe deu origem. Fraturas de profundidades menores possuem possibilidades maiores de se comunicar com aluviões, o que favorece a renovação do aquífero. O mesmo não ocorre com fraturas cujas profundidades são maiores. Nessas, a circulação ocorre de forma mais restrita, onde as condições do meio se apresentam de forma mais estacionárias. Destarte, há uma maior interação entre a rocha e o recurso hídrico, resultando na dissolução de camadas da rocha e uma consequente mineralização da água (DE LIMA, 2008).

Ademais, de acordo com diversos estudos realizados a respeito do grau de salinidade das águas do semiárido (JÚNIOR, 1999; PEREIRA, 2006; DE LIMA, 2008), os poços e açudes apresentam durante períodos de estiagem concentração de sais

em níveis mais elevados, justamente pelo fato dessa ser a temporada na qual a temperatura e a evapotranspiração da região são maiores.

O fator clima no território em questão favorece a salinização das águas superficiais através do processo de concentração por evaporação. Essas, por sua vez, percolam e entram em contato com a água subterrânea, contaminando o aquífero.

Com vistas em estabelecer o grau de salinização das águas, em 2005, o Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA publicou a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, a qual dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelecem as condições e padrões de lançamento de efluentes. Esta, anos depois, foi complementada e alterada pela Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio 2011. No entanto, as mudanças presentes nessa última referem-se, em sua grande maioria, as condições e padrões de lançamento de efluentes.

Assim, conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005, as águas presentes em território nacional são classificadas quanto ao teor de sais em:

Art. 2º Para efeito desta Resolução são adotadas as seguintes definições:

I - águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰;

II - águas salobras: águas com salinidade superior a 0,5 ‰ e inferior a 30 ‰;

III - águas salinas: águas com salinidade igual ou superior a 30 ‰.

[...] (BRASIL, 2005)

Nesta mesma resolução, as águas doces, salinas e salobras são subdivididas em classes (águas doces em cinco classes; salinas em quatro classes; e, salobras em quatro classes), determinando as atividades a que podem atender em concordância com sua qualidade. Ademais, são apresentados parâmetros de qualidade da água, separados sob os aspectos físicos, químicos e biológicos, que devem obedecer aos padrões estabelecidos para que aquele corpo d'água seja enquadrado nas diferentes classes.

Em se tratando das águas salinas e salobras, suas divisões em classes restringem seu uso às seguintes atividades:

Art. 5º As águas salinas são assim classificadas:

I - classe especial: águas destinadas:

a) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral; e

b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

II - classe 1: águas que podem ser destinadas:

a) à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA n° 274, de 2000;

b) à proteção das comunidades aquáticas; e

c) à aqüicultura e à atividade de pesca.

III - classe 2: águas que podem ser destinadas:

a) à pesca amadora; e

b) à recreação de contato secundário.

IV - classe 3: águas que podem ser destinadas:

a) à navegação; e

b) à harmonia paisagística.

[...]

Art. 6° As águas salobras são assim classificadas:

I - classe especial: águas destinadas:

a) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral; e,

b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

II - classe 1: águas que podem ser destinadas:

a) à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA n° 274, de 2000;

b) à proteção das comunidades aquáticas;

c) à aqüicultura e à atividade de pesca;

d) ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado; e

e) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, e à irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.

III - classe 2: águas que podem ser destinadas:

a) à pesca amadora; e

b) à recreação de contato secundário.

IV - classe 3: águas que podem ser destinadas:

a) à navegação; e

b) à harmonia paisagística (BRASIL, 2005).

Apesar de bastante consultada em estudos que versam sobre a temática de salinização de poços - assim como o presente -, a Resolução CONAMA n° 357/2005 especifica em seu Art. 1° que a mesma “*dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais*” (BRASIL, Art. 1°, 2005), divergindo do objeto do estudo. No entanto, a legislação que aborda sobre a classificação de águas subterrâneas, Resolução CONAMA n° 396/2008, não apresenta enquadramento quanto ao grau de mineralização das mesmas. Desta forma, as definições de água doce, salina e salobra adotadas para os diversos tipos de água são as mesmas, e já mencionadas, da Resolução CONAMA n° 357/2005.

A existência de legislação específica que enquadre as águas subterrâneas conforme sua qualidade é essencial para seu gerenciamento, visto que considerável parcela do abastecimento de água no interior do Estado demanda de poços para que ocorram. Porém, a água desses poços, muitas vezes se apresenta salinizada, não sendo apropriada para o consumo humano, como também para a maioria das atividades econômicas em sua forma natural. Tal situação, agrava ainda mais o cenário crônico de baixas precipitações pluviométricas e secas periódicas do Nordeste brasileiro.

Durante os anos 1997 e 2000, a Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais (CPRM) realizou um censo no Estado do Ceará onde cerca de 13.970 fontes de água subterrânea foram cadastradas e caracterizadas. Dessas, 3.256 apresentaram em suas análises teor de sal acima de 1000 mg/litro de sólidos totais dissolvidos, valor esse considerado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) a quantidade máxima admitida na água destinada ao consumo humano (CPRM, 2000).

O processo de salinização de águas subterrâneas está relacionado ao aumento da concentração de sais solúveis, como cloretos e sulfatos de sódio, cálcio, magnésio e potássio, que favorecem uma aparência turva e o sabor desagradável da água.

Ainda que contraindicada, a utilização de águas com elevada concentração de sais para consumo humano, em especial os supracitados, é uma realidade presente no Estado, principalmente em decorrência da falta de opções de outras fontes hídricas para uso das comunidades rurais dispersas, o que pode gerar riscos à saúde humana, principalmente em crianças.

A exemplo dos malefícios causados pela ingestão desses sais, pode-se citar distúrbios gastrointestinais, resultantes da ingestão de altos teores de magnésio; problemas no sistema nervoso central e agravamento da hipertensão arterial, causadas pelo consumo elevado de íons de sódio, o qual é predominante entre os cátions presentes em águas subterrâneas; e, efeitos laxativos produzidos pela presença de cloretos em valores acima do permitido em legislação (FARIAS, 2016).

Para regular sobre a qualidade da água para consumo humano, e evitar a propagação de doenças relacionadas ao consumo de água contaminada, em 2011 foi publicada, pelo Ministério da Saúde (MS), a Portaria nº 2914, a qual dispõe sobre os

procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, sendo essa atualmente substituída pela Portaria de Consolidação nº5/2017.

Assim como para consumo humano, a água fornecida para a dessedentação animal deve atender ao mínimo de exigências de padrões de qualidade para garantir o consumo adequado, sem que sua má qualidade acarrete agravos a saúde animal, como contaminação microbiológica ou química.

Em níveis muito elevados de salinidade, sintomas como sede excessiva; dor abdominal; vômito; diarreia; sinais nervosos, como tremor, cegueira, andar em círculos ou para trás; convulsões; e, morte, podem ser observados em animais. Esses sintomas são decorrentes do efeito osmótico promovido pela água salinizada no organismo do animal (RIBEIRO, 2012).

Além dos prejuízos à saúde humana e animal, o uso de forma arbitrária de águas com elevada concentração de sais afeta diretamente o meio ambiente através das plantas e do solo. Esses estão relacionado a um manejo inadequado do solo em relação água de irrigação e sua salinidade, ação na qual tem desencadeado a salinização de extensa área do semiárido nordestino. Conforme apresentado por Gheyi (2000), aproximadamente 25% das áreas irrigadas do semiárido encontram-se salinizada.

Quanto mais distante a qualidade da água se apresenta aos padrões indicados para irrigação, seu uso sem o manejo adequado pode acarretar sérios danos ao solo, como a desestruturação de suas partículas, o aumento da densidade aparente, redução da infiltração, aumento da vulnerabilidade a erosão, contaminação do lençol freático e redução da fertilidade, que, a longo prazo, pode promover a desertificação da área afetada (DIAS *et al.*, 2010).

Além disso, as alterações nas características físico-químicas dos solos, decorrentes dos altos valores de sais, retardam o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Isso porque, essa situação provoca nas plantas dificuldades na absorção de água, intoxicação a íons específicos e interferência em seus processos fisiológicos pelos sais (PEDROTTI, 2015).

Dessa forma, o crescimento e a produtividade das culturas são diretamente e indiretamente afetadas pela qualidade da água utilizada para irrigação, sendo necessário que, em áreas salinizadas, exista uma seleção de espécies mais tolerantes a salinidade e que se adaptem a essa condição.

No entanto, apesar de, conforme citado anteriormente, na Resolução CONAMA nº 357/2005 não constar outros usos que não os menos nobres, como proteção, recreação, navegação, etc., atualmente, existem estudos que identificam em águas com teores de sais mais elevados, possíveis usos e técnicas para o aproveitamento deste recurso, sem que essas passem por um processo de dessalinização.

Em zonas áridas e semiáridas, o aproveitamento de águas com teores elevados de sais deve ser considerado como uma alternativa importante na utilização dos recursos naturais escassos, em quantidade e qualidade, tanto na produção agrícola, como no abastecimento animal. Porém, é importante que haja estudo prévio e controle dessa prática.

A tolerância das plantas e dos animais à salinidade varia conforme a espécie, a idade, a necessidade de água e as condições fisiológicas (COSTA, 2012). Em concordância com essa afirmativa, Dias *et al.* (2010), defendem o fato de que plantas bem nutridas são mais tolerantes à salinidade do que possuem deficiência de algum nutriente.

No tocante a questão do fornecimento de águas com teores de sais elevados aos animais, Ribeiro (2012) reconhece que em alguns animais, como o gado, o uso desse tipo de água não provoca riscos à saúde dos mesmos, desde que certos cuidados sejam realizados. Dentre esses está a renovação periódica da água e evitando a concentração de sais devido à evaporação da água armazenada e a diluição da água salinizada com água de chuva.

Diante do exposto, é possível concluir que é admissível a utilização inteligente de águas salinizadas, mesmo sem que essa seja tratada. No entanto, a desativação e o abandono de poços que, anteriormente estavam atrelados a falta de critérios de locação e de programas de manutenção de obras de captação, estão aumentando diante da problemática da salinização de águas do cristalino do Nordeste.

Em 1998, a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) realizou o Programa de Recenseamento de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea no Estado do Ceará, onde foram levantadas as condições de todas as fontes que captavam e produziam água subterrânea existentes em cada município do estado. Apesar das deficiências em retratar a situação atual dessas fontes, devido a data em que foi realizado e a inexistência de alguns dados relevantes, nesse estudo já foi possível mensurar o peso dessa situação para o abastecimento no Estado. Nele foi constatado que, dos 11.889 poços tubulares cadastrados e que pertenciam a área do cristalino, 3.895 poços, ou seja, 33% foram identificados como desativados ou abandonados (CPRM, 1998).

Conforme Monteiro (2004), o semiárido nordestino possui vastas áreas castigadas pelo problema constante de elevados níveis de salinização dos seus mananciais, frequentemente extrapolando o aceitável para o consumo humano, mas que não impede o seu uso.

Vale acentuar que, por se tratar de uma região que é acometida por prolongados períodos de escassez hídrica, desconsiderar o uso de águas salinas e salobras, mesmo que estas não se enquadrem dentro dos padrões estabelecidos por lei, se torna impraticável, visto que essas muitas vezes são a única fonte de abastecimento de inúmeras famílias, principalmente aquelas que se encontram em localidades rurais difusas.

Não obstante, o problema da salinização dos mananciais não os torna inexploráveis, visto que existem tecnologias de dessalinização que permitem sua utilização para diversas atividades, não somente para usos menos restritivos, como também para consumo humano, e que já se mostram viáveis em estudos realizados no Nordeste do Brasil.

4 REFERENCIAL METODOLÓGICO

Na sequência, serão apresentadas as etapas que compuseram o caminho percorrido para a realização desta pesquisa, tais como: tipo de estudo, a caracterização do cenário da pesquisa, natureza e fontes de dados, organização e análise das informações coletadas.

4.1 Tipo de estudo

Trata-se de um estudo, segundo seus objetivos, estudo de caso e, segundo a abordagem, do tipo quali-quantitativa. Optou-se por escolher o estudo de caso por considerar que é uma forma de investigar um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, adequado quando as circunstâncias são complexas e podem mudar, quando as condições que dizem respeito não foram encontradas antes, quando as situações são politizadas e onde existem muitos interessados (YIN, 2005).

Nesta pesquisa, a abordagem abrangerá duas interpretações, qualitativa e quantitativa, que se complementam na tentativa de compreender as múltiplas dimensões que envolve o problema estudado. Para Flick (2004), é relevante utilizar, simultaneamente, dados qualitativos e quantitativos, pois a utilização das diferentes abordagens na mesma investigação vai no sentido de olhar para estas metodologias como complementares e não como opostas.

Assim, justifica-se a escolha metodológica deste estudo, pois acredita-se que as estratégias do estudo de caso possibilitam realizar um panorama da situação atual dos poços públicos do município de Itapipoca/CE, observando a possibilidade de recuperação daqueles paralisados, atingindo, assim, o objetivo deste estudo.

4.2 Caracterização da área de estudo

O município de Itapipoca está localizado no litoral-oeste do Estado do Ceará, pertence a mesorregião norte cearense e possui coordenadas geográficas de latitude sul: 3° 21' 42" e longitude oeste: 39° 49' 54". Situado a uma distância, em linha

reta, de 126 km da capital do estado, o município possui acesso rodoviário pela CE-085 e pela BR-402 (IPECE, 2017).

Com uma área de 1.614 km² e uma faixa litorânea de 25 km, Itapipoca é limitada ao norte pelo Oceano Atlântico; ao sul pelos municípios de Miraíma, Irauçuba, Itapajé, Uruburetama e Tururu; ao leste pelos municípios de Trairi e Tururu; e, a oeste pelo município de Amontada (IPECE, 2017).

O território do município é dividido em 12 distritos: Arapari, Assunção, Baleia, Barrento, Bela Vista, Calugi, Cruxati, Deserto, Ipu Mazagão, Lagoa das Mercês, Marinheiros e Itapipoca, onde está localizada a sede do município, conforme a Figura 5 (IPECE, 2017).

Apresentando densidade demográfica de 71,90 hab/km², o município de Itapipoca possui uma população estimada em 128.135 pessoas, o que representa algo em torno 1,41% da população do Estado, o que o coloca em 5^a colocação no *ranking* dos municípios mais populosos do Ceará.

Considerando que mais da metade da população compreende a faixa até 29 anos e menos de 10% está na faixa acima dos 60 anos, é possível verificar que o município possui um contingente populacional predominantemente jovem. Além disso, pouco mais da metade da população está fixada na zona urbana, já que, de acordo com o último Censo, em 2010, 42,35% da população do município residia em meio rural (IPECE, 2017; IBGE, 2018).

A região apresenta clima tropical quente semiárido, na região mais interiorana, e tropical quente semiárido brando, na região litorânea, com períodos chuvoso entre janeiro e maio, e pluviosidade média de 1.130 mm ao ano. A altitude média no município é de 108,7 m, com temperaturas médias variando de 26°C a 28°C (IPECE, 2017; FUNCEME, 2018).

Em decorrência de sua elevada extensão territorial, Itapipoca possui cenários bastante diversos em sua paisagem, o que lhe rendeu o título popular de “*terra dos três climas*”, reunindo sertão, serra e praia.

Sua vegetação caracteriza-se pela presença da caatinga, arbustiva aberta e densa no interior, inclusive na região serrana, e na zona litorânea por tabuleiros costeiros e cerrado. Apresenta ainda, próximo a foz do Rio Mundaú, regiões de

mangue e regiões de caatinga arbórea e mata úmida na região serrana (CAISAN, 2015).

Figura 5 - Limites do município de Itapipoca



Fonte: Prefeitura Municipal de Itapipoca, 2018.

De acordo com a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME, 1997) a maior parte do município apresenta terrenos do embasamento cristalino possuindo seu substrato litológico constituído por granitos, gnaisses e migmatitos do Pré-Cambriano. No entanto, próximo ao litoral o embasamento é coberto por sedimentos areno-argilosos com níveis conglomeráticos e sedimentos arenosos inconsolidados, que datam do Terciário e Quaternário.

No município existem três domínios hidrogeológicos distintos: rochas cristalinas, coberturas sedimentares e depósitos aluvionares (CPRM,1998).

As rochas cristalinas são predominantes na área, onde, por consequência, prevalecem os chamados aquíferos fissurais. Esses acumulam água em fraturas e fendas, visto que praticamente não existe uma porosidade primária nesse tipo de rocha, resultando em reservatórios descontínuos e de pequena extensão. Em geral, as vazões produzidas por poços perfurados em rochas cristalinas são pequenas e a água, na maior parte das vezes, se apresenta com elevados teores de sais em função da falta de circulação no aquífero (FEITOSA *et al.*, 2008). Apesar das condições supracitadas, que atribuem um potencial hidrogeológico baixo para as rochas cristalinas, as reservas de água presentes nesse domínio hidrogeológico são fundamentais como alternativa de abastecimento em casos de pequenas comunidades ou como reserva estratégica em períodos prolongados de estiagem.

Quanto as coberturas sedimentares, o município possui manchas isoladas de sedimentos detríticos, sendo esses pouco expressivos como mananciais para captação de água subterrânea, como resultado de suas espessuras bastante reduzidas.

As margens dos principais rios e riachos do município são encontrados os depósitos aluvionares, que na região são representados por sedimentos areno-argilosos recentes. Em geral, esse domínio hidrogeológico apresenta uma boa alternativa como manancial, onde a alta permeabilidade dos termos arenosos compensa suas pequenas espessuras, produzindo vazões significativas.

Segundo dados do IPECE (2019) os tipos de solo predominantes no município são Areias Quartzozas Distróficas, na região litorânea (distrito da Baleia) e parte dos distritos de Mainheiros e Lagoas das Mercês Podzólico Vermelho Amarelo Distrófico, na maior parte da região sertaneja, contemplando os distritos de Bela Vista, Cruxati, Calugi, Barrento e parte de Marinheiros e Lagoa das Mercês; Planossolo Solódico, em grande parte da região rural do distrito de Itapipoca; e, Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico, na região serrana (Assunção, Arapari e Ipu Mazagão), parte do distrito de Itapipoca (sede) e no ditrito do Deserto. Assim, os poços selecionados para análise da qualidade da água estão em solos Podzólico Vermelho Amarelo Distrófico e Planossolo Solódico,

Solos Podzólico Vermelho Amarelo é uma classe de solos derivados do Grupo Barreiras, não hidromórficos, com argila de atividade baixa, sendo constituído por sesquióxidos, argilas, quartzo e outros materiais resistentes ao intemperismo. Possuem características serem fortemente ácidos, de baixa fertilidade natural e são comumente profundos a muito profundos. Apresentam estrutura granular, sendo muito duro quando seco e friável quando úmido (FUNCEME, 2019).

No que se refere aos Planossolos, esses são solos que contêm argila de atividade alta, com material originário constituído, principalmente, por saprolito de gnaisses e migmatitos do Pré-Cambriano, quase sempre influenciados superficialmente por material sedimentar. Suas características apontam solos moderadamente ácidos, tendendo a neutralidade (raramente alcalinos), com alta saturação de sódio. Possuem, em geral, textura arenosa superficialmente e argilosa nos horizontes posteriores, sendo imperfeitamente drenados, característica essa que lhe torna bastante susceptível a erosão, apresentando problemas de encharcamento durante o período chuvoso e grande ressecamento em períodos secos (FUNCEME, 2019).

No tocante a hidrografia da região de estudo, Itapipoca localiza-se na bacia hidrográfica do Rio Mundaú, tendo como principais afluentes em seu território o rio Cruxati e os riachos Taboca, Sororó, Quandú e Córrego dos Tanques. Os principais açudes são o Poço Verde (capacidade para 13,65 milhões de m³), o Quandu (capacidade para 4 milhões de m³) e o Gameleira (capacidade de armazenamento para 52,640 milhões de m³). Atualmente o açude Gameleira, é considerado um dos maiores do Ceará, sendo construído no Rio Mundaú entre os municípios de Itapipoca, Trairi e Tururu. Esse açude representa uma capacidade de abastecimento três vezes mais do que o já existente para os três municípios. A região litorânea possui ainda grandes lagoas, como Humaitá e Lagoa do Mato (TORRES, 2010).

A base da economia é o comércio e os serviços que, bastante precários nos municípios próximos, fazem com que as atividades desse setor se destaquem na região, transformando a sede de Itapipoca em um centro regional de compras e negócios (CAISAN, 2015). No interior do município prevalecem as atividades agrícolas, as quais caracterizam-se pela agricultura familiar e apresentam como principais produtos: algodão, milho, feijão, banana, café, mamona, frutas e verduras,

na região serrana; algodão, milho, feijão, cera de carnaúba e castanha de caju, no sertão; e, coco e frutas, na região litorânea (IBGE, 2018).

Além das atividades acima descritas, o turismo, apesar de ainda incipiente, tem se destacado na economia local. Seus atrativos em potencial são aqueles ligados aos atrativos naturais, arqueológicos e culturais.

4.3 Caracterização da amostra

Para a seleção dos poços que compuseram a amostra desse estudo foram utilizados dados cadastrados junto a Secretaria de Recursos Hídricos do Estado (SRH), a Superintendência de Obras Hidráulicas (SOHIDRA) e a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), responsável pelo Sistema de Informações sobre Águas Subterrâneas (SIAGAS), o qual possui cadastro de poços, e fontes desse bem mineral, de todo o Brasil e realiza levantamentos hidrogeológicos regionais em várias escalas (CPRM, 2018).

A Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), fornece, através do SIAGAS (<http://siagasweb.cprm.gov.br>), uma série de informações a respeito dos poços cadastrados pela mesma. No que se refere ao município de Itapipoca, foram cadastrados 167 poços com dados que incluíam: identificação do poço; latitude; longitude; bacia; município; situação; uso da água; perfurador; domínio; nível estático; nível dinâmico; vazão específica; condutividade elétrica (CE); cor; odor; entre outros.

A Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará (SRH), também disponibiliza tais informações ao público através de seu site (<http://atlas.srh.ce.gov.br>), onde é possível selecioná-las de acordo com a localização desejada. Em seu cadastro, para o município em questão, são apresentados 157 poços e 19 classes de dados: município; localidade; bacia hidrográfica; coordenadas UTM, Norte e Leste; uso da água; tipo de poço; situação; construtor; data da construção; profundidade; altura da boca do tubo; diâmetro; vazão; nível estático; nível dinâmico; pH; condutividade elétrica (CE) e temperatura.

Vale ressaltar que a fonte dos dados disponibilizados pela SRH é exibida no próprio site como sendo a CPRM. Assim, após análise dos dois cadastros, foi

confirmado que as informações são as mesmas em ambos os órgãos, com a ressalva de que a CPRM possui um cadastro um pouco maior.

Em relação a Superintendência de Obras Hidráulicas (SOHIDRA), para ter acesso as informações desejadas, foi necessário solicitá-las através de um requerimento via e-mail. Desta forma, o cadastro de poços é enviado diretamente ao interessado. Nesse, constam apenas 21 poços, com dados do ano de construção; município; localidade; bacia hidrográfica; coordenadas; objetivo; profundidade; vazão; nível estático; nível dinâmico; e, sólidos totais dissolvidos (STD). Assim, como os demais órgãos, as informações disponibilizadas apresentam ausências, não contemplando todos os poços.

Os dados fornecidos pela SOHIDRA foram cruzados com os cedidos pela CPRM, e aqueles poços que não constavam no cadastro dessa última foram adicionados, gerando uma planilha com 181 poços. Dessa forma, os dados analisados nesse estudo referem-se aos poços presentes nessa nova planilha, a qual apresenta dados da CPRM e da SOHIDRA.

Visto que 181 poços distribuídos em 1.614 km² do município tornaria esse trabalho bastante extenso e com elevados custos, optou-se por restringir-se aos distritos da região sertaneja do município, uma vez que é nesse território onde reside a parcela da população que mais sofre com a falta de água em períodos secos. Além disso, esses distritos não são contemplados ou possuem cadastro recente pelo SISAR ou Cagece, sendo relatado faltas de água recorrentes.

Diante do exposto, não contemplamos os distritos da Baleia (praia), Assunção(serra), Arapari (serra) e Ipu Mazagão (serra), além da sede urbana do município.

Ademais, poços identificados como de domínio particular também foram excluídos desse trabalho, uma vez que esse se propõe a fornecer dados que contribuam para políticas públicas e possibilitem a reativação poços públicos.

Assim, apenas 88 poços localizados nos distritos de Barrento, Lagoa das Mercês, Bela Vista, Marinheiros, Calugi, Cruxati, Itapipoca (zona rural) e Deserto compuseram a amostra inicial desse estudo e foram selecionados para serem realizadas vistorias. As visitas aconteceram de maio a setembro de 2019, seguindo as coordenadas disponibilizadas pelos órgãos.

Durante a execução dessa etapa, 16 poços não foram localizados, porém outros 14 identificados durante o percurso foram adicionados ao cadastro, resultando em 86 poços vistoriados.

Após vistorias, os poços foram classificados quanto a situação atual do mesmo, classificando-os em uso, paralisado ou seco, de forma a simplificar seu entendimento. Consideramos em uso aqueles poços em que há captação de água, independente da unidade de bombeamento utilizada (bomba submersa, bomba injetora, bomba manual, bomba centrífuga, compressor ou cata-vento), contanto que esse estivesse em condições de pleno funcionamento. Como poços paralisados foram classificados aqueles que por algum motivo, seja por problemas no motor, elétricos, na qualidade da água, de manutenção, dentre outros, estivessem fora de operação, temporária ou definitivamente, lacrado ou não. Por fim, para poço seco, utilizou-se a definição estabelecida pela Resolução CONERH nº 01/2009: *“poço cuja vazão é nula ou insignificante e que não é possível extrair água por meio de equipamento manual ou mecânico”* (CEARÁ, 2009).

Para análise da qualidade da água, apenas nos poços paralisados e que não se encontravam obstruídos, fechados, enterrados ou com bomba instalada, tiveram uma amostra de água coletada, posto que se fez necessário introduzir uma bomba em cada um deles para realizar coleta da água. Desse modo, o presente estudo identificou 26 poços paralisados, mas apenas 8 tiveram amostra da água analisada em laboratório.

4.4 Natureza e fonte de dados

A possibilidade de utilizar várias fontes de dados é um ponto importante nos estudos de caso. Essa triangulação de fontes e técnicas de coleta de dados permite obter, de duas ou mais fontes de informação, dados referentes ao mesmo acontecimento, a fim de aumentar a fiabilidade da informação (YIN, 2005).

Neste estudo, foram utilizadas fontes e técnicas distintas para a coleta de dados de cada etapa do seu desenvolvimento, sendo apresentadas a seguir:

4.4.1 Identificação dos poços

Para a identificação dos poços que compuseram a amostra desse estudo, utilizou-se, inicialmente, documentos de órgãos públicos responsáveis pelo registro dos poços existentes no cenário da pesquisa, sendo esses a CPRM e a SOHIDRA.

A captação dos registros foi feita pela internet, nos sites das instituições públicas que realizam o cadastro dos poços estaduais e nacionais, e, quando não disponível publicamente, solicitadas via e-mail. Após recebimento, os dados foram organizados em uma planilha, no programa Excel, que continham as variáveis necessárias para a identificação da situação e localização dos poços do município de Itapipoca, quais sejam: localidade, coordenada geográfica, domínio (público ou privado) e situação (em uso, paralisado e seco).

Para identificar se os poços pertenciam a localidade definida nos critérios de inclusão deste estudo, foi utilizado o programa arcGIS que é uma plataforma de mapeamento e análises de informações geográficas e que, neste momento, contribuiu para a construção de um mapa com as coordenadas dos poços encontrados nos documentos acima mencionados.

4.4.2 Caracterização dos poços – Visita Técnica

As vistorias tiveram por objetivo identificar a situação atual dos poços cadastrados pelos já referidos órgãos, bem como o motivo de seu enquadramento, fornecendo bases mais consistentes para a seleção dos poços a serem estudados neste trabalho. Para tal, foi elaborada uma ficha técnica a fim de orientar a equipe sobre as informações que deveriam ser colhidas durante a visita. Quando necessário, alguns questionamentos foram feitos a população local, dando preferência a líderes comunitários ou os responsáveis pelo poço, por tratarem de pessoas que tem contato direto com a situação em questão (APÊNDICE A).

Na ficha técnica continham variáveis como: coordenadas; localidade; situação; domínio; nome do proprietário; usos da água; outras fontes de abastecimento; tipo; número de contemplados; existência de energia próximo; e, condições do entorno. Essas variáveis foram pensadas, aprioristicamente, a partir das informações já disponibilizadas pela CPRM, possuindo a adição de algumas informações consideradas pertinentes para atingir o objetivo desse trabalho.

A necessidade de obter uma nova coordenada do ponto se deu visando a verificação do poço cadastrado com o poço vistoriado, garantindo que as informações coletadas, nas visitas de campo e as adquiridas na análise dos registros públicos realizada anteriormente, referem-se ao mesmo poço.

A localidade onde o poço foi perfurado também foi confirmada, posto que alguns poços apresentaram informações erradas em seu cadastro no que se refere a localidade. Houve cadastros que possuíam nome de duas localidades que pertenciam a distritos distintos, ou seja, com uma considerável distância física e até mesmo cadastros com localidades pertencentes a outros municípios.

Para a classificação quanto a situação do poço, nesse estudo foram estabelecidas apenas três classes: em uso, paralisado ou seco, conforme apresentado anteriormente.

Cada ficha técnica contou ainda com um campo destinado ao registro das observações, outra técnica de coleta de dados utilizada neste estudo, onde foram relatados o motivo da paralisação, adversidades encontradas durante as vistorias e outros relatos relevantes referentes às características individuais de cada poço.

A observação foi selecionada como uma das técnicas de coleta de dados neste estudo devido a sua possibilidade de proporcionar uma experiência direta com o problema estudado, possibilitando descobrir novos aspectos do mesmo.

O uso da ficha técnica para registro das observações permitiu uma descrição detalhada da realidade estudada e fazer anotações de uma maneira organizada que garantisse uma análise posterior dos dados coletados. Segundo Danna e Matos (2006), durante a observação são registrados dados visíveis e de interesse da pesquisa e as anotações podem ser feitas por meio de registro cursivo (contínuo), uso de palavras-chaves, *check list* e códigos, que são transcritos posteriormente. Uma observação controlada e sistemática se torna um instrumento fidedigno de investigação científica.

A busca por dados relacionados aos usos da água, número de contemplados e outras fontes de abastecimento, foram adicionadas a ficha técnica uma vez que tais informações são de suma importância para a elaboração de políticas públicas. As condições do entorno também foram observadas, já que podem interferir diretamente na qualidade da água.

Por fim, a existência de energia próximo ao poço foi um quesito importante a ser observado para a execução desse estudo, pois indicava a necessidade de utilização de gerador para a coleta da água.

4.4.3 Coleta das amostras

Inicialmente, foi observado o nível estático do poço para verificar se seria possível utilizar o conjunto motobomba, visto que esse não pode ser operado fora da água. Com o medidor de nível eletrônico, foi identificada profundidade do nível da água dentro do poço, sendo descartada a distância da tampa do poço até o nível do solo, a qual foi medida com uma trena métrica.

Para a coleta da água, foram acoplados 40 metros de mangueira de PVC rígido flexível de 1", próprio para sucção de água, a uma bomba submersa do tipo palito da marca Altri e modelo 3AT2/13, a qual foi ligada a um gerador de energia de 2cv, marca Toiama e modelo 2800cx, a gasolina.

A escolha pelos equipamentos ocorreu tendo em vista a necessidade de se instalar e remover todos esses equipamentos diversas vezes em diferentes poços e o seu deslocamento entre eles.

Como a coleta ocorreu em poços paralisados, foi necessário realizar um bombeamento da água por 30 minutos para fora do poço para que ocorresse uma circulação e renovação da água no aquífero, e somente depois a amostra pode ser coletada.

Após iniciado o processo de bombeamento, alguns poços apresentaram uma rápida queda no nível da água, deixando a bomba exposta e necessitando que a sua operação fosse interrompida. Nesses casos, uma pausa de 20 a 30 minutos foi realizada e o bombeamento era retomado, até que o tempo de circulação chegasse a 30 minutos. Somente quando findado esse procedimento é que as amostras foram coletadas.

A água coletada foi armazenada em dois vasilhames fornecidos pelo Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada - LGMA, um de polietileno, o qual foi lavado três vezes com a própria água do poço antes da coleta, e o outro em vidro âmbar. Esse último foi destinado a coleta de amostras para a determinação de

amônia, para isso, foram adicionados em campo junto as amostras os reagentes fenol e citrato de sódio.

As amostras foram armazenadas em caixas térmicas com gelo laboratorial e encaminhadas ao LGMA em período inferior a 48h do momento da coleta.

4.5 Análise de dados

4.5.1 Identificação dos poços

Para a análise dos dados coletados nos documentos de registros dos poços fornecidos pela CPRM e SOHIDRA foi utilizada a análise estatística descritiva que é um ramo da estatística que sintetiza uma série de valores de mesma natureza, permitindo dessa forma que se tenha uma visão global da variação desses valores, organiza e descreve os dados (GUEDES *et al.*, 2005).

Várias técnicas são utilizadas para descrever e sumarizar um conjunto de dados. Neste estudo, foram utilizadas a média e a porcentagem, além de números absolutos.

Como mencionado anteriormente, ao analisar os dados fornecidos pela CPRM e SOHIDRA, foi verificado que as localizações apresentadas nos registros públicos possuíam algumas desconformidades quanto a nomeação das localidades, por isso optou-se por trabalhar considerando apenas as coordenadas dos poços.

Novamente, lançou-se mão da plataforma arcGIS que, além de contribuir com a construção de fontes de dados com a criação de mapas a partir de informações geográficas, é uma ferramenta que possibilita análises científicas para identificar padrões, fazer previsões e responder questões espaciais tais como proximidade, coincidência, intersecção, sobreposição, visibilidade, acessibilidade e identificar localidades baseados em dados empíricos.

Assim, os dados adquiridos nos registros de ambos os órgãos foram organizados em uma única planilha no *software* Excel e plotados no *software* arcGIS, onde foi sobreposto aos *shapes* dos municípios cearenses e dos distritos de Itapipoca, tornando possível identificar o distrito exato em que se localizava cada poço.

4.5.2 Caracterização dos poços – Visita Técnica

Para a etapa de caracterização dos poços, também se fez uso da análise estatística descritiva (porcentagem e média) para identificar a real situação de poços localizados na região sertaneja do município; selecionar os poços desativados e os principais motivos para tal, etapas fundamentais para o alcance do objetivo geral deste estudo.

Já os dados coletados por meio de observação foram analisados, qualitativamente, mediante sua categorização, que, por sua vez, foram definidas aprioristicamente a partir das dificuldades encontradas na etapa anterior envolvendo a real situação dos poços da região e os motivos da paralização de alguns. Assim, as categorias foram: paralisados por motivos técnicos, naturais ou de condições de uso.

Para este momento, utilizou-se o método de análise de conteúdo de Bardin (2011), que nos auxilia no processo de categorização a partir de um conjunto de técnicas de análise das comunicações e procedimentos sistemáticos e objetivos para descrição do conteúdo das mensagens coletadas.

4.5.3 Análise da qualidade da água

4.5.3.1 Análise laboratorial

As análises físicas e químicas das amostras de águas subterrâneas foram realizadas no Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada, setor Geoquímica Ambiental, do Departamento de Geologia da UFC. A Tabela 2 apresenta os métodos empregados, os quais seguiram os procedimentos analíticos descritos no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012).

Nas 08 (oito) amostras coletadas, foram analisados os seguintes parâmetros: pH, condutividade elétrica (CE), alcalinidade total (CaCO_3), bicarbonato (HCO_3^-), cloreto (Cl^-), cálcio (Ca^{+2}), magnésio (Mg^{+2}), dureza total (CaCO_3), sódio (Na^+), sulfato (SO_4^{-2}), potássio (K^+), nitrato (N-NO_3^-), nitrito (N-NO_2^-), nitrogênio amoniacal total ($\text{N-NH}_{3,4}$), amônia (NH_3), turbidez, ferro total (Fe), fluoreto (F^-), alumínio (Al) e sólidos totais dissolvidos (STD).

Na determinação da concentração de nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$), um composto de cor azul é formado pela reação da amônia com hipoclorito e fenol. O hipoclorito foi substituído por dicloisocianurato sódico dihidratado, conforme Aminot e Chaussepied (1983) e Aminot e Kérouel (2004). A determinação da amônia iniciou-se in situ com a adição dos reagentes (fenol e citrato de sódio) imediatamente após a coleta.

Os parâmetros pH, sólidos totais dissolvidos e a condutividade elétrica, foram determinados usando uma sonda multiparâmetros, de marca Thermo Scientific Orion e modelo Star A329 Portable.

Tabela 2 - Métodos analíticos aplicados de acordo com APHA (2012)

Parâmetros físico-químicos	Método aplicado	Código
Alumínio	Eriocromo Cianina R	3500-Al B
Amônia	Fenato	4500-NH ₃ F
Bicarbonato	Titulométrico	2320 B
Cálcio	Titulométrico com EDTA	3500-Ca B
Cloreto	Argentométrico	4500-Cl ⁻ B
Condutividade	Eletrométrico	2510 A
Dureza Total	Titulométrico com EDTA	2340 C
Ferro Total	Fenantrolina	3500-Fe B
Fluoreto	Eletrodo de Íon Seletivo	4500-F ⁻ C
Magnésio	Titulométrico com EDTA	2340 C
Nitrato	Coluna redutora de cádmio	4500-NO ₃ ⁻ E
Nitrito	Espectrofotométrico	4500-NO ₂ ⁻ B
pH	Eletrométrico	4500-H ⁺ A
Potássio	Fotométrico	3500-K B
Sódio	Fotométrico	3500-Na B
Sólidos Totais Dissolvidos	Eletroquímico	2510 A
Sulfato	Turbidimétrico	4500-SO ₄ ²⁻ E
Turbidez	Nefelométrico	2130 B

Fonte: Autora, 2019.

4.5.3.2 Interpretação dos resultados das análises físicas e químicas.

Conforme Logan (1965), em uma análise hidroquímica completa, a concentração total dos cátions deve ser aproximadamente igual à concentração total

dos ânions, sendo o desvio percentual desta igualdade determinado pelo coeficiente de erro da análise. Para avaliar as análises realizadas, foi calculado o erro das análises a partir do balanço iônico (equação 1), o qual, ainda segundo o autor, admite-se um valor máximo de 10% para análises aproveitáveis.

$$E(\%) = \left| \frac{r \sum \text{ânions} + r \sum \text{cátions}}{r \sum \text{ânions} - r \sum \text{cátions}} \right| \times 100 \quad \text{Equação (1)}$$

Onde: $r \sum A$ = Somatório de ânions (meq/L);

$r \sum C$ = Somatório de cátions (meq/L);

$E(\%)$ = Porcentagem de erro das análises.

Para a classificação iônica das águas subterrâneas utilizou-se o Diagrama de Piper, gerado através do software Qualigraf (MOBUS, 2003), o qual é utilizado para comparação de diferentes grupos de águas quanto conteúdo iônico dominante.

Para a identificação da adequação das águas para consumo humano, foram considerados os padrões de cada parâmetro definido pela Portaria da Consolidação nº 05/2017, que dispõe sobre controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (BRASIL, 2017).

Os parâmetros físico-químicos constantes nos laudos foram tabulados em planilhas Excel, visando à obtenção de parâmetros da estatística descritiva (mínimo, máximo e média). Os resultados foram posteriormente analisados conforme os padrões estabelecidos pela Portaria da Consolidação nº 05/2017, que dispõe sobre controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (BRASIL, 2017).

Para a classificação da água para irrigação, foram utilizados os critérios propostos pelo United States Salinity Laboratory (USSL), através do *software Qualigraf*, onde a classificação da água é fundamentada na razão de adsorção de sódio (SAR) e na condutividade elétrica (CE) da água.

Quanto ao uso da água subterrânea para dessedentação de animais, os resultados das análises laboratoriais foram avaliados conforma a Resolução CONAMA nº 396/2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.

Em conformidade com as análises realizadas, foram sugeridos usos para cada poço, levando ainda em consideração a utilização, ou não, de técnicas tratamento de água.

5 RESULTADOS

5.1 Identificação dos poços da região sertaneja de Itapipoca/CE, segundo informações dos órgãos públicos

Os dados trabalhados no presente estudo possuem como fonte órgãos cujas competências incluem o cadastro de poços perfurados no Estado do Ceará. Assim, foram solicitadas informações cadastrais a três órgãos distintos: Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará (SRH); Superintendência de Obras Hidráulicas (SOHIDRA); Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM).

Antes de ir a campo, viu-se a necessidade de se analisar os dados obtidos para realizar um diagnóstico preliminar da situação dos poços do município, de forma a nortear as ações de campo que aconteceram em uma etapa posterior do presente trabalho.

Considerando que o objetivo geral desse trabalho é identificar quais poços paralisados são passíveis de recuperação, iniciou-se a análise dos dados obtidos pela situação dos poços. No cadastro realizado pela CPRM apenas 135 possuem situação definida, enquanto no da SOHIDRA, nenhum apresenta essa informação.

As categorias utilizadas pela CPRM para definir a situação atual de cada poço são divididas em 6 classes, sendo essas: seco, não instalado, equipado, fechado, não utilizável e abandonado. A distribuição dos poços conforme a situação é apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 - Número de poços de acordo com a situação

Situação	Nº de Poços	%
Seco	16	8,8
Não instalado	51	28,1
Equipado	30	16,5
Fechado	24	13,3
Não utilizável	2	1,1
Abandonado	12	6,6
Sem definição	46	25,4
TOTAL	181	100

Fonte: Autora, 2019.

Diante dos dados apresentados, considerando apenas os 135 poços que possuem sua situação definida pela Companhia, é possível observar que quase 40% dos poços perfurados não chegaram a ser instalados. De todos os poços desse universo, apenas 30 constam como equipados, ou seja, 22%. Os demais 78% foram perfurados, mas estão beneficiando a população (classificados como “Fechado”, “Abandonado”, “Não Utilizável”, “Seco” e “Não Instalado”), um número bastante alto visto a necessidade hídrica da população em regiões semiáridas.

Considerando o elevado número de poços inutilizados, das características do solo da região, que pode conferir às águas características salinas (HELLER; PÁDUA, 2010), levantou-se a hipótese de que a paralização desses poderiam estar relacionadas com o grau de salinidade da água. Dessa forma, mostrou-se pertinente realizar uma comparação dos dados de salinidade dos poços com sua situação.

Nessa nova análise dos dados fornecidos pelos órgãos supracitados, foi identificado que dos 181 poços cadastrados, apenas 75 apresentavam valores de condutividade elétrica. Para separá-los quanto a salinidade, foram utilizadas as classes estabelecidas por Freeze and Cherry (1979), conforme apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Classificação das águas subterrâneas com base nos Sólidos Totais Dissolvidos

Categoria	STD (mg/L)
Água doce	0 – 1.000
Água salobra	1.000 – 10.000
Água salina	10.000 – 100.000
Salmoura	> 100.000

Fonte: Freeze and Cherry (1979).

Freeze and Cherry (1979), classificam as águas em doces, salobras e salinas de acordo com a quantidade de sólidos totais dissolvidos, em especial concentrações iônicas (cloretos, bicarbonatos, sulfatos, entre outros), a partir de um

referido padrão normativo, em massas de águas naturais como oceanos, lagos, rios e aquíferos.

Além disso, nos documentos fornecidos, os dados informados não apresentam valores de Sólidos Totais Dissolvidos (STD), mas sim de Condutividade Elétrica (CE). Para converter a CE da amostra em concentração aproximada de STD, deve-se utilizar um fator de conversão, que pode variar entre 0,54 e 0,96 (EMBRAPA, 2011). Para esse trabalho utilizamos um fator de 0,65, o qual é considerado aceitável para uma região de clima quente (FUNCEME, 2018).

A tabela a seguir apresenta a distribuição dos poços que possuem valor de CE disponibilizado em seu cadastro, conforme as categorias referentes grau de salinidade da água estabelecidas por Freeze and Charry (Tabela 5).

Tabela 5 - Relação entre situação e grau de salinidade dos poços

Situação	Doce	Salobro	Salino	Salmoura
	(<1.000 mg/L de STD)	(1000 < STD < 10.000mg/L)	(10.000 < STD < 100.000 mg/L)	(STD >100.000 mg/L)
Seco	0	0	0	0
Não instalado	18	16	0	0
Equipado	12	16	0	0
Fechado	3	5	0	0
Não utilizável	1	0	0	0
Abandonado	0	0	0	0
Sem definição	1	3	0	0

Fonte: Autora, 2019.

Com base na Tabela 5, é possível observar que os poços do município, cujos cadastrados possuem valor de CE, apresentam suas águas classificadas apenas como doces e salobras, não sendo identificado poços com águas salinas ou salmoura.

Ao analisarmos apenas os poços classificados como “Não Instalados” e “Equipados”, podemos concluir que a hipótese levantada não é verdadeira, visto que o número de poços não instalados chega a ser maior em poços de água doce do que

nos de água salobra. Ademais, quando se trata dos poços equipados, os de água salobra são mais numerosos que os de água doce.

Se avaliarmos os intervalos dos valores de STD em cada classe referente a situação do poço (Tabela 6), essa conclusão fica ainda mais nítida, pois tanto existem poços “Não Instalados” com salinidade tão alta quanto outros que são classificados como “Equipados”, como poços “Não Instalados” com valor de STD menores do que os classificados como “Equipados”.

Em se tratando dos poços fechados, esses possuem valores de STD bem variadas, apresentando tanto poços com água doce e como também poços com água salobra.

Por fim, o poço classificado como não utilizável possui o valor de STD menor do que 1000 mg/L, sendo assim considerado de água doce, e consequentemente não sendo a elevada salinidade o motivo para sua paralização.

Tabela 6 - Valores mínimos e máximos de STD por situação do poço.

Situação	Valor STD mín.	Valor STD máx.
Não instalado	38,35	7.689,5
Equipado	136,5	7.117,5
Fechado	767	3.581,5
Não utilizável	799,5	

Fonte: Autora, 2019.

Não obstante as considerações apresentadas, não é possível alcançar grandes conclusões com base nos dados disponibilizados pela companhia, visto que não são apresentadas a definição de cada classe nem informações relacionadas a situação atual do poço. Por exemplo, não é possível saber o que diferencia os poços classificados como “Fechado” e “Abandonado”, nem se os classificados como “Equipados” são realmente aqueles que se encontram em pleno funcionamento. Ademais, os motivos que levaram a paralização dos poços, sejam esses classificados como “Fechado”, “Abandonado” ou “Não Utilizável”, também não são definidos em nenhum relatório da companhia.

5.2 Caracterização dos poços da região sertaneja de Itapipoca/CE após visitas técnicas

Realizada uma análise inicial dos dados fornecidos pela CPRM e pela SOHIDRA, identificou-se que o material requer um aprofundamento de suas informações, como a adição de esclarecimentos a respeito do motivo do enquadramento dos poços nas diversas classes de uso. Assim, optou-se por realizar visitas técnicas aos poços, antes de selecionar aqueles em que seriam realizadas coletas e análises laboratoriais da água.

Os cadastros fornecidos pela CPRM e SOHIDRA traziam informações a respeito de 106 poços localizados na região sertaneja do município, desses apenas 88 possuíam domínio público ou indefinido, sendo assim selecionados para serem vistoriados (Tabela 7).

Durante as atividades de campo, 16 poços que constavam nos cadastros dos órgãos supracitados não foram encontrados. No entanto, quando durante o percurso foi identificado outro poço que não constava no cadastro original, esse era adicionado e vistoriado. Assim, no final foi elaborada uma planilha com os dados atualizados de 86 poços da região sertaneja de Itapipoca (APÊNDICE C).

Tabela 7 - Poços da região sertaneja de Itapipoca

Distrito	Poços cadastrados	Poços particulares (cadastro)	Poços a serem visitados	Poços não encontrados	Poços extras	Poços vistoriados
Barrento	22	2	20	4	5	21
Lagoa das Mercês	1	0	1	0	0	1
Bela Vista	4	0	4	0	0	4
Marinheiros	2	0	2	0	1	3
Calugi	18	0	18	2	2	18
Cruxati	8	0	8	3	0	5
Itapipoca (zona rural)	19	0	19	3	1	17
Deserto	32	16	16	4	5	17
TOTAL	106	18	88	16	14	86

Fonte: Autora, 2019.

É sabido que as águas subterrâneas vêm se constituindo em importante alternativa para o abastecimento de comunidades rurais e urbanas, tanto para uso

doméstico, agrícola, quanto industrial (COLVARA, 2009). Durante dos longos períodos de estiagem como os que ocorrem no Estado do Ceará, os recursos hídricos subterrâneos tornam-se potenciais fontes alternativas de abastecimento público.

Na ficha técnica, a seção relativa aos usos da água apresenta cinco opções de uso, sendo elas: ingestão humana (beber ou cozinhar), higiene pessoal, uso doméstico, criação de animais e irrigação. Diante das informações colhidas durante a vistoria dos poços foi possível observar uma maior incidência nos poços públicos em operação de usos relacionados a higiene pessoal e ao uso doméstico, referido pela população local como “água para gastar”.

No uso doméstico, a água é usualmente absorvida pelo corpo humano por ingestão, mas podem também serem absorvidos por inalação ou via contato dérmico, quando contaminada, dependendo do tipo e teor de contaminação, diferentes órgãos podem ser atingidos ocasionando danos a saúde (ROCHA, 2015).

Neste estudo, sobre dados relacionados a ingestão humana, houve uma discrepância entre o número de poços que a população declarou utilizar a água para beber com os que são utilizados para cozinhar. Ao observar a planilha com os cadastros realizados em campo (APÊNDICE C), é possível verificar que o número de poços públicos em uso que tem sua água destinada para a preparação de alimentos (21 poços) é bem maior que os que são utilizadas para beber (5 poços). Essa diferença pode alertar para uma possível alteração dos parâmetros organolépticos da água, já que a mesma é utilizada para diversos usos, mas rejeitada para ingestão direta. Nesses casos, notou-se que as comunidades, no geral, optam por consumir água proveniente de cisternas para fins mais nobres.

Quando há alterações no padrão organolépticos da água destinada ao consumo humano, ela torna-se esteticamente indesejável. Por isso, a legislação brasileira estabelece um padrão organoléptico de potabilidade da água, referenciando um valor máximo para parâmetros como cor, sabor e odor da água potável para consumo humano (BRASIL, 2017).

Em muitos poços também foram declarados como tendo seu uso para suprir a necessidade de animais, visto que a prática de criação de animais de pequeno porte é bastante difundida na região rural do município. As principais espécies criadas identificadas em campo foram bovinos, caprinos, ovinos, suínos e aves, em conformidade ao exposto pelo Banco do Nordeste (2017).

Para a criação adequada dessas espécies, a água deve possuir qualidade necessária para não causar prejuízos a produção e saúde animal (PICININ, 2010).

Já a água utilizada para fins de irrigação, essa foi a que apresentou menor incidência dentre os poços públicos em uso, com apenas 3 registros. A baixa incidência nesse quesito pode apresentar relação com a situação econômica da população rural que faz uso desses poços públicos, uma vez que os terrenos são menores, e com o clima da região. Além disso, o não uso da água para esse fim não representa que o mesmo não exista, já que outras fontes de água podem ser utilizadas para suprir tal demanda.

Com as informações colhidas em vistoria, foi possível observar que em períodos de inverno mais chuvoso outras fontes de abastecimento são somadas aos poços, como cisternas e açudes. No entanto, sabe-se que esse tipo de solução em zonas rurais do semiárido não são duradouras, conseguindo manter a população de um período chuvoso até o outro.

Além disso, algumas localidades informaram possuir ligações da Cagece ou SISAR, mas muitos alegaram que o abastecimento de água é interrompido rotineiramente. Esse é realizado através do abastecimento dos açudes de grande porte da região, Gameleira, Poço Verde e Quandú. Porém, quando o nível desse baixa durante períodos de escassez hídrica, essas localidades rapidamente param de receber água. Diante disso, fica explícito a necessidade de se utilizar de forma integrada as fontes de abastecimento existentes.

O consumo de água está aumentando proporcionalmente com sua indisponibilidade por escassez, por degradação ambiental, pelo não uso de maneira sustentável, entre outros fatores. Com isso, as técnicas de gestão devem ser aprofundadas considerando o uso racional da água (CUIABANO; RODRIGUES, 2013). A gestão integrada das águas tem como principal objetivo a alocação, monitoramento e o desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos a fim de potencializar o seu uso sem comprometer a sustentabilidade de ecossistemas (VILLAR, 2016).

As águas subterrâneas, independentemente de seus limites, estão sob o domínio exclusivo dos Estados (art. 26, I da Constituição Federal). Portanto, cabe aos estados colocar em prática a gestão integrada das águas subterrâneas (CAMARGO; RIBEIRO, 2009).

Avaliando a situação atual dos poços na região sertaneja, foi possível verificar que dos 86 poços visitados, 21 possuíam domínio particular, onde o nome do proprietário foi em sua grande maioria adicionado ao cadastro, excetuando aqueles em que o mesmo não foi localizado.

Dos 65 poços públicos da região, foram identificados que somente metade encontra-se em uso, totalizando 33 poços. Desses, a maior parte encontra-se localizado no distrito do Barrento, onde 12 dos 15 poços públicos perfurados estão em funcionamento.

Nos distritos de Marinheiros e Lagoa das Mercês, houve o aproveitamento de 100% dos poços públicos perfurados. Já a zona rural do distrito de Itapipoca foi a que apresentou menos poços em uso no presente momento, apenas 2 dos 12 poços públicos.

A presença de poços secos no município não é muito recorrente, ocorrendo em apenas 5 poços dentre os 65 poços públicos da região sertaneja do município. Esses se apresentaram ainda de forma bastante dispersa pela área de estudo.

Como o objeto desse estudo se trata de poços perfurados majoritariamente no Cristalino, pode-se considerar que cada poço representa um “aquífero” diferente, com características próprias, visto que nesse tipo de embasamento os aquíferos são fissurais, podendo ter grandes diferenças na produtividade e na qualidade da água de poços fisicamente próximos. (FEITOSA e DINIZ, 2011).

Tabela 8 - Situação dos poços da região sertaneja de Itapipoca

Distrito	Total visitado	Poço particular (visita)	Poço público (visita)	Público paralisado	Público em uso	Público seco
Barrento	21	6	15	2	12	1
Lagoa das Mercês	1	0	1	0	1	0
Bela Vista	4	0	4	2	2	0
Marinheiros	3	0	3	0	3	0
Calugi	18	2	16	5	9	2
Cruxati	5	1	4	2	1	1

Itapipoca (zona rural)	17	5	12	9	2	1
Deserto	17	7	10	6	3	1
TOTAL	86	21	65	26	33	6

Fonte: Autora, 2019.

Já os poços paralisados, esses foram contabilizados em um total de 26. Os distritos que mais apresentaram poços nessa situação foram Itapipoca, com 9 poços, Deserto, com 6, e Calugi, com 5. Para entender melhor os motivos para tal, foi elaborada uma tabela apenas com os poços classificados como paralisados (Tabela 9).

Tabela 9 - Poços paralisados da região sertaneja de Itapipoca

Distrito	Poços públicos paralisados	Identificação do poço	Observações
Barrento	2	B17	Sem bomba - Problema com a bomba, todas que colocam queima. Água doce e com boa vazão.
		B18	Entupido - Água boa, mas com baixa vazão. Não tem SISAR.
Lagoa das Mercês	-	-	-
Bela Vista	2	BV1	Entupido - motor caiu no interior do poço.
		BV4	Sem bomba - levaram a bomba para trocar e não trouxeram outra.
Marinheiros	-	-	-
Calugi	5	C2	Fechado - Poço tampado.
		C6	Entupido - galhos no interior do poço.
		C8	Instalado - Parado temporariamente por falta de manutenção da bomba (óleo).
		C10	Entupido - pedras no interior do poço.
		C12	Sem energia - registro da Enel cortado.
Cruxati	2	CX4	Abandonado – Poço instalado, mas sem funcionar devido à baixa vazão.
		CX5	Sem bomba
Itapipoca (zona rural)	9	I1	Sem bomba - Possui dessalinizador desativo.
		I3	Problema na bomba
		I4	Queimou o motor, a prefeitura levou e não trouxe outro.

		I7	Bomba roubada.
		I15	Sem bomba
		I16	Depredado. Água salgada.
		I17	Abandonado – Poço instalado, mas sem funcionar devido à baixa vazão.
		I18	Abandonado – Poço instalado, mas sem funcionar devido à baixa vazão.
		I22	Sem bomba
		D4	Sem bomba
		D8	Abandonado – Poço instalado, mas sem funcionar devido à baixa vazão.
Deserto	6	D14	Entupido - pedras no interior do poço.
		D16	Sem motor - baixa vazão.
		D17	Entupido - pedras no interior do poço.
		D21	Entupido - motor caiu no interior do poço - baixa vazão.

Fonte: Autora, 2019.

Analisando a Tabela 9, pode-se observar que os principais problemas relatados foram referentes a falta de manutenção, entupimento (propositais ou acidentais), baixa vazão e qualidade da água. Naqueles poços onde foi possível realizar a coleta da água, ou seja, que não se encontram entupidos, lacrados ou instalados, foram feitas análises de parâmetros físicos e químicos para verificar a qualidade de suas águas e sua possibilidade de recuperação e que seus resultados serão apresentados a seguir.

5.3 Análise da qualidade da água

Com base nas informações obtidas através das vistorias técnicas, foram selecionados 12 poços para serem realizadas a coleta e a análise da amostra da água. Ao proceder as vistorias, foi percebido que 4 (quatro) poços não possuíam condições para a coleta da amostra.

O poço I03, encontra-se com problema na bomba, no entanto, o poço permanece com suas instalações originais, impedindo que a bomba da equipe fosse instalada para a coleta da água.

O poço I17, o qual foi identificado durante a primeira vistoria, foi soterrado durante o período que antecedeu a coleta, se tornando inviável a análise de sua água.

Já o poço C12 apresentou um problema relacionado a energia, apresentando bomba instalada, impossibilitando a coleta da água. Durante a visita para coleta, foi verificada a possibilidade de ligar sua bomba ao gerador da equipe, no entanto essa solução não foi possível.

Por fim, o poço D4 apresentava-se fechado através de uma construção de alvenaria ao seu redor. Moradores justificaram que a construção se deu devido ao poço estar localizado em área movimentada onde a população estava depredando-o. Durante a visita, a construção foi removida parcialmente, e foi verificado que o poço estava entupido com pedras e galhos, não sendo possível assim sua análise.

Diante do exposto, a análise da qualidade da água foi executada nas amostras de 8 (oito) poços, sendo esses apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 - Poços selecionados no município de Itapipoca/CE

DISTRITO	Nº DE POÇOS SELECIONADOS	IDENTIFICAÇÃO DO POÇO
Barrento	01	B17
Lagoa das Mercês	-	-
Bela Vista	01	BV04
Marinheiros	-	-
Calugi	08	C08
Cruxati	-	-
Itapipoca	05	I01; I04; I15; I16; I22
Deserto	-	-

Fonte: Autora, 2019.

A partir do cálculo do balanço iônico, foi possível verificar que os erros presentes nas análises estão dentro da margem tolerável de 10% (Logan, 1965). Das 08 (oito) amostras, a BV04 apresentou o menor erro de análise (0,68) e a C08 o maior (9,05).

Quanto a classificação iônica, o Diagrama de Piper (Figura 6) mostra que as amostras analisadas nesse estudo na região de Itapipoca são caracterizadas, em

sua maioria, por águas Cloretadas Sódicas, o que pode ser justificado pela litologia do embasamento onde esses estão perfurados e pelo clima da região, onde as elevadas taxas de evaporação, aumentam a concentração do cloreto nas águas subterrâneas.

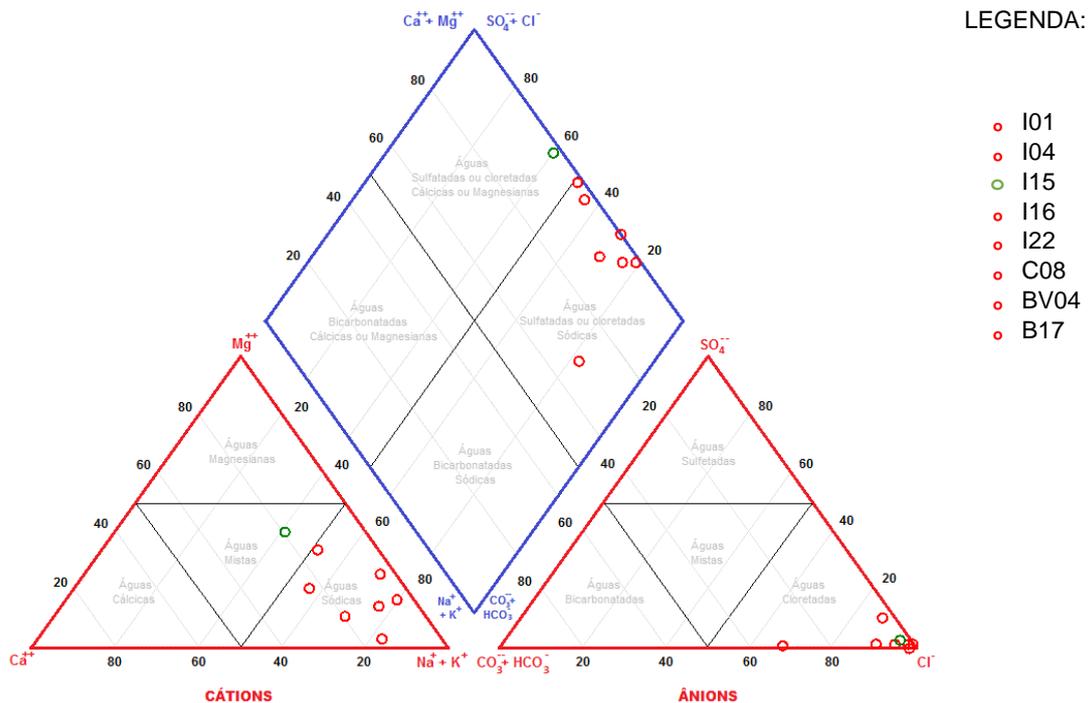
Tabela 11 - Classificação iônica conforme o diagrama de Piper

Nome da amostra	Na + K (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Cl (mg/L)	CO ₃ +HCO ₃ (mg/L)	SO ₄ (mg/L)	Classificação das Águas
I01	669,40	240,00	129,60	1.799,40	101,00	296,60	Cloretada Sódica
I04	807,70	88,00	81,60	1.779,40	142,90	37,60	Cloretada Sódica
I15	1.905,20	784,00	984,00	7.557,70	332,70	315,80	Cloretada Mista
I16	1.119,10	272,00	384,00	3.558,90	103,50	0,60	Cloretada Sódica
I22	663,90	160,00	55,20	1.369,60	234,10	31,50	Cloretada Sódica
C08	273,70	41,60	5,80	411,90	332,70	8,00	Cloretada Sódica
B17	35,90	1,60	6,70	52,00	0,00	1,10	Cloretada Sódica
BV04	132,90	5,60	13,90	231,90	4,90	4,50	Cloretada Sódica

Fonte: Autora através do software *Qualigraf*, 2019.

Somente a amostra coletada no poço I15 apresentou água Cloretada Mista, não apresentando concentração de um cátion qualquer sobre os demais, como é possível visualizar no diagrama, onde a mesma está situada na parte central do diagrama triangular.

Figura 6 - Diagrama de Piper para os poços de Itapipoca/CE



Fonte: Autora através do software *Qualigraf*, 2019.

Em relação as características físicas da água, no presente trabalho foram analisados a turbidez, a condutividade elétrica e os sólidos totais dissolvidos nas amostras.

Richter (1991) define a turbidez da água como o “grau de atenuação de intensidade de um feixe de luz sofre ao atravessá-la”. Essa redução se dá em decorrência da capacidade de absorção e dispersão da luz que as partículas sólidas em suspensão possuem, podendo ser causada por partículas inorgânicas (areia, argila, silte), detritos orgânicos e microrganismos.

Nas amostras analisadas, os resultados apontam para valores majoritariamente altos, com média de 38,88 uT. Os valores obtidos nesse parâmetro variaram de 6 uT (C08) a 133 uT (I01), onde somente dois poços, C08 e I04, apresentaram valores abaixo de 10 uT.

Tabela 12 – Parâmetros físicos das amostras analisadas

Identificação da Amostra	Condutividade Elétrica a 25 °C (mS/cm)	Turbidez (UNT)	Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L STD)
I01	6,23	133	3.255
I04	7,11	7,4	3.100
I15	23,60	18,5	11.925
I16	10,77	15,1	5.507
I22	4,72	19,1	2.572,6
BV04	925 μ S/cm	77	463
C08	1,93	6,0	1.120
B17	277 μ S/cm	35	157

Fonte: Autora, 2019.

A presença de turbidez na água, além de ser esteticamente indesejável, pode ser perigosa, pois as partículas em suspensão podem abrigar microrganismos, dificultando a desinfecção da água.

A condutividade elétrica (CE) em uma amostra de água representa sua facilidade em conduzir corrente elétrica, estando diretamente relacionada com a quantidade de sais dissolvido na forma de íons (FEITOSA *et al.*, 2008). Para águas subterrâneas a condutividade elétrica é apresentada em μ S/cm a uma temperatura de 25°C.

Seus valores, por representarem a carga mineral presente na água, sugerem a litologia local em que a água está em contato. Segundo Silva, Araújo e Souza (2007), o valor de CE em águas subterrâneas do cristalino tende a ser superior a 2,26 mS/cm. Já em águas de bacias sedimentares, predominam valores de CE até 0,75 mS/cm.

Tais valores vão de encontro a realidade do município em questão, uma vez que, conforme apresentado em sua caracterização, nas regiões mais próximas do litoral predominam coberturas sedimentares. Nas análises realizadas, os valores mais baixos foram dos poços B17, de 277 μ S/cm, e BV04, de 925 μ S/cm, se aproximando do valor apresentado pelo autor. Nos demais poços, os valores, com exceção do poço C08, possuem valores bem mais elevados, chegando a 23,60 mS/cm.

Esse parâmetro também fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, aumentando à medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados. Valores demasiadamente altos podem indicar características corrosivas da água (CETESB, 2009).

A condutividade elétrica relaciona-se com a presença de sólidos dissolvidos na água. Dessa forma, na maioria das águas subterrâneas naturais, a condutividade elétrica da água multiplicada por um fator que varia de 0,55 a 0,75, gera uma boa estimativa do valor de sólidos totais dissolvidos na água (FEITOSA *et al.*, 2008).

Os valores de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) representam a concentração de todo o material dissolvido, seja esse volátil ou não, tendendo a aumentar à medida que a água percola diferentes aquíferos. Além disso esse parâmetro pode sofrer influência de fatores como o clima, tempo de contato com o meio físico, características das águas de recarga e contaminação por ação antrópica.

Nos poços em questão, todos os que estão localizados no distrito de Itapipoca (zona rural), possuíram valores bastante altos, variando de 2572,6 mg/L, no poço I22, a 11.925 mg/L, no poço I15. Novamente os resultados apresentaram relação com a rocha onde ocorreu a perfuração, visto que esses se encontram no cristalino.

A presença de STD na água pode alterar suas características organolépticas, as quais podem vir a ser classificadas como salobras ou salinas, conforme a concentração do material dissolvido.

Além das características físicas abordadas, esse estudo analisou 16 (dezesesseis) parâmetros químicos relacionados a qualidade da água, sendo eles pH, dureza, constituintes principais e alguns constituintes secundários, sendo esses discutidos a seguir.

De acordo com Richter (1991) o parâmetro pH é utilizado para expressar a intensidade de uma condição ácida ou alcalina de uma solução, através da medida da concentração ou atividade do íon hidrogênio da mesma. Na água, esse íon provém inicialmente da dissociação de suas próprias moléculas e, posteriormente, sua concentração é aumentada pelo hidrogênio proveniente de outras fontes, como efluentes industriais.

Com variações de 0 a 14, onde quanto menor o valor, mais ácida é a solução e quanto maior, mais básica, sendo neutro com o valor 7, o pH é um parâmetro importante para reações químicas, como a precipitação de elementos químicos tóxicos e a solubilidade de nutrientes, influenciando tanto o tratamento de água quanto de esgoto.

O pH das amostras apresentam uma predominância de águas ácidas, onde 5 (cinco) amostras apresentaram pH variando de 3,9 (B17) a 6,68 (I15). As 3 (três) amostras restantes revelaram caráter neutro, pH igual a 7,06 (I22) e 7,10 (I04) e básico, com pH 8,26 (C08).

Tabela 13 - pH das amostras analisadas

Nome da amostra	I01	I04	I15	I16	I22	C08	B17	BV04
pH	6,50	7,10	6,68	6,21	7,06	8,26	3,9	5,00

Fonte: Autora, 2019.

Os poços localizados no distrito de Bela Vista, BV04, e Barrento, B17, estão situados em solos Podzólico Vermelho Amarelo, os quais possuem como características serem fortemente ácidos. Nesses, os valores de pH são 5 e 3,9, respectivamente.

Já as amostras coletadas no distrito de Itapipoca (zona rural), região de Planossolos Sódicos, indicaram pouca variação, apresentando valores de pH de 6,21 (I16) a 7,10 (I04), exibindo uma tendência a neutralidade, em conformidade com as características do solo.

A dureza é uma característica conferida a água pela presença de alguns íons metálicos, como cálcio (Ca^{+2}) e magnésio (Mg^{+2}), principalmente, além dos íons ferroso (Fe^{+2}), manganês (Mn^{+2}), alumínio (Al^{+3}), etc. Essa característica é conhecida principalmente pela sua capacidade de precipitar sabão, impedindo a formação de espuma. No entanto, outras adversidades também são observadas em águas duras, como a tendência a gerar incrustações e dificuldade no cozimento de alimentos (ZIMBRES, 2011).

Tabela 14 - Resultado das análises laboratoriais para Alcalinidade, Cálcio, Magnésio e Dureza Total

Identificação da Amostra	Alcalinidade Total (mg/L CaCO ₃)	Cálcio (mg/L Ca ⁺²)	Magnésio (mg/L Mg ⁺²)	Dureza Total (mg/L CaCO ₃)
I01	82,8	240,0	129,6	1.140,0
I04	117,2	88,0	81,6	560,0
I15	272,7	784,0	984,0	6.060,0
I16	84,8	272,0	384,0	2.280,0
I22	191,9	160,0	55,2	630,0
BV04	4,0	5,6	13,9	72,0
C08	288,9	41,6	5,8	128,0
B17	0,0	1,6	6,7	32,0

Fonte: Autora, 2019.

As amostras apresentaram valores para dureza variando de 32 a 6.060 mg/L, com uma média de 550,71 mg/L. De acordo com os limites para a classificação da dureza da água apresentados na Tabela 14, observa-se que 05 (cinco) (I01, I04, I15, I16 e I22) estão classificadas como águas muito duras, todas localizadas no distrito de Itapipoca (zona rural), o que representa um percentual de 62,6% das amostras analisadas.

Tabela 15 - Classificação das águas quanto à dureza, conforme Custódio & Llamas

Classificação	Teor de CaCO ₃ (mg/L)
Branda	< 50
Pouco Dura	50 – 100
Dura	100 – 200
Muito Dura	> 200

Fonte: Custódio & Llamas, 1983.

As 03 (três) outras amostras apresentam teor de CaCO₃ entre os intervalos que as classificam como Branda (B17), Pouco Dura (BV04) e Dura (C08).

A principal fonte de dureza na água é a dissolução de rochas calcáreas pelo gás carbônico da água durante sua passagem pelo solo, o que justifica a maior probabilidade de encontrar-se águas subterrâneas com dureza elevada do que águas superficiais (PIVELI, 2006).

Tabela 16 - Resultado das análises laboratoriais para parâmetros químicos

Identificação da Amostra	Bicarbonato (mg/L HCO ₃ ⁻)	Cloreto (mg/L Cl ⁻)	Sulfato (mg/L SO ₄ ²⁻)	Sódio (mg/L Na ⁺)	Potássio (mg/L K ⁺)	Nitrato (mg/L N-NO ₃ ⁻)	Nitrito (mg/L N-NO ₂ ⁻)	Ferro Total (mg/L Fe)	Fluoreto (mg/L F ⁻)	Alumínio (mg/L)	Nitrogênio Amoniacal Total (mg/L N-NH _{3,4})	Amônia (mg/L NH ₃)
I01	101,0	1.799,4	296,6	657,3	12,1	0,1	<0,01	4,2	0,4	0,04	1,6	0,0
I04	142,9	1.799,4	37,6	795,5	12,2	26,5	0,10	0,5	10,0	<0,01	<0,01	0,0
I15	103,5	7.557,7	315,8	1844,0	61,2	1,1	<0,01	1,3	0,7	0,06	<0,01	0,0
I16	234,1	3.558,9	0,6	1067,8	51,3	1,8	<0,01	0,5	2,0	0,06	<0,01	0,0
I22	4,9	1.369,6	31,5	642,0	21,9	5,2	0,12	0,9	0,8	0,02	<0,01	0,0
BV04	332,7	231,9	4,5	110,8	22,1	9,4	<0,01	2,5	0,3	0,04	<0,01	0,0
C08	0,0	411,9	8,0	268,9	4,8	1,9	<0,01	0,1	4,0	<0,01	<0,01	0,0
B17	332,7	52,0	1,1	33,5	2,4	8,3	<0,01	0,5	0,4	0,22	<0,01	0,0

Fonte: Autora, 2019.

* <0,01: inferior ao limite de detecção

Os teores de cloreto (Cl⁻) nas amostras apresentaram valor mínimo de 52 mg/L e valor máximo de 7.577,7 mg/L, com uma predominância de valores altos. Os maiores valores de íons Cl⁻ foram identificados em amostras do distrito de Itapipoca (zona rural), onde os valores variaram de 1.369,6mg/L a 7.557,7 mg/L.

Segundo Feitosa et al. (2008), “os cloretos estão presentes em todas as águas naturais, com valores situados entre 10 e 250mg/L nas águas doces”. Diane dessa declaração, apenas dois poços analisados apresentam valores de cloretos dentro desse limite, os quais são identificados como B17 e BV4. Os poços do distrito de Itapipoca foram os que apresentaram maiores concentrações, com média de 3.217 mg/L.

Essa classificação apresenta conformidade com os resultados de salinidade da água a partir dos valores de STD, onde os menores valores também foram identificados nesses poços, dado que o Cl^- é o íon com maior representatividade na composição da água.

Nas amostras em estudo, a origem do íon provavelmente está associada à captação das águas subterrâneas em meio cristalino, uma vez que o Cl^- é proveniente da lixiviação de minerais ricos em ferro e ferromagnesianos naturais desse tipo de embasamento. O aumento de sua concentração em águas subterrâneas possui relação com a alta solubilidade do elemento e o lento movimento das águas no aquífero (CAVALCANTE, 1998).

O Cl^- também funciona como um bom indicador de fontes de poluição antrópica rica em cloretos, como aterros sanitários, lixões e esgotos domésticos, devendo suas variações em águas naturais ser investigada. No entanto, essa não parece ser a realidade dos poços estudados, uma vez que estão localizados em áreas rurais, distantes de aterros e lixões.

Quanto a contaminação por efluentes, dos 8 (oito) poços analisados, apenas três estão a menos de 50 m de distância de residências, valor esse maior do que os 30 m determinado para distância mínima de fossas. Desses, apenas o I22 apresenta valores alterados para Cl^- .

Além disso, a presença de concentrações elevadas de Cl^- também podem estar associadas a ocorrência de intrusão salina, que apesar de recorrente em regiões costeiras, também não correspondem com a realidade da área de estudo, devido as longas distâncias dos poços ao litoral e das características dos aquíferos da região.

Sulfato (SO_4^{2-}) é um dos íons mais abundantes na natureza e extremamente solúvel em água. Nas águas subterrâneas esse tem origem da oxidação de enxofres presente nas rochas e lixiviação de compostos sulfatados, tendendo a possuir maiores concentrações em regiões áridas, onde sulfatos minerais estão presentes (PIVELI, 2006).

Segundo Feitosa *et al.* (2008), nas águas subterrâneas a concentração de SO_4^{2-} apresenta valores abaixo de 100 mg/L. Nas amostras analisadas, apenas dois poços, I15 e I01, possuem valores superiores, com 315,8 mg/L e 296,6 mg/L,

respectivamente. Esses elevados teores podem indicar poluição, já que esse íon está associado a uma das fases de decomposição de matéria orgânica (RICTHER, 1991). No entanto, os dois encontram-se em locais isolados, a pelo menos 100 m de casas.

Os bicarbonatos (HCO_3^-), assim como Cl^- e SO_4^- , são constituintes principais da água subterrânea. Sua origem também está relacionada a etapa de percolação da água pelo solo, onde são dissolvidos. Em solos ricos em calcáreo, o gás carbônico da água o solubiliza, transformando-o em bicarbonato (CETESB, 2016).

De acordo com os teores de HCO_3^- identificados nas amostras, essas apresentaram valores mínimos de 4,9 e valores máximos de 332,7 mg/L. Em águas subterrâneas, íon HCO_3^- varia de 50 a 350 mg/L (FEITOSA *et al.*, 2008), estando assim, todas as amostras analisadas dentro desse faixa limite.

O sódio (Na^+) é um dos metais alcalinos mais importantes e abundantes em águas subterrâneas. Sua abundância está relacionada com a ampla distribuição dos minerais fontes, baixa estabilidade química dos minerais que o contêm, solubilidade elevada e difícil precipitação da maioria dos seus compostos químicos em solução (FEITOSA *et al.*, 2008). Seus principais minerais fonte são feldspatos plagioclásios, feldspatóides, anfibólios e piroxênios.

As concentrações de Na^+ nas águas subterrâneas variam, em geral, entre 0,1 e 100 mg/L (CETESB, 2016). Nas amostras analisadas, apenas uma, B17, apresenta valor nesse intervalo, 33,5 mg/L. Todas as demais apresentam teor de Na^+ acima de 100mg/L, chegando ao valor máximo de 1.844 mg/L no poço I15.

As concentrações de sódio nas águas variam consideravelmente, dependendo das condições geológicas e climáticas do local, e seu aumento pode indicar contaminação de lançamentos de esgotos domésticos e efluentes industriais.

Apesar de muito abundante na crosta terrestre, o íon potássio (K^+) ocorre em baixas concentrações nas águas subterrâneas, pois é facilmente fixado pelos minerais de argilas, além de seus sais serem intensivamente consumido pelos vegetais. Suas principais fontes são os minerais feldspatos potássicos, micas e leucitas, em rochas ígneas e metamórficas (Zimbres, 2011).

Nos poços analisados, seus valores variam de 2,4 mg/L a 61,2 mg/L. A maioria das amostras excedeu o valor de 10 mg/L apresentado como valor usual desse íon para águas subterrâneas pela CETESB (2016).

Em geral, em casos já estudados na literatura, valores elevados nas concentrações do íon K^+ são associados a descargas industriais e fertilizantes, visto que seus sais são largamente usados na indústria e em áreas agrícolas.

O ferro aparece nas águas subterrâneas principalmente devido à dissolução de minérios ferromagnesianos, como magnetita, biotita, pirita e piroxênios, pelo gás carbônico da água, gerando carbonato ferroso (PIVELI, 2006; ZIMBRES, 2011).

Sua forma principal de ocorrência é como o íon férrico (Fe^{+3}), ocorrendo também como íon ferroso (Fe^{+2}), esse é mais solúvel, sendo mais encontrado em água. No entanto, é facilmente oxidado, mudando para o estado férrico. A determinação da concentração de ferro total em amostra, refere-se aos teores desses dois íons.

Richter (1991) sugere como limite para evitar manifestações indesejáveis relacionadas ao elemento, 0,3mg/L. Partindo desse limite adotado, apenas uma amostra apresenta valor aceitável, C08, nos outros poços os valores variam de 0,5 mg/L a 4,2 mg/L.

O alto teor de ferro em águas subterrâneas pode estar ligado à ocorrência de ferrobactérias, ou mesmo a corrosão do revestimento ou filtro do poço, conferindo a água um sabor amargo adstringente e coloração amarela turva, decorrente de sua precipitação quando oxidado (FEITOSA *et al.*, 2008).

O flúor é encontrado na natureza como fluoreto (F^-), devido à alta reatividade do elemento. A principal fonte de fluoretos em rochas ígneas é a fluorita. Águas subterrâneas de locais onde existem minerais ricos em flúor, como a fluorita, principalmente próximo a montanhas altas e depósitos geológicos de origem marinha, podem apresentar maiores concentrações.

Águas subterrâneas, em geral, apresentam concentrações entre 0,1 e 1,5 mg/L (FEITOSA *et al.*, 2008), mas podem chegar a até 10 mg/L, o que confere normalidade a todas as amostras analisadas.

O alumínio (Al), muito abundante em rochas minerais, é um elemento com baixa solubilidade, não sendo normalmente encontrado em concentrações elevadas em águas subterrâneas. Nos poços analisados, em duas amostras, o valor identificado foi inferior ao limite de detecção. O valor máximo encontrado nas análises realizadas foi de 0,22 mg/L. Em todo o restante, os valores variaram de 0,02 a 0,06 mg/L.

O nitrogênio pode ser encontrado na natureza em suas formas reduzidas, nitrogênio orgânico (dissolvido ou em suspensão) e amoniacal ($\text{N-NH}_{3,4}$, formas oxidadas, nitratos (N-NO_3^-) e nitritos (NO_2^-), resultantes de diversos processos bioquímicos (RICHTER, 1991).

Nas águas subterrâneas, suas origens, em geral, estão relacionada a fontes localizadas na superfície do solo, no horizonte do solo ou em horizontes subsuperficiais rasos, onde a matéria orgânica e o oxigênio são abundantes, como também com a aplicação de fertilizantes em plantações, uso de fossas como deposição final de efluentes sanitários e deposição atmosférica (BAIRD; CANN, 2011).

A quantidade de nitrogênio na água pode indicar poluição recente ou remota, de acordo com sua concentração e pela forma do composto nitrogenado presente na água. Análises que apontam uma predominância do nitrogênio em suas formas reduzidas aponta que o foco de poluição se encontra próximo. Já em amostras em que a concentração de nitrito e o nitrato prevalecem, denota que as descargas de esgotos se encontram distantes (RICHTER, 1991).

O contaminante mais comum identificado em água subterrânea é o nitrogênio na forma de nitrato (NO_3^-), o qual é altamente solúvel em água e pode facilmente ser lixiviado para a água subterrânea. Esse ocorre, em geral, em pequenas concentrações. Águas subterrâneas apresentam, geralmente, teores de nitrato no intervalo de 0,1 a 10 mg/L, porém teores acima de 5 mg/L podem ser indicativos de contaminação da água subterrâneas por atividades antrópicas (FEITOSA *et al.*, 2008).

Nas análises foram identificadas 4 (quatro) amostras com valores acima de 5 mg/L, sendo elas I04, I22, BV04 e B17. As três últimas possuem concentração abaixo de 10 mg/L. No entanto, no poço I04, o teor de NO_3^- chega a 26,5 mg/L, indicando possível poluição remota.

O nitrito (NO_2^-) também se apresenta, normalmente, em pequenas quantidades nas águas superficiais e subterrâneas, em virtude de sua instabilidade na presença do oxigênio, ocorrendo como uma forma intermediária. A presença do íon nitrito indica a ocorrência de processos biológicos ativos influenciados por poluição orgânica (BASTOS, 2007).

O nitrogênio amoniacal total, refere-se à soma das formas iônica (NH_4^+) e molecular (NH_3), sendo essa sua forma mais tóxica (GONÇALVES; SILVÉRIO; SOARES, 2011).

Quanto às concentrações de NO_2^- e NH_3 , todas as amostras não apresentaram grandes desconformidades quanto aos valores considerados comuns para água subterrânea.

Já os teores de amônia tóxica (NH_3) se mostraram nulos em todos os poços. Isso ocorre em decorrência de o cálculo da concentração de NH_3 na amostra de água subterrânea ter como base os parâmetros pH, temperatura e nitrogênio amoniacal total, sendo o pH o principal fator determinante. Na água, sua elevação faz com que o íon amônio (NH_4^+) se transforme em gás amônia (NH_3), aumentando a concentração de amônia tóxica na água. Dessa forma, em ambientes ácidos, o percentual de NH_3 é praticamente nulo.

Para verificar a qualidade da água relacionada aos usos mais apresentados nas fichas técnicas, vamos analisar cada uma das atividades em cada poço.

5.3.1 Qualidade da água para consumo humano

Baseado na Portaria da Consolidação nº5/2017, que apresenta em seu Anexo XX as definições dos procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, selecionou-se os seguintes parâmetros com o objetivo de verificar se os poços em estudo se enquadram nos padrões (Tabela 17), sendo eles: pH, cloreto (Cl^-), dureza total, sulfato (SO_4^{2-}), sódio (Na^+), nitrato (N-NO_3^-), nitrito (N-NO_2^-), turbidez, ferro total (Fe), fluoreto (F^-), alumínio (Al), sólidos totais dissolvidos (STD).

Tabela 17 - Padrões de qualidade da água para consumo humano, referentes aos parâmetros da Portaria da Consolidação nº5/2017

Parâmetro	Unidade	VMP ⁽¹⁾
pH	-	6 a 9,5
Cloreto (Cl ⁻)	mg/L	250
Dureza total	mg/L	500
Sulfato (SO ₄ ⁻²)	mg/L	250
Sódio (Na ⁺)	mg/L	200
Nitrato (N-NO ₃ ⁻)	mg/L	10
Nitrito (N-NO ₂ ⁻)	mg/L	1
Turbidez	uT ⁽²⁾	5
Ferro total (Fe)	mg/L	0,3
Fluoreto (F ⁻)	mg/L	1,5
Alumínio (Al)	mg/L	0,2
Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	mg/L	1.000

Fonte: Portaria da Consolidação nº5/2017, adaptado.

(1) Valor Máximo Permitido.

(2) Unidades de turbidez.

Os resultados das análises físicas e químicas realizadas em laboratório para os parâmetros supracitados são apresentados na Tabela 18, apresentado destacados os valores acima do valor máximo permitido (VMP), ou fora do intervalo estabelecido, no caso do pH, pela já referida Portaria.

Tabela 18 - Resultados das análises físicas e químicas das amostras, referentes aos parâmetros da Portaria da Consolidação nº5/2017

Identificação da Amostra	pH a 25 °C	Cloreto (mg/L Cl ⁻)	Dureza Total (mg/L CaCO ₃)	Sulfato (mg/L SO ₄ ⁻²)	Sódio (mg/L Na ⁺)	Nitrato (mg/L N-NO ₃ ⁻)	Nitrito (mg/L N-NO ₂ ⁻)	Turbidez (UNT)	Ferro Total (mg/L Fe)	Fluoreto (mg/L F ⁻)	Alumínio (mg/L)	Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L STD)
I01	6,50	1.799,4	1.140,0	296,6	657,3	0,1	<0,01	133	4,2	0,4	0,04	3.255

I04	7,10	1.799,4	560,0	37,6	795,5	26,5	0,10	7,4	0,5	10,0	<0,01	3.100
I15	6,68	7.557,7	6.060,0	315,8	1844,0	1,1	<0,01	18,5	1,3	0,7	0,06	11.925
I16	6,21	3.558,9	2.280,0	0,6	1067,8	1,8	<0,01	15,1	0,5	2,0	0,06	5.507
I22	7,06	1.369,6	630,0	31,5	642,0	5,2	0,12	19,1	0,9	0,8	0,02	2.572,6
BV04	5,00	231,9	72,0	4,5	110,8	9,4	<0,01	77	2,5	0,3	0,04	463
C08	8,26	411,9	128,0	8,0	268,9	1,9	<0,01	6,0	0,1	4,0	<0,01	1.120
B17	3,90	52,0	32,0	1,1	33,5	8,3	<0,01	35	0,5	0,4	0,22	157

Fonte: Autora, 2019.

* <0,01: inferior ao limite de detecção

O pH das amostras analisadas encontra-se fora dos padrões estabelecidos para o consumo humano, o qual deve variar de 6 a 9,5, apenas nos poços BV04 e B17, concebendo um caráter ácido a água.

Segundo Chaves (2018), o consumo de uma água ácida, ou seja, com pH inferior a 7, pode causar doenças como gastrite e câncer gástrico.

Quando para uso doméstico, águas com o pH ácido tendem a ser corrosivas ou agressivas a certos metais, paredes de concreto e superfícies de cimento-amianto (RICHTER,1991).

O Cl⁻ apresenta-se acima do VMP (250 mg/L) em 75% das amostras coletadas, com a maioria excedendo consideravelmente esse valor. Em seu valor máximo, no poço I15, que possui 7.557,7 mg/L, a concentração chega a ser 29 (vinte e nove) vezes superior ao padrão determinado.

Somente os poços BV04 e B17, com 231,9 mg/L e 52 mg/L, respectivamente, apresentam valor de concentração desse íon dentro dos padrões de potabilidade.

Como já foi apresentado no presente estudo, o Cl⁻ é um íon muito abundante em águas subterrâneas do cristalino, e o consumo de águas cloretadas não costumam apresentar toxicidade ao ser humano, com exceção de pessoas com insuficiência cardíaca, devido a deficiência no metabolismo de cloreto de sódio (NaCl). Dessa forma, seu controle como padrão de potabilidade está relacionado as alterações organolépticas que esse produz na água (CETESB, 2016).

Conforme Piveli (2006), em concentrações acima de 250 mg/L, o Cl^- apresenta sabor detectável na água, deixando-a salgada e resultando em sua rejeição ao consumo. Além disso, pode provocar efeitos laxativos e corrosão em estruturas hidráulicas.

A dureza total, a qual representa a soma dureza temporária com a permanente, conforme já citado, possui como VMP 500mg/L de CaCO_3 . Considerando esse valor, todos os poços do distrito de Itapipoca (zona rural) estão fora do padrão, o que representa 62,5% das amostras. Esses apresentam valores que variam de 560 mg/L a 6.060 mg/L.

A dureza na água pode provocar inconveniências relacionadas, principalmente, ao uso doméstico da água. A dificuldade de uma água dura em dissolver sabão, a qual está relacionada a presença de Ca^+ e Mg^{+2} , aumenta o consumo de sabão, além de formar uma película insolúvel sobre a pele e superfícies de cerâmica, impossibilitando a realização de limpezas eficientes. Além disso, essa característica da água pode provocar ainda resistência ao cozimento de alimentos (ZIMBRES, 2011).

Quando ingeridas, o consumo de águas duras pode acarretar uma maior incidência de cálculo renal. Ademais, por possuírem relação com altas concentrações de Ca^+ e Mg^{+2} , essas águas também podem possuir um gosto salobro e efeitos laxativos temporários (OPS, 2000).

Para o íon SO_4^{-2} , apenas dois poços, I01 e I15, possuem água fora dos padrões de potabilidade, com concentrações de 296,6 e 315,8 mg/L, respectivamente. Todos os demais apresentam teores bem abaixo do VMP de 250 mg/L.

Águas com SO_4^{-2} acima do VMP podem acarretar incrustações a elevadas temperaturas, além de, segundo Custódio e Llamas (1983), em alguns casos, provocar efeitos laxativos e distúrbios gastrointestinais, quando na presença de Na^+ e Mg^{+2} .

Quanto ao Na^+ , outro íon bastante presente em água subterrâneas do município, todos os poços que apresentaram Cl^- acima do VMP também apresentaram concentrações de Na^+ fora dos padrões de potabilidade para o consumo humano, porém, em concentrações menores.

Nas amostras fora dos padrões, 75% do total analisado, as concentrações variam de 268,9 mg/L, no poço C08, a 1844 mg/L, no poço I15, valor 6 (seis) vezes superior ao VMP.

Assim como em águas cloretadas, as que possuem valores elevados de Na^+ não implicam necessariamente em um risco para a saúde humana. Sua presença na água tem interferência nos padrões organolépticos da mesma, alterando seu sabor e dificultando sua aceitação para consumo humano.

A turbidez nas águas analisadas apresenta-se acima do VMP em 100% das amostras, com valor médio de 38,89 uT. O valor máximo identificado nas amostras foi de 133 UT, no poço I01, 25 (vinte e cinco) vezes acima do estabelecido em legislação. A restrição desse parâmetro a 5 uT está relacionada a influência que a turbidez possui sobre os processos usuais de desinfecção. Em águas turvas, os sólidos em suspensão atuam como um escudo para os microrganismos patogênicos, assim minimizando a ação do agente desinfetante, além de interferir na qualidade estética da água (BRASIL, 2006).

As concentrações de Fe apresentam-se fora dos padrões para 67,5% das amostras. Apenas o poço C08 possui concentração inferior ao VMP, de 0,3 mg/L para esse parâmetro, possuindo teor de 0,1 mg/L de Fe em sua água. Nos demais poços, foi verificado o valor mínimo de 0,5 mg/L em três amostras, referentes aos poços I04, I16 e B17, e o valor máximo de 4,2 mg/L no poço I01.

Para a saúde humana, o consumo de alimentos ricos em Fe ajuda na prevenção de anemias, no entanto, quando consumido em excesso, pode aumentar a incidência de problemas cardíacos. A presença desse elemento pode também provocar a contaminação biológica da água devido ao desenvolvimento de ferrobactérias (ZIMBRES, 2011).

Ademais, águas com elevados teores de Fe apresentam alteração de cor, quando oxidada, e sabor. Seu uso para fins domésticos é restrito, uma vez que provoca manchas em roupas e utensílios de louça, como sanitários (PIVELI, 2006).

Em relação a presença de Al nas amostras, apenas o poço B17 apresenta valor sensivelmente superior ao VMP. Sendo esse 0,2 mg/L e a concentração na amostra em questão 0,22 mg/L.

A concentração de STD na amostra está relacionada ao grau de salinidade da sua água. Esse mede a quantidade de sólidos dissolvidos na amostra, recebendo influência direta da concentração de íons na mesma. Dessa forma, as mesmas amostras que apresentaram valores acima do VMP para Cl^- e Na^+ , também se mostraram com valores fora dos padrões para esse parâmetro. Sua concentração em quantidades excessivas pode apresentar os mesmos inconvenientes que esse íons, tornando a água com sabor indesejado e causando efeitos laxativos.

Os Valores acima do VMP para a concentração de STD na amostra variaram de 1120 mg/L, no poço C08, a 11.925 mg/L no poço I15. Esse último apresenta-se com teor de STD quase 11 (onze) vezes maior do que o padrão permitido, o que torna o poço salino, conforme a classificação de Freeze and Cherry (1979).

Vale ressaltar que mesmo a amostra referente ao poço BV04 esteja dentro dos padrões de potabilidade para consumo humano, isso não a torna doce. Pois, como foi tratado anteriormente, segundo os padrões estabelecidos por Freeze and Cherry (1979), para a classificação das águas quanto a salinidade, essa amostra é classificada como salobra. No entanto, seu grau de salinidade não apresenta grandes inconvenientes se consumido para abastecimento humano, conforme estabelecido na já referida Portaria.

No que se refere aos parâmetros NO_3^- , NO_2^- e F^- , esses representam os maiores riscos à saúde humana quando em elevadas concentrações, sendo por isso estabelecidos seus padrões no Anexo 7 do Anexo XX da Portaria da Consolidação nº5/2017, que trata de substâncias químicas que representam risco à saúde. Todos os demais parâmetros aqui tratados estão na tabela do Anexo 10 do Anexo XX de referida Portaria, referente ao padrão organoléptico de potabilidade.

O NO_3^- , seja de origem mineral ou por fontes poluidoras, é considerado tóxico. Nelas, o NO_3^- é reduzido a NO_2^- na corrente sanguínea, competindo com o oxigênio livre, provocando a falta de oxigenação do sangue. Essa doença é conhecida como metemoglobinemia, e é especialmente perigosa para crianças (RICHTER, 1991).

Já o consumo de águas com concentrações elevadas de NO_2^- , pode ocasionar metemoglobinemia independente da faixa etária do consumidor.

Nas amostras analisadas, o NO_3^- se apresenta maior que o VMP em apenas uma amostra, referente ao poço I04, no qual a concentração é igual a 26,5 mg/L. Já no parâmetro NO_2^- , 100% das amostras analisadas possuem concentração abaixo do VMP pela Portaria. Em 75% dos poços, esse último está presente em concentração inferior ao limite detectável.

Quanto ao íon F^- , quatro amostras apresentaram concentração acima de 1,5 mg/L, VMP para consumo humano. Os valores fora do padrão foram 2 mg/L, 4 mg/L e 10 mg/L, referentes aos poços I16, C08 e I04, respectivamente.

O íon F^- é comumente adicionado às águas de abastecimento público com o objetivo de conferir à população proteção contra cáries dentárias. No entanto, altas concentrações de F^- podem provocar fluorose dentária, que ocasiona manchas no esmalte do dente. Além disso, esse excesso pode estar relacionado a problemas de descalcificação óssea, principalmente em idosos.

5.3.2 Qualidade da água para irrigação

Em regiões semiáridas, onde há uma irregularidade de chuvas, a irrigação se torna a única maneira de garantir a produção agrícola com segurança. No entanto, diante da problemática da escassez de recursos hídricos, a qualidade da água empregada nesse processo, nem sempre é a indicada. A exemplo disso, podemos citar o uso de águas subterrâneas, provenientes de poços – prática comum como solução alternativa de abastecimento de água nessas regiões – que se apresentam muitas vezes salinizadas.

Tais práticas, além de apresentar riscos ao crescimento e desenvolvimento da planta, limitando a produção agrícola, também possui capacidade de alterar as características do solo a que foi submetido. Assim, entender a composição da água, as particularidades do solo e o clima da região é fundamental para a escolha adequada de práticas de manejo.

A qualidade da água para uso na agricultura é verificada principalmente pela concentração de íons, em especial aqueles considerados íons predominantes: cálcio (Ca^{+2}), magnésio (Mg^{+2}), cloreto (Cl^-), sódio (Na^+), potássio (K^+), sulfato (SO_4^{-2})

e bicarbonato (HCO_3^-), mas também observa parâmetros como condutividade elétrica e pH (MESTRINO, 2005). Dessa forma, pode-se considerar os padrões referentes a qualidade da água para fins de irrigação são mais simples, visto que a quantidade de parâmetros a ser considerado é menor comparado aos referentes a qualidade da água para consumo humano.

Segundo Mestrino (2005), cada um dos íons presentes na água provoca efeitos diferentes sobre as culturas. Ao passo que o Ca^+ e o Mg^{+2} funcionam como nutrientes essenciais para as plantas, o Na^+ possui efeito tóxico sobre as mesmas. Além disso, as concentrações dos íons na água também atuam de formas distintas sobre o solo, podendo melhorar ou piorar sua permeabilidade.

As concentrações de Na^+ na água merecem uma atenção especial, visto que esse é um dos íons mais abundantes em águas subterrâneas, objeto de estudo desse trabalho. Altos teores desse íon podem afetar diretamente as características do solo, pois esse pode ser adsorvido pelo solo e modificar suas condições de permeabilidade, sendo assim um importante íon a ser considerado. Já o Ca^+ e o Mg^{+2} agem no sentido de deslocar o Na^+ do solo, no processo de troca catiônica.

Para avaliar o grau de adsorção do Na^+ pelo solo, é calculada a razão de adsorção de sódio (RAS) da água, conforme apresentada na equação (2).

$$\text{RAS} = \frac{r\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{r(\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2})}{2}}} \quad \text{Equação (2)}$$

onde r representa as concentrações em meq/L.

Apesar de ser uma importante determinação, a RAS não apresenta todos os possíveis riscos que a água de irrigação pode causar ao solo, uma vez que águas salinizadas, mesmo que com a RAS baixa, são bastante prejudiciais. Assim, o teor absoluto de sais se apresenta como fator limitante para a agricultura.

A salinidade total da água age tanto sobre o solo, causando variações na estrutura, permeabilidade e aeração do solo – o que afeta indiretamente o crescimento

das plantas – quanto sobre as culturas, limitando a retirada de água através da modificação de processos osmóticos, mesmo em solos úmidos (ZIMBRES, 2011).

Dias *et al.* (2010) explicam o efeito osmótico da seguinte forma: “*as plantas retiram água do solo quando as forças de embebição dos tecidos das raízes são superiores às forças com que a água é retida na raiz do solo*”. Destarte, quanto mais salino for o solo, maiores serão as forças de retenção, reduzindo a absorção de água pela planta.

Para expressar a concentração de sais solúveis na água, o parâmetro mais empregado é a condutividade elétrica (CE), funcionando como indicador do perigo de salinização do solo.

Apesar da necessidade de se determinar o teor de sais da água, não é possível estabelecer limites específicos de concentrações salinas permissíveis para a água de irrigação, uma vez que cada espécie vegetal possui índices de tolerância distintos.

Conforme Zimbres (2011), o uso da água subterrânea para irrigação de plantas deve levar em consideração, além da salinidade da água e da proporção de sódio em referência ao cálcio e ao magnésio, as tolerâncias das culturas e as características do solo e do clima da região.

Dessa forma, para observar a qualidade da água dos poços em estudo quanto ao seu uso para irrigação, iniciou-se avaliando suas características físico-químicas através classificação organizada pelo United States Salinity Laboratory (USSL), a qual baseia-se na Razão de Adsorção de Sódio (RAS), calculado pela equação (2), citada anteriormente, com base nas concentrações dos cátions Na^+ , Ca^{+2} e Mg^{+2} , e na condutividade elétrica (CE).

As categorias de águas para irrigação segundo USSL são classificadas quanto a salinidade em 6 (seis) classes (C_0 , C_1 , C_2 , C_3 , C_4 e C_5), e quanto a sodicidade, em 4 (quatro) (S_1 , S_2 , S_3 e S_4). Para cada classe empregada pelo USSL são indicadas condições de uso, conforme apresentado na Tabela 18.

Tabela 19 – Classificação e indicações de uso para águas de irrigação, segundo diagrama de UUSL

Classe	Salinidade/ Sodicidade	Indicações de uso
---------------	-----------------------------------	--------------------------

C ₀	águas de salinidade fraquíssima	Podem ser utilizadas sem restrições para irrigação.
C ₁	águas de salinidade fraca (CE de 100 a 250 µS/cm a 25°C)	Podem ser utilizadas para irrigar a maioria das culturas, na maioria dos solos, com pequeno risco de incidentes provenientes da salinização do solo, exceto se a permeabilidade do solo for extremamente fraca.
C ₂	águas de salinidade média (CE de 250 a 750 µS/cm a 25°C)	Devem ser usadas com precaução, podendo ser utilizadas em solos silto-arenosos, siltosos ou areno-argilosos quando houver uma lixiviação moderada do solo. Os vegetais de fraca tolerância salina podem ainda serem cultivados na maioria dos casos.
C ₃	águas de alta salinidade (CE de 750 a 2.250 µS/cm a 25°C)	Só podem ser utilizadas em solos bem drenados. Mesmo em solos bem cuidados, devem ser tomadas precauções especiais para evitar a salinização, e apenas os vegetais de alta tolerância salina devem ser cultivados.
C ₄	águas de salinidade muito alta (CE de 2.250 a 5.000 µS/cm a 25°C)	Geralmente não servem para irrigação, podendo ser, excepcionalmente, utilizadas em solos arenosos permeáveis, bem cuidados e abundantemente irrigados. Apenas os vegetais de altíssima tolerância salina podem ser cultivados nestas condições.
C ₅	águas de salinidade extremamente alta (CE de 5.000 a 20.000 µS/cm a 25°C)	São águas utilizáveis apenas em solos excessivamente permeáveis e muito bem cuidados. A única exceção é o cultivo de palmeiras.
S ₁	águas fracamente sódicas	Podem ser utilizadas em quase todos os solos com fraco risco de formação de teores nocivos de sódio susceptível de troca. Se prestam ao cultivo de quase todos os vegetais.
S ₂	águas medianamente sódicas	Apresentam perigo de sódio para solos de textura fina e forte capacidade de troca de cátions. Podem ser utilizados nos solos de textura grosseira ou ricos em matéria orgânica, com boa permeabilidade
S ₃	águas altamente sódicas	Ha perigo de formação de teores nocivos de sódio na maioria dos solos, salvo os gipsíferos. Exigem tratamento especial do solo (boa drenagem, lixiviação e presença de matéria orgânica), e podem ser utilizadas em vegetais com alta tolerância ao sódio.
S ₄	águas extremamente sódicas	Geralmente imprestáveis para a irrigação, salvo se a salinidade global for fraca, ou pelo menos média. Podem ser aplicadas em solos altamente drenáveis ricos em carbonatos.

Fonte: Funceme, 2014; Feitosa *et al.*, 2008, adaptado.

A partir das concentrações dos cátions nas amostras coletadas nos 8 (oito) poços de Itapipoca, identificados através de análises laboratoriais (Tabela 20), foi

utilizado o *software Qualigraf* para gerar o diagrama USSSL, sendo seus resultados expostos a seguir.

Tabela 20 - Resultados das análises físicas e químicas das amostras, referentes aos parâmetros relacionados a qualidade da água para irrigação

Identificação da Amostra	pH a 25 °C	Condutividade Elétrica a 25 °C (mS/cm)	Cloreto (mg/L Cl ⁻)	Cálcio (mg/L Ca ⁺²)	Magnésio (mg/L Mg ⁺²)	Sulfato (mg/L SO ₄ ⁻²)	Sódio (mg/L Na ⁺)	Potássio (mg/L K ⁺)	Nitrato (mg/L N-NO ₃ ⁻)	Nitrito (mg/L N-NO ₂ ⁻)	Nitrogênio Amoniacal Total (mg/L N-NH _{3,4})	Amônia (mg/L NH ₃)	Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L STD)
I01	6,50	6,23	1.799,4	240,0	129,6	296,6	657,3	12,1	0,1	<0,01	1,6	0,0	3.255
I04	7,10	7,11	1.799,4	88,0	81,6	37,6	795,5	12,2	26,5	0,10	<0,01	0,0	3.100
I15	6,68	23,60	7.557,7	784,0	984,0	315,8	1844,0	61,2	1,1	<0,01	<0,01	0,0	11.925
I16	6,21	10,77	3.558,9	272,0	384,0	0,6	1067,8	51,3	1,8	<0,01	<0,01	0,0	5.507
I22	7,06	4,72	1.369,6	160,0	55,2	31,5	642,0	21,9	5,2	0,12	<0,01	0,0	2.572,6
BV04	5,00	925 μS/cm	231,9	5,6	13,9	4,5	110,8	22,1	9,4	<0,01	<0,01	0,0	463
C08	8,26	1,93	411,9	41,6	5,8	8,0	268,9	4,8	1,9	<0,01	<0,01	0,0	1.120
B17	3,90	277 μS/cm	52,0	1,6	6,7	1,1	33,5	2,4	8,3	<0,01	<0,01	0,0	157

Fonte: Autora, 2019.

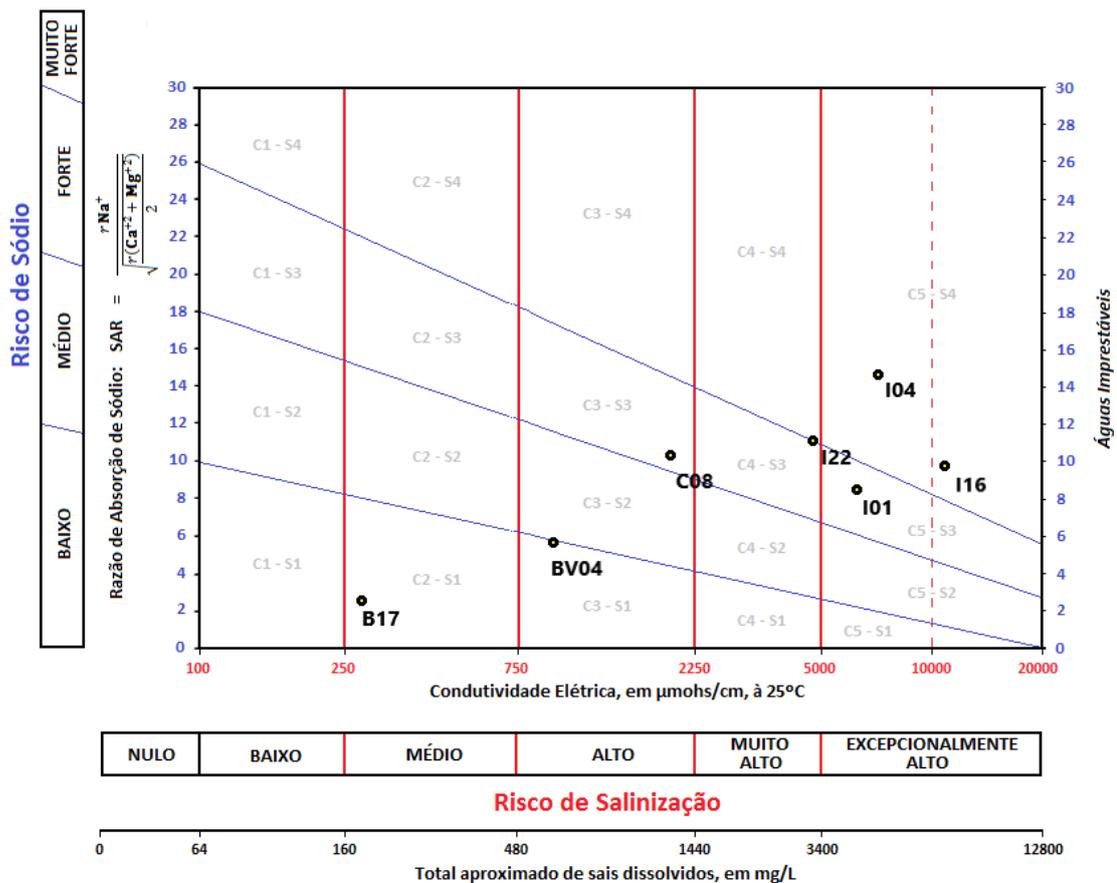
* <0,01: inferior ao limite de detecção

Tabela 21 - Classificação da água para irrigação pelo diagrama do United States Salinity Laboratory (USSSL)

Nome da Amostra	Na (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	C.E.	RAS	Classificação
I01	657,30	240,00	129,60	6230	8,4953	C5 - S3
I04	795,50	88,00	81,60	7110	14,6821	C5 - S4
I15	1.844,00	784,00	984,00	23600	10,3506	-
I16	1.067,80	272,00	384,00	10770	9,7731	C5 - S4
I22	642,00	160,00	55,20	4720	11,1538	C4 - S4
C08	268,90	41,60	5,80	1930	10,3458	C3 - S3
B17	33,50	1,60	6,70	277	2,5944	C2 - S1
BV04	110,80	5,60	13,90	925	5,7139	C3 - S2

Fonte: Autora através do *software Qualigraf*, 2019.

Figura 7 - Diagrama do United States Salinity Laboratory (USSSL) de qualidade da água para irrigação



Fonte: Autora através do software *Qualigraf*, 2019.

Com base nas informações apresentadas na Tabela 21 e nos resultados do diagrama, cada poço foi analisado individualmente para a identificação das possibilidades de uso da água em suas condições atuais.

O poço I01 foi classificado como C5-S3, ou seja, sua água apresenta salinidade extremamente alta e altamente sódica. Assim, para seu uso é necessário que a espécie vegetal seja altamente tolerante a salinidade e a sódio. Quanto ao solo, é necessário que esse possua boa drenagem, excesso de água e matéria orgânica adicional, para que evite os efeitos de possíveis produções de sódio permutável no solo.

Os poços I04 e I16 obtiveram a classificação C5-S4, apresentando os extremos de salinidade e sodicidade. Com teores de sais acima de 5000 µS/cm, as águas desses poços são consideradas inúteis para irrigação, visto que águas com elevada sodicidade necessitam que a salinidade global seja fraca ou média, o que não

se encaixa na situação desses poços. Essa água é contraindicada para fins agrários sem um tratamento prévio.

Já o poço I15 apresentou a pior situação de todos os poços em análise. Sua salinidade é tão alta que o mesmo não é identificado no diagrama USSL. Dessa forma, conclui-se que, se os poços I04 e I16, que apresentam situação um pouco melhor são considerados imprestáveis para irrigação, o poço I15 também deve passar por tratamento prévio para atender a esse fim.

O poço I22 é classificado como C4-S4, com água de salinidade muito alta e extremamente sódicas. Águas com essa classificação não são indicadas para irrigação, as águas desses poços são consideradas inúteis para irrigação, com exceção para locais onde o solo é muito drenado, devendo ser aplicados em plantas que tolerem muito sal e em volumes de água em excesso.

Quanto ao poço C08, classificado C3-S3, água com alta salinidade e sodicidade, necessita que o solo da região a ser utilizado seja bem drenado, e apresentar cuidados especiais para evitar sua salinização. Além disso, as culturas a serem irrigadas devem possuir alta tolerância a sal, de uma forma geral.

O poço B17 apresenta a melhor água para irrigação dentre as amostras analisadas. Esse foi classificado como C2-S1, possuindo água de salinidade média e fracamente sódica. Com essa classificação, a água do poço não apresenta grandes restrições quanto ao sódio, podendo ser utilizada no cultivo de quase todos os vegetais. No que se refere a sua salinidade, a água pode atender a vegetais com baixa tolerância salina, mas deve ser utilizada com precaução quanto a lixiviação do mesmo.

Por fim, o poço BV04, classificado como C3-S2, possui água definida como medianamente sódica, mas com alta salinidade. Indicado para solos mais grossos ou ricos em matéria orgânica, essa água pode ser utilizada para o cultivo de vegetais com alta tolerância salina, mas cuidados especiais quanto ao solo devem ser realizados, como uma boa drenagem.

Apesar de ser uma análise bastante abrangente, a classificação conforme o diagrama do USSL não considera a toxicidade de íons específicos, devendo ser utilizada em conjunto com a análise dos íons cloreto, sulfato e boro. Tais íons, quando presentes na água ou no solo, se acumulam no tecido das plantas, promovendo um

desbalanceamento osmótico celular e desequilíbrios nutricionais (WILLADINO; CÂMARA, 2010).

O boro (B) não foi contemplada nesse estudo, não tendo realizado sua análise.

Quanto aos íons Cl^- e SO_4^{2-} , seus limites foram estabelecidos pela Portaria CONAMA n°396/2008. Para o Cl^- foi determinado que para o uso da água com fins de irrigação, sua concentração máxima deve ser entre 100 e 700 mg/L. Dessa forma, apenas os poços BV04, C08 e B17 possuem concentração adequada desse íon.

Para o SO_4^{2-} , o VMP para irrigação não foi estabelecido. Contudo, em seu Art. 6, a portaria informa que *“os parâmetros que apresentarem VMP para apenas um uso serão válidos para todos os outros usos, enquanto VMPs específicos não forem estabelecidos pelo órgão competente”* (CONAMA, 2008, Art. 6, parágrafo único). Dito isso, para essa análise foi utilizado o valor referente a atividade de uso mais restritiva, sendo o VMP igual a 250 mg/L. Assim, apenas os poços I01 e I15, não atenderam ao limite estabelecido.

Além das características físico-químicas da água, Dias *et al.* (2010) apresentam outros fatores que também devem ser considerados quando se trata de recomendações para uso de águas para irrigação, sendo eles: características do solo; tolerância das culturas produzidas; condições climáticas locais e manejo de irrigação.

As características do solo a que refere quando se trata de irrigação é, principalmente, aos seus aspectos estruturais, uma vez que esses condicionam à sua permeabilidade e conseqüente condução de água e ar. Solos de baixa permeabilidade limitam a lixiviação de sais, intensificando seu grau de salinização. Essas características são as que causam maiores problemas em áreas irrigadas.

Assim, a insistência em ressaltar que, para águas mais salinizadas, o solo deve possuir uma boa drenagem, ocorre devido ao fato que a água que se acumula no solo evapora em parte e torna-se ainda mais concentrada. Assim, em solos mais permeáveis, o problema de acumulação dos sais é menor, podendo ser utilizada águas com qualidade um pouco inferior.

O índice pluviométrico, assim como o índice de evaporação na região, são fatores importantes quanto a determinação dos usos da água com base em sua

composição química. O volume de precipitação na área atua de forma a diluir os sais presentes no solo, permitindo sua lixiviação em casos de terrenos bem drenados. Já o índice de evaporação age de forma oposta. Quanto mais a água é evaporada do solo, maior será sua concentração de sais. Assim, zonas úmidas tendem a apresentar menor teor de sais no solo que as de zonas áridas (GHEYI, 2010).

Considerando que o maior interesse na classificação da água para irrigação está relacionado a produção agrícola, os teores de tolerância das diferentes culturas é o principal fator a ser considerado, uma vez que qualidade da água só pode ser estabelecida diante do contexto para o qual será usada.

A tolerância dos vegetais à salinidade é extremamente variável, havendo desde os que são absolutamente intolerantes, mesmo a pequenos teores, até vegetais que se desenvolvem bem em ambientes altamente salinizados, como as palmeiras.

Conforme apresentado anteriormente durante a caracterização da área de estudo, atividades agrícolas de maior relevância na região sertaneja do município de Itapipoca estão relacionadas ao cultivo do algodão, milho, feijão, carnaúba e caju (IBGE, 2018). Assim, na Tabela 22 são apresentadas as tolerâncias dessas culturas quanto à salinidade.

Tabela 22 - Tolerâncias das culturas quanto à salinidade

Cultura	Nome Científico	Limite de Salinidade (mS/cm)
Algodão	<i>Gossypium hirsutum</i>	7,7
Caju	<i>Anacardium occidentale</i> L.	7,1
Carnaúba	<i>Copernicia prunifera</i>	7,1
Feijão	<i>Phaseolus vulgaris</i>	1,0
Milho	<i>Zea mays</i>	1,7

Fonte: Adaptado de CARNEIRO et al., 2007; HOLANDA et al., 2011; MAAS, 1986 *apud* DIAS, 2010).

De acordo com os valores obtidos nas análises laboratoriais (Tabela 19), apenas os poços B17 e BV04 estão aptos a produção de qualquer uma das culturas citadas na Tabela 22, uma vez que a CE em suas amostras são 277 $\mu\text{S/cm}$ e 925 $\mu\text{S/cm}$, respectivamente.

Sendo as culturas de feijão, milho e caju as mais sensíveis a salinidade, essas não poderão ser irrigadas com as águas dos poços I01, I04, I22 e C08, por esses apresentarem valores de CE que variam de 1,93 mS/cm a 7,11 mS/cm. No entanto, essas poderão ser utilizadas para a plantação de algodão, visto que o cultivo de carnaúba não necessita de irrigação.

Já os poços I15 e I16 apresentaram valores de CE de 23,60 mS/cm e 10,77, respectivamente, sendo contraindicados para irrigação das culturas supracitadas.

Por fim, quando se trata de manejo, a irrigação por aspersão e sob condições de alta evaporação, essa tende a acentuar os distúrbios provocados as plantas devido a salinidade. Isso ocorre devido ao fato de os íons também serem absorvidos via foliar, o que acelera a velocidade de acumulação de íons tóxicos nas plantas, causando queimaduras nas folhas. Sendo assim, para o uso de água com altas concentrações de sais, é indicado a realização de irrigação por superfície (GHEYI, 2010).

5.3.3 Qualidade da água para consumo animal

Devido às características climáticas do semiárido brasileiro, conforme já mencionado reiteradas vezes nesse trabalho, a região apresenta reservas de água limitadas. No entanto, tal problemática não se limita ao aspecto quantitativo desse recurso. A qualidade da água na região, mesmo em períodos chuvosos, se mostra aquém dos padrões ideais como resultado da elevada quantidade de material suspenso, tornando-a turva. Quando em períodos secos, sua qualidade é limitada pela concentração de soluto na água se torna maior, podendo torná-la salinizada.

Diante dessa realidade, o gado, em geral, consome água de qualidade inferior quando comparada à água de consumo humano e vegetal (BRITO *et al.*, 2007).

Conhecer as características físico-químicas das água é essencial para a criação de animais. Essa, além de afetar a qualidade de leite, carne e ovos, podem afetar a saúde dos mesmos, podendo vir a provocar diarreias e mastites (PICININ, 2010).

No Brasil existem duas legislações que estipulam a qualidade da água para dessedentação animal, sendo elas a Resolução CONAMA n° 357/2005, a qual estipula padrões para águas superficiais, e a Resolução CONAMA n° 396/2008, referente a qualidade da água subterrânea. Como o presente estudo se aplica a águas de poços, seguiremos os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 396/2008.

O Anexo I da Resolução CONAMA n° 396/2008 apresenta uma lista de parâmetros com maior probabilidade de ocorrência em águas subterrâneas e seus respectivos Valores Máximos Permitidos (VMP). Desses, 5 (cinco) são parâmetros cujas análises foram realizadas nesse estudo. São eles: Alumínio (Al), Fluoreto (F⁻), Nitrato (N-NO₃⁻), Nitrito (N-NO₂⁻) e Sulfato (SO₄⁻²).

Tabela 23 – Padrões de qualidade da água para dessedentação de animais.

Parâmetros	VMP (mg/L)
Alumínio (Al)	5
Fluoreto (F ⁻)	2
Nitrato (N-NO ₃ ⁻)	90
Nitrito (N-NO ₂ ⁻)	10
Sulfato (SO ₄ ⁻²)	1.000

Fonte: Resolução CONAMA n° 396/2008, adaptada.

Analisando os padrões estabelecidos na norma e os resultados das análises laboratoriais realizadas nos poços de Itapipoca (Tabela 24), os parâmetros Al, NO₃⁻, NO₂⁻ e SO₄⁻², apresentam concentrações bem abaixo do VMP em todos os poços analisados. Quanto ao teores de F⁻ nas amostras, as concentrações apresentaram fora dos padrões nos poços I04 e C08, com valores de 10 mg/L e 4 mg/L, respectivamente.

Tabela 24 - Resultados das análises físicas e químicas das amostras, referentes aos parâmetros relacionados a qualidade da água para consumo animal

Identificação da Amostra	pH a 25 °C	Condutividade Elétrica a 25 °C (mS/cm)	Cloro (mg/L Cl ⁻)	Magnésio (mg/L Mg ⁺²)	Sulfato (mg/L SO ₄ ⁻²)	Sódio (mg/L Na ⁺)	Nitrato (mg/L N-NO ₃ ⁻)	Nitrito (mg/L N-NO ₂ ⁻)	Turbidez (UNT)	Ferro Total (mg/L Fe)	Fluoreto (mg/L F ⁻)	Alumínio (mg/L)
--------------------------	------------	--	-------------------------------	-----------------------------------	---	-------------------------------	--	--	----------------	-----------------------	---------------------------------	-----------------

I01	6,50	6,23	1.799,4	129,6	296,6	657,3	0,1	<0,01	133	4,2	0,4	0,04
I04	7,10	7,11	1.799,4	81,6	37,6	795,5	26,5	0,10	7,4	0,5	10,0	<0,01
I15	6,68	23,60	7.557,7	984,0	315,8	1844,0	1,1	<0,01	18,5	1,3	0,7	0,06
I16	6,21	10,77	3.558,9	384,0	0,6	1067,8	1,8	<0,01	15,1	0,5	2,0	0,06
I22	7,06	4,72	1.369,6	55,2	31,5	642,0	5,2	0,12	19,1	0,9	0,8	0,02
BV04	5,00	925 μS/cm	231,9	13,9	4,5	110,8	9,4	<0,01	77	2,5	0,3	0,04
C08	8,26	1,93	411,9	5,8	8,0	268,9	1,9	<0,01	6,0	0,1	4,0	<0,01
B17	3,90	277 μS/cm	52,0	6,7	1,1	33,5	8,3	<0,01	35	0,5	0,4	0,22

Fonte: Autora, 2019.

* <0,1: inferior ao limite de detecção

Segundo Panziera (2018), a ingestão de altos teores de F⁻ pode afetar a saúde dos animais, principalmente nas espécies bovina, ovina e equina, e, de forma menos comum em suínos e aves, gerando intoxicações que resultam em lesões dentárias, ósseas e, em casos mais severos, gástricas.

Apesar dos parâmetros apresentados na Tabela 22, a Resolução CONAMA n° 396/2008 deixa de estabelecer padrões importantes e que podem gerar prejuízos a saúde e a qualidade do produto animal, como é o caso do Cloreto (Cl⁻), Sódio (Na⁺), Ferro (Fe) e STD. Esses são parâmetros que aparecem no Anexo I da referida resolução, mas não apresentam VMP para dessedentação de animais. Para esses, foram utilizados o VMP do uso mais restritivo, como indica em seu Art. 6.

Para os parâmetros Cl⁻, Sódio Na⁺ e STD foram utilizados os valores de VMP de, respectivamente, 250 mg/L, 200 mg/L e 1.000 mg/L, onde somente os poços BV04 e B17 atenderam a esses padrões. Quanto ao Fe, o VMP foi de 0,3 mg/L, sendo atendido somente pelo poço C08.

Ademais, outros parâmetros igualmente importantes não chegam nem a ser citado nesse anexo, como o pH, CE e o Magnésio (Mg⁺²).

Outro fato importante a ser relatado é que, mesmo sendo reconhecido que os padrões de águas para consumo animal, assim como acontece com as plantas, sofrem influência de diversos fatores, como a espécie animal, a raça, o tamanho, o clima da região etc (FEITOSA *et al.*, 2008), os padrões estabelecidos na resolução em questão não apresentam diferenciações sequer para a espécie animal. Assim,

buscou-se na literatura estudos que apresentassem classificações pertinentes quanto a qualidade da água para consumo animal.

Conforme apresentado no item 5.2. desse trabalho, a produção de animais na área de estudo, apesar de em pequena escala, destinada principalmente ao consumo familiar, apresenta uma diversidade de espécies, sendo identificadas criações de aves, porcos, gado, ovelhas e cabras. Assim, a busca por padrões de qualidade da água em trabalhos científicos teve como premissa o atendimento a essas espécies animais.

Durante o período seco, a salinidade é o principal fator que determina se uma fonte de água é apropriada para o animal (BRITO *et al.*, 2007), uma vez que, em excesso, o consumo de águas com essa característica pode afetar a qualidade da carne e do leite produzidos, ou até mesmo gerar distúrbios fisiológicos, podendo levar a morte do animal.

Considerando as diferentes tolerâncias a salinidade de cada organismo, Runyan e Bader (*apud* Araújo *et al.*, 2011) apontam o grau de salinidade indicado para cada espécie animal através da condutividade elétrica (CE) na amostra (Tabela 25).

Tabela 25 - Salinidade da água para consumo animal

Salinidade (dS/m)	Classificação	Observações
< 1,5	Excelente	Pode ser utilizada para todos os animais.
1,5 a 5,0	Muito boa	Pode ser utilizada para todos os animais. Ocasionalmente pode causar diarreia temporária em animais que não estão acostumados com este tipo de água.
5,0 a 8,0	Muito boa para ruminantes e suínos. Inadequada para avicultura	Pode causar diarreia temporária e ser inicialmente refugada por animais não acostumados com este tipo de água. Causa diarreia aquosa, aumenta a mortalidade e reduz o desempenho, principalmente de perus
8,0 a 11,0	Limitada para ruminantes, equinos e suínos	Razoável para gado de leite e de corte, ovinos, caprinos, suínos e equinos. Deve

	Inadequada para avicultura	ser evitada para animais em gestação e lactação. Não aceitável na avicultura.
11,0 a 16,0	Utilização muito limitada	Não aceitável para a avicultura e suíno cultura. Risco considerável para vacas em gestação e lactação, equinos, ovinos e animais jovens. Em condições extremas pode manter vivos ruminantes, equinos, aves e suínos adultos.
>16,0	Não recomendada	Risco de utilização alto. Sem condições de uso para todas as espécies.

Fonte: Runyan e Bader *apud* Araújo *et al.*, 2011.

Com base nessa classificação, os poços B17 e BV04, com 277 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 925 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente, podem ser utilizados para o abastecimento de todas as espécies animais, sendo classificada como de excelente qualidade quanto aos padrões de salinidade.

Os poços C08 e I22 também atendem a todas as espécies. Com CE de 1,93 mS/cm e 4,72 mS/cm, respectivamente, possuem água classificada como muito boa. Porém, possuem qualidade um pouco inferior aos poços B17 e BV04, podendo causar diarreia temporária em animais não acostumados com este tipo de água.

Já os poços I01 e I04, possuem CE de 6,23 mS/cm e 7,11 mS/cm, respectivamente, não sendo indicada apenas para aves, pois podem causar diarreia aquosa, aumentar a mortalidade e reduzir o desempenho de frangos (SARES, 2010).

O poço I16 possui CE de 10,77 mS/cm, sendo inadequado para avicultura e devendo ser utilizado com cautela para as demais espécies (ovinos, caprinos, suínos e bovinos).

Por fim, o poço I15, possui a maior salinidade das amostras coletadas. Com 23,60 mS/cm de CE, a água desse poço não é recomendada para consumo de nenhuma das espécies, possuindo risco de utilização alto.

Para Brito *et al.* (2007), entre os elementos químicos normalmente presentes em água, o Mg^{+2} é o que tem uma maior probabilidade de causar distúrbios em animais. O autor apresenta ainda níveis de concentrações de Mg para diferentes espécies animais.

Tabela 26 – Níveis de tolerâncias de espécies animais ao magnésio (Mg) nas águas

Espécie	Concentração de Mg (mg/L)
Aves confinadas	< 250
Suínos	< 250
Equinos	250
Vacas lactantes	250
Ovelhas e cordeiros	250
Bovinos de corte	400
Ovinos adultos alimentados com feno	500

Fonte: Ayers e Westcot *apud* Brito *et al.*, 2007.

De acordo com as concentrações de Mg^{+2} nas amostras analisadas, seguindo as recomendações de Ayers e Westcot (*apud* Brito *et al.*, 2007), todos os poços possuem padrões para atender a todas as espécies citadas, com exceção dos poços I15 e I16.

Esses poços (I16 e I15) possuem concentrações de Mg^{+2} de 384 mg/L e 984 mg/L, respectivamente. Assim, o poço I16, quanto a esse parâmetro, fica limitado ao consumo de bovinos de corte e ovinos adultos alimentados com feno. Já o poço I15, em relação a esse critério de qualidade, está restrito ao abastecimento de ovinos adultos alimentados com feno.

No que se trata do pH, a água para consumo animal deve ser próxima da faixa de neutralidade, variando de 6,0 a 8,0. Valores de pH abaixo desse intervalo, ou seja, em águas ácidas, é notado a diminuição da eficiência de conversão alimentar e redução da ingestão de alimentos pelos animais. Já em valores superiores a 9, a água pode conter níveis elevados de Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg), provocando distúrbios digestivos e diarreias.

Nesse critério, os poços BV04 e B17 podem apresentar problemas à saúde animal.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos através das vistorias técnicas em campo no município de Itapipoca, foi possível criar um novo cadastro⁹ com a situação atual dos poços na área de estudo. Além disso, as análises da qualidade da água realizadas nos poços selecionados possibilitaram identificar as limitações de uso dos que estão paralisados e ter uma noção da sua possibilidade de recuperação, conforme apresentado a seguir.

Ao examinar os resultados dos poços de maneira conjunta, conclui-se que 100% das amostras estão fora do padrão de potabilidade, visto que são consideradas águas potáveis aquelas que tiveram todos os parâmetros analisados dentro das normas da Portaria de Consolidação Nº 05/2017 do Ministério da Saúde. Sendo assim, todas as amostras analisadas apresentavam pelo menos um parâmetro fora dos padrões.

Quanto ao uso doméstico, considerando apenas os parâmetros que, ao se apresentarem fora dos padrões de potabilidade causam interferências nas atividades relativas a esse uso (pH, dureza e Fe), o único poço dentro dos padrões foi o C08.

Para irrigação, o único poço cuja água é indicada para todas as culturas da região é o B17, todos os demais apresentam alguma restrição quanto a salinidade, sodicidade ou íons tóxicos. É importante ressaltar que para o uso da água de todos os poços analisados com fins de irrigação devem ser tomadas medidas de controle e proteção do solo, como melhorar a drenagem.

No tocante ao consumo animal, todos apresentaram concentração de Fe fora dos padrões indicados para segurança animal, com exceção do poço C08. No entanto, esse poço apresenta alterações na concentração de F⁻. Ademais, considerando apenas a salinidade da água, principal fator limitante para o consumo da água para esse fim, os poços I22, BV04, C08 e B17 podem ser utilizados para todas as espécies.

⁹ Apêndices C a K.

Tabela 27 – Padrões não atendidos para cada uso preponderante

Identificação do poço	Consumo Humano	Uso Doméstico	Irrigação	Consumo Animal
I01	Cl ⁻ , Dureza, SO ₄ ⁻ , Na ⁺ , turbidez, Fe, STD.	Dureza e Fe.	Algodão, Caju e Carnaúba.	Cl ⁻ , Na ⁺ , Fe, STD. Só não atende a aves ⁽²⁾
I04	Cl ⁻ , Dureza, Na ⁺ , NO ₃ ⁻ , turbidez, Fe, F ⁻ , STD.	Dureza e Fe.	Algodão, Caju e Carnaúba.	Cl ⁻ , Na ⁺ , Fe, F ⁻ , STD. Só não atende a aves ⁽²⁾
I15	Cl ⁻ , Dureza, SO ₄ ⁻ , Na ⁺ , turbidez, Fe, STD.	Dureza e Fe.	Exige tratamento para todas as culturas ⁽¹⁾	Cl ⁻ , Na ⁺ , Mg ⁺² , Fe, STD. Não recomendado para nenhuma espécie ⁽²⁾
I16	Cl ⁻ , Dureza, Na ⁺ , turbidez, Fe, F ⁻ , STD.	Dureza e Fe.	Exige tratamento para todas as culturas ⁽¹⁾	Cl ⁻ , Na ⁺ , Fe, Mg ⁺² , STD. Inadequado para aves. Demais espécies exige uso com cautela ⁽²⁾
I22	Cl ⁻ , Dureza, Na ⁺ , turbidez, Fe, STD.	Dureza e Fe.	Algodão, Caju e Carnaúba.	Cl ⁻ , Na ⁺ , Fe, STD. Atende a todas as espécies, mas pode gerar diarreia temporária em animais não costumados com a salinidade da água ⁽²⁾
BV04	pH, turbidez, Fe.	pH e Fe.	Algodão, Caju, Carnaúba, Milho e Feijão.	pH e Fe. Atende a todas as espécies ⁽²⁾
C08	Cl ⁻ , Na ⁺ , turbidez, F ⁻ , STD.	*	Algodão, Caju e Carnaúba.	Cl ⁻ , Na ⁺ , F ⁻ , STD. Atende a todas as espécies, mas pode gerar diarreia temporária em animais não costumados com a salinidade da água ⁽²⁾
B17	pH, turbidez, Fe, Al.	pH e Fe.	Algodão, Caju, Carnaúba, Milho e Feijão.	pH e Fe. Atende a todas as espécies ⁽²⁾

Fonte: Autora, 2019.

* Atende a todos os padrões.

⁽¹⁾ Com base no diagrama USSL.

⁽²⁾ Com base nos intervalos de salinidade.

No geral, pode-se observar que os problemas mais encontrados nas amostras analisadas são referentes a presença de íons (salinidade, dureza e excesso de F^-), podendo ser solucionados a partir de processos de osmose reversa e troca iônica. A presença de valores elevados de turbidez também pode ser percebida em todas as amostras, necessitando de tratamento de sedimentação simples e filtração.

Em relação as limitações encontradas nesse estudo, pode-se ressaltar a dificuldade em acessar dados relativos aos poços perfurados no Estado, além da falta de informações relevantes em seus cadastros. A inexistência ou a não divulgação de dados referente aos motivos que levaram a inutilização dos poços perfurados interferem diretamente no processo de elaboração de políticas públicas nos municípios, uma vez que geram reiterados custos com equipe técnica, transporte e análises da água desses poços para avaliar a situação real daquele poço a cada período seco.

Vale ressaltar ainda que os relatos documentados no novo cadastro de cada poço podem não condizer com a realidade, uma vez que são informações colhidas diretamente com a população local, sem embasamento científico. Contudo, por partirem de pessoas que tem contato direto com a situação, essas podem servir como indicativo para a necessidade de realização de alguns estudos específicos, mesmo que esses venham a negar tais informações.

Os resultados desta pesquisa sugerem a necessidade de uma maior atenção quanto ao uso de águas subterrâneas para abastecimento da população difusa, uma vez que foi identificado que essa parcela da população faz uso, quando não há poço em funcionamento na região, principalmente de cisternas e pequenos açudes, fontes bastantes susceptíveis aos efeitos de períodos de seca.

Mostra-se relevante que esta discussão vá além da pequena amostra apresentada nesse estudo, visto que existem poços não cadastrados pelos órgãos competentes e que esses possuem meios de intervir sobre os poços cuja coleta da água não foi possível (entupidos ou instalados).

Ademais, os parâmetros aqui analisados, com objetivo de pesquisa, foram reduzidos diante das exigências para cada uso preponderante, sendo, dessa forma,

necessário a ampliação desse estudo, contemplando parâmetros microbiológicos e testes de vazão.

Por fim, considera-se que o desenvolvimento deste trabalho contribui para a elaboração de políticas públicas voltadas para ações de convivência com a seca no município, trazendo um panorama da situação atual dos poços da região sertaneja, além de indicar as possibilidades e limitações para a recuperação de poços paralisados.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **A questão da água no Nordeste**. Brasília: CGEE, 2012. p. 432.

ALDABÓ, R. **Energia solar**. São Paulo: Artiber, 2002.

ALVES, M. G. *et al.* **Qualidade das águas de poços rasos provenientes de áreas urbanas e rurais de Campos dos Goytacazes-RJ**. *In*: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 16., e Encontro Nacional de Perfuradores de Poços, 17., 2010, São Paulo. Anais [...]. Revista Águas Subterrâneas, 2010. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/issue/view/1184>. Acesso em: 10 nov. 2018.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA); AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA); WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WEF). **Standard methods for examination of water and wastewater**. Washington: APHA, 2012. 21. ed. 1496 p.

ARAÚJO, L. G. R. *et al.* **A água nos sistemas de produção de caprinos e ovinos. Produção de caprinos e ovinos no semiárido**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011.

ARTICULAÇÃO SEMIÁRIDO BRASILEIRO (ASA). **Programa Um Milhão de Cisternas**. Disponível em: <http://www.asabrasil.org.br/acoes/p1mc>. Acesso em: 12 nov. 2018.

ARTICULAÇÃO SEMIÁRIDO BRASILEIRO (ASA). **Sobre Nós – História**. Disponível em: <http://www.asabrasil.org.br/sobre-nos/historia>. Acesso em: 12 nov. 2018.

AUDRY, P.; SUASSUNA, J. **A salinidade das águas disponíveis para a pequena irrigação no sertão nordestino: caracterização, variação sazonal, limitações de uso**. Recife: CNPq/FUNDAJ, 1995. 128p.

BAIRD, C.; CANN, M. **Química Ambiental**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

BANCO DO NORDESTE. **Informações Socioeconômicas Municipais**. Itapipoca: BNB, 2017.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.

BARRA, T. S. **Análise climatológica das secas do Estado do Ceará**. 2000. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

BASTOS, R. K.; BEZERRA, N. R.; e BEVILACQUA, P. D. (2007). Planos de Segurança da Água: Novos Paradigmas em Controle de Qualidade da Água para Consumo Humano em Nítida Consonância com a Legislação Brasileira. *In*:

CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24., 2007, Belo Horizonte, MG. **Anais** [...]. Rio de Janeiro, RJ: ABES, 2007. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/8991>. Acesso em: 03 mar. 2019.

BRASIL. **Lei nº 1.348, de 10 de fevereiro de 1951**. Dispõe sobre a revisão dos limites da área do polígono das secas. Brasília, DF, 1951. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L1348.htm. Acesso em: 02 nov. 2018.

BRASIL. Lei nº 7827, de 27 de setembro de 1989. Regulamenta o art. 159, inciso I, alínea c, da Constituição Federal, institui o Fundo Constitucional de Financiamento do Norte - FNO, o Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste - FNE e o Fundo Constitucional de Financiamento do Centro-Oeste - FCO, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 28 set. 1989. Seção 1.

BRASIL. Ministério da integração. **Semiárido Brasileiro**. 2014. Disponível em: <http://www.integracao.gov.br/semiario-brasileiro>. Acesso em: 12 out. 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação nº 05, de 28 de setembro de 2017. Dispõe sobre a consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 03 out. 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 212 p.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 18 mar. 2005.

BRITO, L.T. L. *et al.* Cisterna rural: água para o consumo animal. *In*: BRITO, L.T. L. *et al.* (ed.). **Potencialidades da água de chuva no Semiárido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2007. cap. 5.

CÂMARA INTERMINISTERIAL DE SEGURANÇA ALIMENTAR. **I Plano de Segurança Alimentar e Nutricional**: Biênio 2015/2017. Itapipoca: CAISAN, 2015.

CAMARGO, E.; RIBEIRO, E. A proteção jurídica das águas subterrâneas no Brasil. *In*: RIBEIRO, W. C. **Governança da água no Brasil**: uma visão interdisciplinar. São Paulo: Annablume, FAPESP, CNPq. 2009.

CAMPOS, J. N. B. **Vulnerabilidades hidrológicas do semi-árido às secas**. Brasília: Revista Planejamento e Políticas Públicas, n.16, 1997. p.267-270.

CAPUCCI, Egmont *et al.* **Poços tubulares e outras captações de águas subterrâneas**: orientação aos usuários. Rio de Janeiro: SEMADS, 2001.

CARNEIRO, Paulo T. *et al.* **Sensibilidade do cajueiro anão precoce ao estresse salino na pré-floração**. Recife: Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 2, 2007. p.150-155.

CEARÁ. Conselho dos Recursos Hídricos do Ceará. Resolução CONERH nº 01, de 16 de dezembro de 2009. Estabelece os procedimentos gerais para a lacração e obturação de poços escavados e tubulares e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado**, Fortaleza, 18 fev. 2010. Série 3, ano II, nº032, p. 2. Disponível em: <https://www.srh.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/90/2018/09/RESOLUCAO-CONERH-N%C2%BA-01-DE-16-DE-DEZEMBRO-DE-2009-ESTABELECE-OS-PROCEDIMENTOS-GERAIS-PARA-A-LACRACAO-E-OBTURACAO-DE-POCOS.pdf>. Acesso em: 26 out. 2018.

CEARÁ. Governo do Estado. **Plano Estadual de Convivência com a Seca: Ações Emergenciais e Estruturantes**. Fortaleza, 2015, 93 p. Disponível em: http://www.mpce.mp.br/wp-content/uploads/2016/05/Plano_Convivencia_com_a_Seca_02_03_2015-1.pdf. Acesso em: 11 set. 2018.

CEARÁ. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **PIB dos municípios cearenses**. 2018. Disponível em: <https://www.ipece.ce.gov.br/pib-tabelas-especiais/>. Acesso em: 26 out. 2018.

CETESB. Companhia De Tecnologia De Saneamento Ambiental. **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo, Série Relatórios: Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem (Apêndice A)**. São Paulo: CETESB, 2009.

CHAVES, Juliana Ramos. **Efeitos do consumo de água de pH alcalino em pacientes com gastrite e correlação com marcadores epigenéticos relacionados com a inflamação**. Orientador: André Salim Khayat. 2018. 65 f. Dissertação (Mestrado em Oncologia e Ciências Médicas) - Núcleo de Pesquisas em Oncologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2018. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/10835>. Acesso em: 05 jul. 2019.

CIRILO, José Almir. **Políticas públicas de recursos hídricos para o semi-árido**. São Paulo: Estudos Avançados, v. 22, n. 63, p. 61-82, 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142008000200005&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 02 mai. 2018.

COLVARA, J. G.; LIMA, A. S.; SILVA, W. P. **Avaliação da contaminação de água subterrânea em poços artesianos no sul do Rio Grande do Sul**. Campinas: Brazilian Journal of Food Technology, 2009, v.2, p.11-14.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS (CPRM). Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Programa de Recenseamento de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea no Estado do Ceará**. Diagnóstico do Município de Itapipoca. Fortaleza, 1998.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS (CPRM). Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS)**. Pesquisa Geral. Disponível em: <http://siagasweb.cprm.gov.br>. Acesso em: 22 out. 2018.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS (CPRM). Ministério de Minas e Energia. **Atlas dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Ceará**. Fortaleza, 2000.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS (CPRM). **Noções básicas sobre poços tubulares**. Brasília, 1998.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 396, de 03 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 7 abr. 2008. Seção 1, págs. 66 a 68.

COSTA, S. A. P. **Oferta de águas com níveis de salinidade para ovinos Morada Nova**. Orientador: Gherman Garcia Leal de Araújo. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Ciências Agrárias, Petrolina-PE, 2012.

CUSTÓDIO, E.; LLAMAS, M. R. **Hidrologia Subterrânea**. Barcelona: Omega, 1983. vol. 2. 2. ed.

DANNA, M. F.; MATOS, M. A. **Aprendendo a observar**. São Paulo: Edicon, 2006.

DANNI-OLIVEIRA, I. M.; MENDONÇA, F. **Climatologia noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

DIAS, N. da S.; BLANCO, Flávio F. Efeitos dos sais no solo e na planta. *In*: Gheyi, H. R., da Silva Dias, N., & De Lacerda, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCT Sal, 2010. p. 129-140.

FARIAS, D. S. C. R., FARIAS, S. A. R., & NETO, J. D. Indicação de plantas para Irrigação das águas com teores elevados de sais na região de Boa Vista-PB. *In*: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA, 2016, Foz do Iguaçu. **Anais [...]** Foz do Iguaçu: CONTECC, 2016.

FEITOSA, F. A. C.; DINIZ, J. A. O. Água subterrânea no cristalino da região semiárida brasileira. *In*: CONGRESSO INTERNACIONAL DE MEIO AMBIENTE SUBTERRÂNEO, 2., 2011, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Águas Subterrâneas, 2011. p. 4. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/issue/view/1293>. Acesso em: 02 nov. 2018.

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

FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba. v. 1, n. 1, 2005. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/25215>. Acesso em: 11 set 2018.

FERREIRA, G. M. L. **Atlas Geográfico: Espaço Mundial**. São Paulo: Moderna, 2010. p. 122.

FLICK, U. A. **Uma introdução à pesquisa qualitativa**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.

FREEZE, R. A.; CHERRY, J. A. **Groundwater. Englewood Cliffs**. New Jersey: Prentice Hall, 1979.

FREITAS, M. A. S. **Um sistema de suporte à decisão para o monitoramento de secas meteorológicas em regiões semi-áridas**. Fortaleza: Revista Tecnologia, v. 19, n. 1, 1998. Disponível em: <https://periodicos.unifor.br/tec/article/view/1175>. Acesso em: 13 set 2018.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS (FUNCEME). **Podzólicos Vermelho-Amarelo**. Disponível em: <http://www3.funceme.br/index.php/areas/574-podz%C3%B3licos-vermelho-amarelo>. Acesso em: 20 jul. 2019.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS (FUNCEME). **Planossolos**. Disponível em: <http://www3.funceme.br/index.php/areas/577-planossolos>. Acesso em: 20 jul. 2019.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS (FUNCEME). **Calendário das Chuvas no Estado do Ceará**. Disponível em: <http://www.funceme.br/app/calendario/produto/ceara/media/anual>. Acesso em: 12 out. 2018.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS (FUNCEME). **Estudo integrado da bacia hidrográfica do rio Mundaú-CE**. Relatório de Projeto. Fortaleza: Convênio MCT/FUNCEME, 1997. 3v.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS (FUNCEME). **Qualigraf**. Programa para a análise da qualidade da água. Disponível em: <http://www.funceme.br/index.php/areas/32-menu/462-qualigraf>. Acesso em: 01 dez. 2018.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS (FUNCEME). **Tutorial do programa Qualigraf**. Fortaleza: FUNCEME, 2014.

GHEYI, H. R. Problemas de salinidade na agricultura irrigada. In: OLIVEIRA, T.; ASSIS, J. R.; R. N.; ROMERO, R. E.; SILVA, J. R. C. (Eds.). **Agricultura, sustentabilidade e o semiárido**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p.329-345.

GHEYI, H. R.; D., N. S. ; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados.** Fortaleza: INCT Sal, 2010.

GONÇALVES, C.; SILVÉRIO, P. F.; SOARES, A. Comparação entre níveis de nitrogênio amoniacal e amônia não-ionizável em amostras de água subterrânea. *In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE MEIO AMBIENTE SUBTERRÂNEO, 2., 2011, São Paulo. Anais [...].* São Paulo: Águas Subterrâneas, 2011. p. 4. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/issue/view/1293>. Acesso em: 02 nov. 2018.

GUEDES, T. A., *et al.* **Estatística descritiva.** Projeto de ensino aprender fazendo estatística. Maringá. 2005. Disponível em:

HOLANDA, S. *et al.* **Impacto da salinidade no desenvolvimento e crescimento de mudas de carnaúba.** Campina Grande: Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi, 2011. v. 15, n. 1, p. 47–52.

http://www.each.usp.br/rvicente/Guedes_et_al_Estatistica_Descritiva.pdf. Acesso em: 15 out. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Estatísticas.** Por Cidade. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/por-cidade-estado-estatisticas.html?c=2306405et=destaques>. Acesso em: 12 out. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Mapa de Biomas do Brasil.** Primeira Aproximação. 2004. Disponível em: <http://brasilemsintese.ibge.gov.br/territorio.ht>. Acesso em: 15 jul. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios: Síntese de Indicadores.** 2015. Rio de Janeiro: 2016. p.108.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ (IPECE). **Ceará em mapas.** Classes de solos. Disponível em: http://www2.ipece.ce.gov.br/atlas/capitulo1/12/pdf/1_1_15_classes_solos.pdf. Acesso em: 20 jul. 2019.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ (IPECE). **Perfil Municipal 2017.** Itapipoca. Fortaleza: IPECE, 2018.

KHAN, A. S. *et al.* **Efeito da seca sobre a produção, a renda e o emprego agrícola na microrregião geográfica de Brejo Santo e no estado do Ceará.** Fortaleza: Revista Econômica do Nordeste, v. 36, n. 2, p. 242-262, 2005.

LIMA, E. A. *et al.* **Mapa de variação da concentração total de sais das águas subterrâneas da região nordeste do Brasil.** Brasília: Águas Subterrâneas, 2008.

LOGAN, T. J.; HARRISON, B. J. **Physical characteristics of alkaline stabilized sewage sludge (N-Viro Soil) and their effects on soil physical properties.**

American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America, 1995.

MINAYO, M. C. S. **Pesquisa Social: teoria, método e criatividade**. Petrópolis: Vozes, 1994.

MOBUS, Gilberto. **Qualigraf: software para interpretação de análises físico-químicas, versão Beta**. Fortaleza: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME, 2003. Disponível em <http://www.funceme.br>. Acesso 21 out. 2019.

MONTEIRO, V. P.; PINHEIRO, J. C.V. **Critério para implantação de tecnologias de suprimentos de água potável em municípios cearenses afetados pelo alto teor de sal**. Brasília: Revista de Economia e Sociologia Rural, v. 42, n. 2, p. 365-387, 2004.

MOTTA, J. G. *et al.* **Qualidade da Água Subterrânea na Região do Médio Vale do Itajaí-SC**. Londrina: SEMINA, 2015. p. 283-291.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2º ed. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística–IBGE, 1989.

OLIVEIRA, F. D. A. *et al.* **Estresse salino e biorregulador vegetal em feijão caupi**. Botucatu: Irriga, v. 22, n. 2, p. 314-329, abril-junho, 2017.

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD (OPS). **La salud y el ambiente en el desarrollo sostenible**. Publicación Científica, n. 572. OPS, Washington, D.C., 2000.

PÁDUA, V.L.; HELLER, L. **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte: Editora UFMG, v. 2, 2010.

PANZIERA, W. *et al.* **Intoxicação aguda por fluorsilicato de sódio em bovinos**. Porto Alegre: Acta scientiae veterinariae, 2018. p. 5.

PEDROTTI, A. *et al.* **Causas e consequências do processo de salinização dos solos**. Revista Gestão, educação e tecnologia ambiental, v. 19, n. 2, p. 1308-1324, 2015.

PEREIRA, E. B. *et al.* **Atlas brasileiro de energia solar**. São José dos Campos: Inpe, 2006.

PEREIRA, L. *et al.* **A salinidade das águas superficiais e subterrâneas na bacia da Gameleira, Município de Aiuaba/CE**. São Paulo: Revista Águas Subterrâneas, v. 20, n. 2, 2006.

PICININ, L. C. A. Quantidade e qualidade da água na produção de bovinos de leite. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO ANIMAL E RECURSOS HÍDRICOS, 1., 2010, Concórdia. **Anais [...]**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2010. p. 33.

PIVELI, R. P.; KATO, M. T. **Qualidade das águas e poluição**: aspectos físico-químicos. São Paulo: ABES, 2006. p. 285.

POMPONET, A. S. 100 anos de DNOCS: marchas e contramarchas da convivência com as secas. **Conj. & Planej**, Salvador, n.162, p. 58-65, 2009.

RIBEIRO, L.; BENEDETTI, E. **A importância da qualidade da água na nutrição de ruminantes**. Uberaba: Cadernos de Pós-Graduação da FAZU, v. 2, 2012.

RICHTER, C. A.; NETO, J. M. A. **Tratamento de água**: tecnologia atualizada. (1991). São Paulo: Editora Blucher, 2007. p. 332.

ROCHA, E.F.C. **Prevalência de Doenças de Veiculação Hídrica em Usuários de Águas de Poços Freáticos em Campos dos Goytacazes - RJ**. Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego, v.9, n.1, p.49-67, 2015.

SÃO PAULO. Secretaria de Recursos Hídricos. **Orientações para a utilização de águas subterrâneas no estado de São Paulo**. São Paulo: FIESP, 2015. Disponível em: <https://www.abas.org/arquivos/aguasf.pdf>. Acesso em: 02 out. 2018.

Silva Júnior, L. G. D. A., Gheyi, H. R., & Medeiros, J. F. D. **Composição química de águas do cristalino do nordeste brasileiro**. Campina Grande: Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 3, n. 1, p. 11-17, 1999. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43661999000100011&lng=en&nrm=iso. Disponível em: 12 jun. 2019.

SILVA, F. J. A.; ARAÚJO, A. L.; SOUZA, R. O. **Águas subterrâneas no Ceará—poços instalados e salinidade**. Fortaleza: Revista Tecnologia, v. 28, n. 2, 2007.

SILVA, H. K. P.; SILVA, V. N. L.; SILVA, M. M. **Projeto de recuperação e manutenção de dessalinizadores de água subterrânea no semiárido do Estado de Pernambuco**. São Paulo: Águas Subterrâneas, 2014. Disponível em: <file:///C:/Users/Bahia/Downloads/28274-Texto%20do%20artigo-104107-1-10-20150219.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2018.

SILVA, P. C. G. *et al.* Caracterização do Semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos. *In*: SÁ, I. B.; SILVA, P. C. G. (Ed.). **Semiárido brasileiro**: pesquisa, desenvolvimento e inovação. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. cap. 1, p. 18-48.

SILVA, R. C. A.; ARAÚJO, T. M. **Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA)**. Rio de Janeiro: Ciência e Saúde Coletiva, v. 8, n. 4, p. 1019 - 1028, 2003.

SOARES, N. M. **Quantidade e qualidade da água na produção de aves**. Simpósio produção animal e recursos hídricos, Concórdia, SC—Brasil, p. 46-56, 2010.

SOUZA, M. J. N. *et al.* Condições geo-ambientais do semi-árido brasileiro. **Ciência e trópico**. Recife: FUNDAJ, v. 20, n.1, p. 173-198, jan/jun, 1992.

SRH. Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará. **Consulta tabular**. Disponível em: <http://atlas.srh.ce.gov.br/>. Acesso em: 22 out. 2018.

SUASSUNA, J. Semi-árido: proposta de convivência com a seca. **Cadernos de Estudos Sociais**, v. 23, n. 1-2, 2007.

TORRES, M. V.; SOBRINHO, J. F. Diagnóstico das paisagens no município de Itapipoca (CE) e o uso do solo. **Revista Homem, Espaço e Tempo**, v. 4, n. 2, 2010.

UVO, C. R. B.; NOBRE, C. A. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e a precipitação no norte do Nordeste do Brasil. Parte I: a posição da ZCIT no Atlântico equatorial. **Climanálise**, v. 4, n. 07, p. 34-40, 1989.

VESILIND, P. A.; MORGAN, S. M. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

VILLA, M. A.; ALCÂNTARA, L. **Vida e morte no sertão**: histórias das secas no Nordeste nos séculos XIX e XX. São Paulo: Ática, 2000.

VILLAR, P.C. As águas subterrâneas e o direito à água em um contexto de crise. São Paulo: **Ambiente e Sociedade**, 2016. v. 19, n. 1, p. 85-102.

WILLADINO, L.; CAMARA, T. R. **Tolerância das plantas à salinidade**: aspectos fisiológicos e bioquímicos. Goiânia: Enciclopédia biosfera, v. 6, n. 11, p. 1-23, 2010.

YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

ZIMBRES, E. **Guia avançado sobre água subterrânea**. Rio de Janeiro: Meio Ambiente Pró Brasil, 2011. Disponível em: <http://www.meioambiente.pro.br/agua/guia/aguasubterranea.htm>. Acesso em: 21 out. 2019.



APÊNDICE A - FICHA TÉCNICA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE - PRODEMA

FICHA TÉCNICA PARA IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA POR
 POÇOS SUBTERRÂNEOS NO MUNICÍPIO DE ITAIPUOCA.

Data da visita: _____

1. Identificação do Poço: _____

2. Coordenadas: _____

3. Localização (Bairro/Localidade): _____

4. Situação: () Em uso () Paralisado () Seco

5. Observações:

6. Domínio: () Particular () Público

7. Uso da água:

a. () Ingestão humana (beber ou cozinhar)

b. () Higiene pessoal

c. () Uso doméstico

d. () Criação de animais

e. () Irrigação

f. () Outros: _____

8. Há outras fontes de abastecimento de água?

() Não () Sim _____

9. Há energia próximo? () Não () Sim

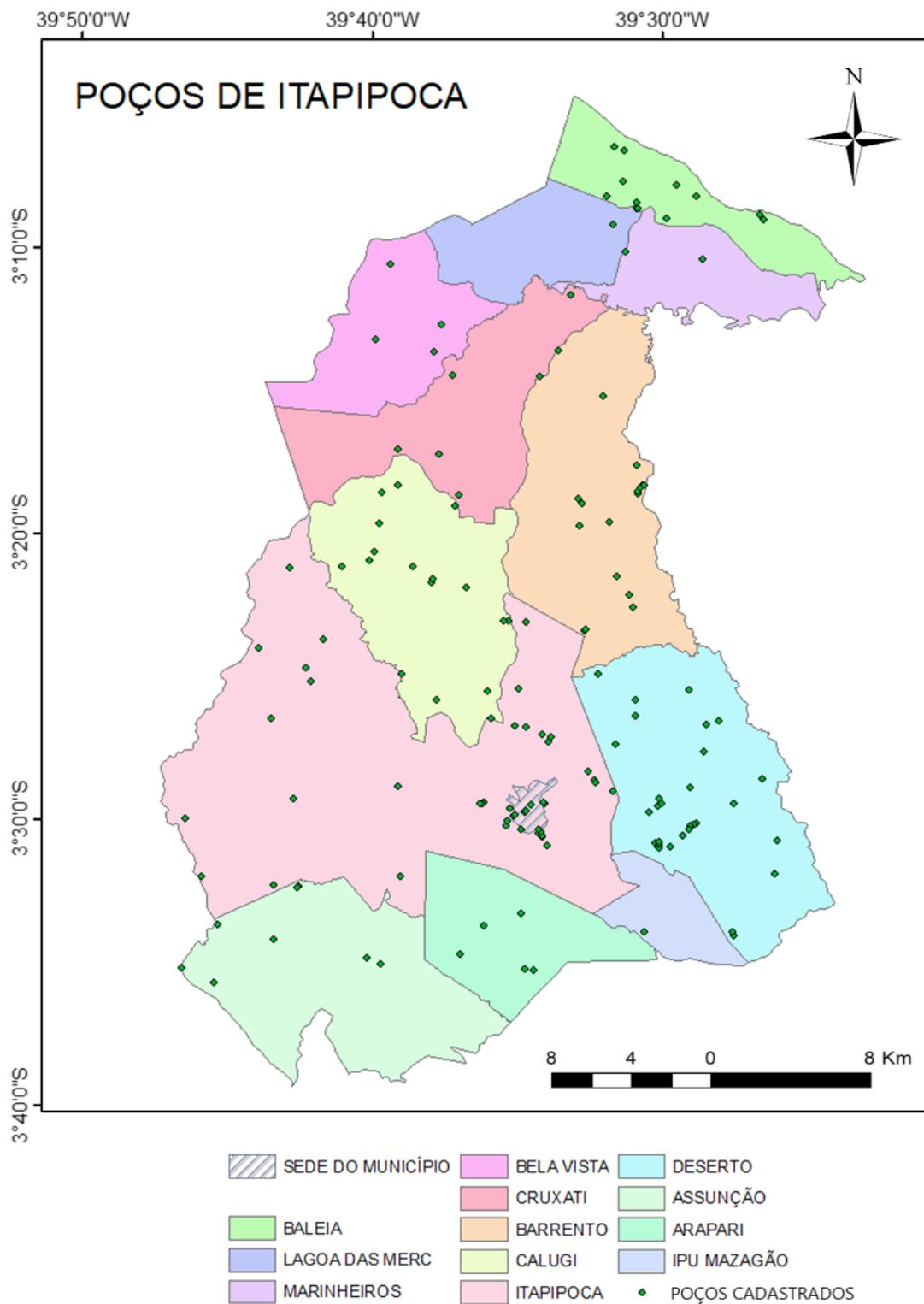
10. Há abastecimento de água pelo SISAR ou Cagece? () Não () Sim

11. Natureza do poço (tipo): () Tubular () Amazonas Obs: _____

12. Número de contemplados: _____

13. Situação do entorno: _____

APÊNDICE B – MAPA DOS POÇOS DE ITAPIPOCA



Fonte: Autora, 2019.

APÊNDICE C – NOVO CADASTRO DOS POÇOS ANALISADOS

Nova Ident.	Identificação CPRM	Data da visita	UTME (CPRM)	UTMN (CPRM)	UTME (IMMI)	UTMN (IMMI)	Bairro/Localidade	Situação	NE (m)	Observação	Domínio	SISAR/CAGECE	Usos da água	Outras fontes de abast.	Tipo	Nº de contemplados	Energia próx.	Condições sanitárias do entorno
I1	2300003243	07.09.2019	9613208	414058	9613129	413445	Campos	Paralisado	2,53	Sem bomba - Possui dessalinizador desativo.	Público	Não	Ingestão humana (cozinhar) Higiene pessoal Uso doméstico Criação de animais	Açude e cisterna.	Tubular	35 famílias	Não	Cercado (com casa de bomba). Distância > 100m de residências
I4	2300015930	07.09.2019	9619592	419473	9619572	419459	Taboca	Paralisado	4,25	Queimou o motor, a prefeitura levou e não trouxe outro.	Público	Não	Ingestão humana (cozinhar) Higiene pessoal Uso doméstico Criação de animais	Rio e Cacimba.	Tubular	37 famílias	Não	Cercado (com casa de bomba). Distância > 50m de residências
I15	2300021621	07.09.2019	9624136	418726	9623919	418552	Barra da Taboca	Paralisado	3,27	Sem bomba.	Público	Não	Ingestão humana (cozinhar) Higiene pessoal Uso doméstico Criação de animais	Cisterna e rio	Tubular	37 famílias	Não	Não instalado (sem casa de bomba). Distância > 100m de residências
I16	2300021625	07.09.2019	9624652	422819	9624643	422822	Caldeirões	Paralisado	5,0	Depredado. Água slagada.	Público	Não	Criação de animais	Cisterna e açude	Tubular	102 famílias	Não	Cercado (com casa de bomba). Distância > 100m de residências

Nova Ident.	Identificação CPRM	Data da visita	UTME (CPRM)	UTMN (CPRM)	UTME (IMMI)	UTMN (IMMI)	Bairro/Localidade	Situação	NE (m)	Observação	Domínio	SISAR/CAGECE	Usos da água	Outras fontes de abast.	Tipo	Nº de contemplados	Energia próx.	Condições sanitárias do entorno
I22	-	07.09.2019	-	-	9612048	418830	Riacho do Sangue	Paralisado	11,16	Sem bomba	Público	Não	Higiene pessoal Uso doméstico Criação de animais	Cisterna e açude.	Tubular	17 famílias	Sim	Não instalado (sem casa de bomba). Distância < 30m de residências
C8	2300016724	12.07.2019	9629351	424037	9629345	424020	Barra do Macaco (CALUGI)	Paralisado	8,26	Instalado - Parado temporariamente por falta de manutenção da bomba (óleo).	Público	Não	Ingestão humana (cozinhar) Higiene pessoal Uso doméstico Criação de animais	Não tem cagece/Sisar. Usa água do açude a 500m da casa.	Tubular	40 famílias	Sim	Cercado (com casa de bomba). Distância > 50m de residências
BV4	2300016716	04.05.2019	9643930	426195	9643957	426214	Cedro (BELA VISTA)	Paralisado	4,14	Sem bomba - levaram a bomba para trocar e não trouxeram outra.	Público	Sim	Uso doméstico	SISAR E CISTERNA.	TUBULAR	150 famílias	Sim	Cercado (com casa de bomba). Distância > 100m de residências
B17	2300022481	04.05.2019	9628759	441577	9628758	441576	Capote (BARRENTO)	Paralisado	13,56m	Sem bomba - Problema com a bomba, todas que colocam queima. Água doce e com boa vazão.	Público	SIM		CISTERNA E SISAR	TUBULAR	15 famílias	Sim	Cercado (com casa de bomba). Distância < 30m de residências

APÊNDICE D – NOVO CADASTRO DOS POÇOS DE ITAPIPOCA (BARRENTO)

Identificação IMMI	Identificação CPRM	Data da visita	UTME (CPRM)	UTMN (CPRM)	UTME (IMMI)	UTMN (IMMI)	Bairro/Localidade	Situação	Observação	Domínio	SISAR/CAGECE	Usos da água	Outras fontes de abast.	Tipo	Nº de contemplados	Energia próx.	Condições sanitárias do entorno
B1	2300000920	04.05.2019	9632233	441074	9632508	441699	BARRENTO	Em uso	Não conseguimos contato com o proprietário do terreno.	Particular	SIM	-	SISAR	TUBULAR	1 família	SIM	Cercado; distante de fossas
B2	2300015907	04.05.2019	9633726	439116	9633854	439282	Corrego dos Cajeiros II (BARRENTO)	Em uso	Água salobra.	Público	NÃO	Ingestão humana (cozinhar) Higiene pessoal Uso doméstico Criação de animais	CISTERNA	TUBULAR	50 famílias	SIM	Não cercado; distante de fossas
B3	2300015926	04.05.2019	9643236	437833	9643225	437859	Tabocal (BRRENTO)	Em uso	Água doce. Abastece uma escola.	Público	NÃO	Ingestão humana (cozinhar) Higiene pessoal Uso doméstico	CACIMBÃO E CISTERNA	TUBULAR	25 famílias	SIM	Não cercado; distante de fossas
B4	2300016674	04.05.2019	9634053	442876													NÃO ENCONTRADO
B5	2300016676	04.05.2019	9634176	442947	9634208	442967	BARRENTO	Paralisado	Água salobra. O motor caiu dentro do poço.	Particular	SIM	-	SISAR	TUBULAR	1 família	SIM	Muita vegetação no entorno, quase não se vê o poço.

B6 2300016677 04.05.2019 9634573 443238

NÃO ENCONTRADO

B7 2300016678 04.05.2019 9635837 442837 9635838 442735 Retiro (BARRENTO) Em uso Água salobra. Público NÃO Higiene pessoal
Uso doméstico
Criação de animais CISTERNA TUBULAR 7 famílias SIM Boas condições de entorno.

B8 2300016679 04.05.2019 9626777 442607 9626815 442615 São Tomé (BARRENTO) Em uso Água salobra. Abastece um colégio e a comunidade. Público SIM Ingestão humana (cozinhar)
Higiene pessoal
Uso doméstico CISTERNA e SISAR TUBULAR 66 famílias SIM Cercado.

B9 2300016697 04.05.2019 9625240 439510

NÃO ENCONTRADO

B10 2300016732 04.05.2019 9631938 439177 9631918 449186 Córrego dos Cajueiros (BARRENTO) Em uso Água doce, mas baixa vazão. Particular NÃO - CACIMBA TUBULAR 1 família SIM Casa abandonada

B11 2300019431 04.05.2019 9634463 443034

NÃO ENCONTRADO

B12	2300019432	04.05.2019	9634627	443333	9634619	443346	BARRENTO				SIM							
B13	2300019433	04.05.2019	9634596	443331	9634587	443343	BARRENTO	Em uso	Só usa quando o açude Gameleira não supre o abastecimento. Muito ferro e sal.	Público	SIM	Abastecimento da população do Barrento.	SISAR	TUBULAR	Abastece Tucum, Barrento, Fazenda velha. E na seca, ainda, Alto da Maritacaca, Sítios novos e Capote.	SIM	Cercado	
B14	2300019434	04.05.2019	9634568	443320	9634574	443328	BARRENTO				SIM							
B15	2300021619	04.05.2019	9627503	442361	9627495	442360	São Tomé (BARRENTO)	Em uso	Água doce.	Público	SIM	Ingestão humana (cozinhar) Higiene pessoal Uso doméstico Criação de animais Irrigação de canteiros	CISTERNA E SISAR	TUBULAR	30 famílias	SIM	Boas condições	
B16	2300021629	04.05.2019	9625340	439545	9614552	434822	Maritacaca (BARRENTO)	Em uso	Um pouco salobra. Pouco uso.	Público	SIM	Ingestão humana (cozinhar) Higiene pessoal Uso doméstico Criação de animais	SISAR	TUBULAR	8 famílias	SIM	Boas condições	
B17	2300022481	04.05.2019	9628759	441577	9628758	441576	Capote (BARRENTO)	Paralisado	Todo motor que coloca queima. Água doce e com boa vazão.	Público	SIM	Ingestão humana (cozinhar) Higiene pessoal Uso doméstico	CISTERNA E SISAR	TUBULAR	15 famílias	SIM	Aberto	

B18	2300022976	04.05.2019	9641552	436666	9641450	436313	Córrego dos tanques (BARRENTO)	Paralisado	Baixa vazão. Entupido. Água doce, mas com capa rosa.	Público	NÃO	-	Cacimba		30 famílias	SIM	-
B19	-	04.05.2019	9617285	444572	9617285	444572	Lagoinha 2	Seco		Público	NÃO	-	Cisterna	TUBULAR	-	SIM	-
B20	-	04.05.2019	9630325	435668	9630325	435668	Sítio do Meio	Em uso	Água salobra	Público	NÃO	Higiene pessoal Uso doméstico	Cisterna	TUBULAR	15 famílias	SIM	Boas condições
B21	-	04.05.2019	-	-	9626239	442530	São Tomé (BARRENTO)	Em uso	Água salobra.	Particular	SIM	Higiene pessoal Uso doméstico	CISTERNA e SISAR	TUBULAR	10 famílias	SIM	Animais soltos próximo.
B22	-	04.05.2019	-	-	9626754	442569	São Tomé (BARRENTO)	Em uso	Água salobra.	Particular	SIM	Higiene pessoal Uso doméstico	CISTERNA e SISAR	TUBULAR	1 família	SIM	Afastado, sob os cajueiros.
B23	-	04.05.2019	-	-	9624930	441256	Araponga (BARRENTO)	Em uso	Água salobra. Com bomba e energia.	Público	SIM	Uso doméstico Criação de animais	CISTERNA e SISAR	TUBULAR	70 famílias	SIM	Cercado
B24	-	04.05.2019	-	-	9632006	439217	Córrego dos Cajueiros (BARRENTO)	Em uso	Água doce.	Particular	NÃO	Higiene pessoal Uso doméstico	Açude	AMAZONAS	1 casa	SIM	Não cercado.

Extra 4 (B25)	-	04.05.2019	-	-	9632478	438572	Córrego dos Cajueiros (BARRENTO)	Em uso	Água doce.	Público	NÃO	Ingestão humana (cozinhar) Higiene pessoal Uso doméstico Criação de animais	CISTERNA	TUBULAR	15 famílias	SIM	Não cercado.
---------------	---	------------	---	---	---------	--------	--	--------	------------	---------	-----	---	----------	---------	-------------	-----	-----------------

APÊNDICE E – NOVO CADASTRO DOS POÇOS DE ITAPIPOCA (LAGOA DAS MERCÊS)

Identificação IMMI	Identificação CPRM	Data da visita	UTME (CPRM)	UTMN (CPRM)	UTME (IMMI)	UTMN (IMMI)	Bairro/Localidade	Situação	Observação	Domínio	SISAR/CAGECE	Usos da água	Outras fontes de abast.	Tipo	N° de contemplados	Energia próx.	Condições sanitárias do entorno
LG 1	2300022484	04.05.2019	9651356	441327	9651361	441323	Barra do Córrego (Lagoa das Mecês)	Em uso.	Doce e com boa vazão.	Público	SIM	Ingestão humana (cozinhar) Higiene pessoal Uso doméstico Criação de animais	SISAR, CISTERNA E LAGOA.	TUBULAR	40 famílias	SIM	Cercado

APÊNDICE F – NOVO CADASTRO DOS POÇOS DE ITAPIPOCA (BELA VISTA)

Identificação IMMI	Identificação CPRM	Data da visita	UTME (CPRM)	UTMN (CPRM)	UTME (IMMI)	UTMN (IMMI)	Bairro/Localidade	Situação	Observação	Domínio	SISAR/CAGECE	Usos da água	Outras fontes de abast.	Tipo	Nº de contemplados	Energia próx.	Condições sanitárias do entorno
BV1	2300016713	04.05.2019	9643194	429921	9643152	429901	Bela Vista	Paralisado	Entupido. Abandonado a mais de 30 anos. A bomba dentro do poço. Água salgada.	Público	SIM	-	SISAR E CISTERNA.	TUBULAR	42 famílias	SIM	Tampa do poço enferrujada. Não cercado.
BV2	2300016714	04.05.2019	9644940	430356	9644993	430378	Celinópolis	Em uso	Não foi identificado nenhum morador nas proximidades.	Público	?	?	?	AMAZONAS	?	SIM	Não cercado.
BV3	2300016715	04.05.2019	9648802	427144	9648770	427188	Croatá/ Ramada I	Em uso	Água salobra. Bebem água da cisterna.	Público	SIM	Ingestão humana (cozinhar) Higiene pessoal Uso doméstico Criação de animais	SISAR E CISTERNA.	TUBULAR	70 famílias	SIM	Cercado
BV4	2300016716	04.05.2019	9643930	426195	9643957	426214	Cedro (BELA VISTA)	Paralisado	Água salobra. Levaram o motor para trocar e não trouxeram de volta.	Público	SIM	Uso doméstico	SISAR E CISTERNA.	TUBULAR	150 famílias	SIM	Cercado

APÊNDICE G – NOVO CADASTRO DOS POÇOS DE ITAPIPOCA (MARINHEIROS)

Identificação IMMI	Identificação CPRM	Data da visita	UTME (CPRM)	UTMN (CPRM)	UTME (IMMI)	UTMN (IMMI)	Bairro/Localidade	Situação	Observação	Domínio	SISAR/CAGECE	Usos da água	Outras fontes de abast.	Tipo	Nº de contemplados	Energia próx.	Condições sanitárias do entorno
M1	2300020547	03.05.2019	9649100	447020	9649078	446985	Vila dos Pracianos (MARINHEIROS)	Em uso	Água salobra.	Público	SIM	Ingestão humana (cozinhar) Higiene pessoal Uso doméstico Criação de animais	SISAR	Tubular	90 famílias	SIM	Cercado
M2	2300022262	03.05.2019	9649614	442128	9649618	442143	Sítio Coqueiro (MARINHEIROS)	Em uso	Água doce.	Público	SIM	Ingestão humana (cozinhar) Higiene pessoal Uso doméstico Criação de animais	SISAR	Tubular	17 famílias	SIM	Cercado
M3 (Extra 5)	-	03.05.2019	-	-	9649501	442056	Sítio Coqueiro (MARINHEIROS)	Em uso	Água doce. Não foi identificado nenhum morador nas proximidades.	Público	?	?	?	Tubular	?	SIM	Cercado

APÊNDICE H – NOVO CADASTRO DOS POÇOS DE ITAPIPOCA (CALUGI)

Identificação IMMI	Identificação CPRM	Data da visita	UTME (CPRM)	UTMN (CPRM)	UTME (IMMI)	UTMN (IMMI)	Bairro/Localidade	Situação	Observação	Domínio	SISAR/CAGECE	Usos da água	Outras fontes de abast.	Tipo	Nº de contemplados	Energia próx.	Condições sanitárias do entorno
C1	2300016710	05.05.2019	9620761	430076			Poço Verde (CALUGI)		Dentro de uma propriedade que não foi possível entrar.								
C2	2300016711	05.05.2019	9628343	429781	9628329	429798	Calugi	Paralisado	Água salgada. Poço foi tampado.	Público	SIM	-	Cagece	Amazonas	80 famílias	SIM	Tampado
C3	2300016717	05.05.2019	9630304	426095	9630253	426006	Córrego José Gonçalves (CALUGI)	Em uso	Água salobra. Pouca vazão. Sem motor.	Público	NÃO	Higiene pessoal Uso doméstico Criação de animais	Poço 14 a 1Km.	Amazonas	13 famílias	SIM	Não cercado.
C4	2300016718	05.05.2019	9625861	434690							NÃO ENCONTRADO						
C5	2300016719	05.05.2019	9625904	434365	9625891	434310	Macaquinho (CALUGI)	Em uso	Água salobra.	Público	NÃO	Higiene pessoal Uso doméstico Criação de animais	Cisterna	Tubular	20 famílias	SIM	Cercado
C6	2300016722	05.05.2019	9621319	433303	9621306	433342	Lagoa da Cruz (CALUGI)	Paralisado	Água salgada. Poço foi entupido com galhos. Abandonado a quase 20 anos. Havia um cata-vento, que tombou.	Público	SIM	Higiene pessoal Uso doméstico Criação de animais	Cagece	Tubular	15 famílias	SIM	Muita vegetação sobre o poço.
C7	2300016723	05.05.2019	9619631	433554	9619638	433536	Lagoa da Cruz (CALUGI)	Em uso	Água salobra.	Público	SIM	Higiene pessoal Uso doméstico Criação de animais	Cagece	Tubular	300 famílias	SIM	Cercado

C19 (Adicional 1)	-	-	-	-	9621025	433979	Lagoa da Cruz (CALUGI)	Em uso	Água doce.	Público	SIM	Ingestão humana (comer e cozinhar) Higiene pessoal Uso doméstico Criação de animais	Cagece e cisterna	Tubular	40 famílias	SIM	Cercado
C8	2300016724	05.05.2019	9629351	424037	9629345	424020	Barra do Macaco (CALUGI)	Paralisado	Água salobra. Falta de manutenção no motor.	Público	NÃO	Ingestão humana (cozinhar) Higiene pessoal Uso doméstico Criação de animais	Não tem cagece/Sisar. Usa água do açúde a 500m da casa.	Tubular	40 famílias	SIM	Cercado
C9	2300016727	05.05.2019	9633283	431279	9633154	431364	Bastiões (CALUGI)	Em uso	Água salobra.	Particular	NÃO	Ingestão humana (cozinhar) Higiene pessoal Uso doméstico	tem os canos, mas não tem água da Cagece.	Tubular	1 família	SIM	Dentro da residência.
C10	2300021620	05.05.2019	9634132	426581	9634130	426846	Cura I (CALUGI)	Paralisado	Entupido com pedra. Pouca vazão e água salobra.	Público	NÃO	Ingestão humana (cozinhar) Higiene pessoal Uso doméstico Criação de animais	Não tem Cagece. Cacimba e cisterna.	Tubular	70 famílias	SIM	Foi completamente soterrado.
C11	2300021622	05.05.2019	9634568	427622	9634566	427625	Cura II (CALUGI)	Em uso	Água salobra.	Público	NÃO	Ingestão humana (cozinhar) Higiene pessoal Uso doméstico Criação de animais	Água encanada do poço.	Tubular	70 famílias	SIM	Cercado
C12	2300021626	05.05.2019	9622428	427846	9622601	428314	Gangorra (CALUGI)	Paralisado	Água muito salgada. Coelce cortou o registro.	Público	SIM	Uso doméstico Criação de animais	Sisar	Tubular	70 famílias	SIM	Próximo ao rio.
C13	2300022351	05.05.2019	9628012	431984	928002	431996	Macaco (CALUGI)	Em uso	Motor sapo, muito fraco. Água salgada.	Público	NÃO	Ingestão humana (cozinhar) Higiene pessoal Uso doméstico Criação de animais	Cisterna e cacimba.	Tubular	15 famílias	SIM	Local aberto.

C14	2300022352	05.05.2019	9632164	426447	9632155	426453	Córrego José Gonçalves (CALUGI)	Em uso	Água pouco salobra. Poço raso, baixa vazão.	Público	NÃO	Higiene pessoal Uso doméstico Criação de animais	Cisterna.	Tubular	20 famílias	SIM	Local aberto.
C15	2300022353	05.05.2019	9628548	429842			Calugi	Seco	-	Público	SIM	?	CEGECE	Tubular	?	SIM	-
C20 (Adicional 2)	-	-	-	-	9639753	426045	Córrego José Gonçalves (CALUGI)	Em uso	Água salobra.	Público	NÃO	Higiene pessoal Uso doméstico Criação de animais	Não tem Cagece. Cacimba e cisterna.	Tubular	112 famílias	SIM	Cercado
C16	2300022354	05.05.2019	9629756	425798	9629756	425812	Arisco (CALUGI)	Em uso	Água salgada. Tem o maquinário do dessalinizador, mas falta o transformador para ligar. A bomba foi trocada em 2019.	Público	NÃO	Higiene pessoal Uso doméstico Criação de animais	Não tem Cagece. Cacimba e cisterna.	Tubular	35 famílias	SIM	Cercado
C17			9631540	428729			Pirangi (CALUGI)	Seco	-	Público	NÃO	?	Cisterna e cacimba.	Tubular	?	SIM	-
C18			9637065	424773			Santa Rita					NÃO ENCONTRADO					

APÊNDICE I – NOVO CADASTRO DOS POÇOS DE ITAPIPOCA (CRUXATI)

Identificação IMMI	Identificação CPRM	Data da visita	UTME (CPRM)	UTMN (CPRM)	UTME (IMMI)	UTMN (IMMI)	Bairro/Localidade	Situação	Observação	Domínio	SISAR/CAGECE	Usos da água	Outras fontes de abast.	Tipo	Nº de contemplados	Energia próx.	Condições sanitárias do entorno
CX1	2300015928	05.05.2019	9646807	438621							NÃO ENCONTRADO						
CX2	2300016726	05.05.2019	9636928	427630	9638912	427628	Betânia	Não instalado	-	Particular	NÃO		Cacimba.	Tubular	1 família	Sim	Em uma plantação de feijão.
CX3	2300016745	05.05.2019	9636614	430205							NÃO ENCONTRADO						
CX4	2300016746	05.05.2019	9641620	431092	9641642	431128	Salsa	Paralisado	Água doce, mas com baixa vazão.	Público	NÃO	Ingestão humana (cozinhar) Higiene pessoal Uso doméstico Criação de animais	Cacimba.	Tubular	60 famílias	Sim	Cercado
CX5	2300016747	05.05.2019	9633921	431494	9633994	430994	Bastiões	Paralisado	-	Público	NÃO	-	Cisterna e Cacimba.	Tubular	300 famílias	Sim	Cercado, mas abandonado.
CX6			9635944	429199			Bastiões										NÃO ENCONTRADO
CX7			9640263	424534			Lagoa de Dentro	Em uso	-	Público	NÃO	Ingestão humana (cozinhar) Higiene pessoal Uso doméstico Criação de animais		Tubular		Sim	Cercado
CX8			9636867	427462			Betânia	Seco	-	Público		-		Tubular		Sim	-

APÊNDICE J – NOVO CADASTRO DOS POÇOS DE ITAPIPOCA (ITAPIPOCA-SEDE)

Identificação IMMI	Identificação CPRM	Data da visita	UTME (CPRM)	UTMN (CPRM)	UTME (IMMI)	UTMN (IMMI)	Bairro/Localidade	Situação	Observação	Domínio	SISAR/CAGECE	Usos da água	Outras fontes de abast.	Tipo	N° de contemplados	Energia próx.	Condições sanitárias do entorno
11	2300003243	07.09.2019	9613208	414058	9613129	413445	Campos	Paralisado	Água salgada. Possui dessalinizador desativo.	Público	NÃO	Ingestão humana (cozinhar) Higiene pessoal Uso doméstico Criação de animais	Açude e cisterna.	Tubular	35 famílias	Sim	Cercado, mas com muita vegetação.
I22	-	07.09.2019	-	-	9612048	418830	Riacho do Sangue	Paralisado	Água doce.	Público	NÃO	Higiene pessoal Uso doméstico Criação de animais	Cisterna e açude.	Tubular	17 famílias	Sim	Boas condições.
12	2300003255	07.09.2019	9608930	419640							Não encontrado						
13	2300015929	07.09.2019	9622840	421699	9622940	422212	Lagoa das Carnaúbas	Paralisado	Água salobra. Problema no motor. Boa vazão.	Público	SIM	Higiene pessoal Uso doméstico Criação de animais	Sisar e cisterna	Tubular	70 famílias	Sim	Boas condições.

14	2300015930	07.09.2019	9619592	419473	9619572	419459	Taboca	Paralisado	Queimou o motor, a prefeitura levou e não trouxe outro. Água salgada.	Público	NÃO	Ingestão humana (cozinhar) Higiene pessoal Uso doméstico Criação de animais	Rio e Cacimba.	Tubular	37 famílias	Sim	Aberto	
15	2300015935	07.09.2019	9618078	437205	SEDE													
16	2300015936	07.09.2019	9618449	437377														
17	2300015945	07.09.2019	9622016	422065	9622054	422086	Lagoa do Carneiro	Paralisado	Bomba roubada. Água salgada.	Público	SIM	Criação de animais	Sisar e cisterna	Tubular	109 famílias	Sim	Muita vegetação no entorno.	
18	2300016681	07.09.2019	9615642	440131	Não encontrado													
19	2300016706	07.09.2019	9615226	427594	-	-	Lagoa das bestas	Paralisado	Particular									
110	2300016707	07.09.2019	9609430	427800	Não encontrado													
111	2300016728	07.09.2019	9618546	436801	-	-	Fazenda Santa Helena	Paralisado	Particular									
112	2300016729	07.09.2019	9619073	435809	-	-	Fazenda Santo Antonio	Em uso	Particular									

I13	2300016730	07.09.2019	9619164	435098	-	-	Bruziguim	Em uso					Particular				
I14	2300016731	07.09.2019	9621480	435325	-	-	Cedro	Em uso					Particular				
I15	2300021621	07.09.2019	9624136	418726	9623919	418552	Barra da Taboca	Paralisado	Água salgada.	Público	NÃO	Ingestão humana (cozinhar) Higiene pessoal Uso doméstico Criação de animais	Cisterna e rio	Tubular	37 famílias	Sim	Em boas condições.
I16	2300021625	07.09.2019	9624652	422819	9624643	422822	Caldeirões	Paralisado	Depredado. Água salgada.	Público	NÃO	Criação de animais	Cisterna e açude	Tubular	102 famílias	Sim	Na estrada.
I17	2300021627	07.09.2019	9614462	420926	9614459	420933	Arrudiador	Paralisado	Pouca água. Salobra.	Público	NÃO	Criação de animais	Cisterna e açude	Tubular	15 famílias	Não	Na estrada.
I18	2300021628	07.09.2019	9624132	418737	9624127	418736	Barra da Taboca	Paralisado	Pouca água. Salgada. Deu em uma pedra.	Público	NÃO	Higiene pessoal Uso doméstico Criação de animais	Cisterna, Rio e Açude.	Tubular	34 famílias	Sim	Em boas condições.
I19	2300021851	07.09.2019	9625804	435793	9625812	435778	Macaquinho	Em uso	Possui dessalinizador.	Público	NÃO	Ingestão humana (beber e cozinhar)	Cisterna	Tubular	18 famílias	Sim	Em boas condições.
I20	2300022495	07.09.2019	9609452	415064	9609456	415062	Livramento	Em uso	Salobra	Público	SIM	Higiene pessoal Uso doméstico Criação de animais	Sisar, cisterna e açude Missi.	Tubular	100 famílias	Sim	Em boas condições.

I21	2300020682	07.09.2019	9616153	439734	-	-	Júlio	Seco	-	Público	SIM	-	-	Tubular	-	-	-
-----	------------	------------	---------	--------	---	---	-------	------	---	---------	-----	---	---	---------	---	---	---

APÊNDICE K – NOVO CADASTRO DOS POÇOS DE ITAUIPOCA (DESERTO)

Identificação IMMI	Identificação CPRM	Data da visita	UTMN	UTME	Bairro/Localidade	Situação	Observação	Domínio	SISAR/CAGECE	Usos da água	Outras fontes de abast.	Tipo	Nº de contemplados	Energia próx.	Condições sanitárias do entorno
D 1	2300016680								NÃO ENCONTRADO						
D 2	2300016684								NÃO ENCONTRADO						
D 3	2300016685	11.07.2019	9618632	446650	Vila Morada Nova	Em uso		Particular	NÃO	Criação de Animais Irrigação	Cisterna e Açude	Tubular	1 família	Sim	Animais soltos no entorno. Distante da fossa
D 4	2300016686	11.07.2019	9619434	448070	NOVA ASSIS	Paralisado	Fechado há mais de 10 anos Água salobra Sem motor	Público	SIM	Criação de animais Irrigação (milho e feijão)	SISAR e Cisterna	Tubular	-	Sim	-
D 5	2300016689	11.07.2019	9611415	445035	Deserto	Em uso	Boa vazão Salobra	Particular	SIM	Ingestão humana Higiene pessoal Uso doméstico	SISAR e Cisterna	Amazonas	1 família	Sim	Fossa próximo
D 6	2300016692								NÃO ENCONTRADO						
D 7	2300016693								NÃO ENCONTRADO						

D 8	2300016694	11.07.2019	9611451	444181	SÍTIO MATA	Paralisado	Baixa vazão	Público	SIM	Criação de animais Irrigação	SISAR	Tubular	20 famílias	Sim	Animais soltos no entorno.
D 9	2300016695	11.07.2019	9611396	444269	SÍTIO MATA	Em uso	Salobra	Particular	SIM	Ingestão humana Higiene pessoal Uso doméstico Criação de animais Irrigação	SISAR	Tubular	10 famílias	Sim	Boas condições
D 10	2300016696	11.07.2019	9611336	444330	SÍTIO MATA	Paralisado	Baixa vazão	Particular	SIM	-	SISAR	Tubular	2 famílias	Sim	-
D 11	2300016698	11.07.2019	9611522	444175	SÍTIO MATA	Paralisado	Água barrenta	Particular	SIM	Irrigação	SISAR	Tubular	1 família	Sim	Perto de fossa.
D 12	2300016699	11.07.2019	9611441	444115	LAGOA DE BAIXO	Em uso	Boa vazão o ano todo. Salobra	Particular	SIM	Criação de animais Irrigação	SISAR	Tubular	4 famílias	Sim	Animais soltos no entorno.
D 13	2300016700	11.07.2019	9614108	444081	LAGOA DE BAIXO	Em uso	Boa vazão. Salobra	Particular	SIM	Criação de animais Irrigação	Sim. SISAR	Tubular	famílias	Sim	Animais soltos no entorno.

D 17	-	11.07.2019	9614008	449078	LAGOA DE BAIXO	Paralisado	Entupido com pedra. Salgado	Público	SIM	Ingestão humana Higiene pessoal Uso doméstico	Sim. SISAR/Cisterna	Tubular	70 famílias	sim	-
D 18	-	11.07.2019	9613948	448956	LAGOA DE BAIXO	em uso	Salobra	Público	SIM	Ingestão humana Higiene pessoal Uso doméstico Criação de animais	Sim. SISAR/Cisterna	Tubular	70 famílias	sim	-
D 14	2300021623	11.07.2019	9619736	442748	GROTAS	Paralisado	Entupido com uma pedra. Pouco salobra.	Público	NÃO	Só consumo de casa	Cisterna Carro pipa Açude pequeno (a 500m)	Tubular	12 famílias	Não	-
D 19	-	11.07.2019	9620781	442728	TRAPIÁ	Em uso	Salobro.	Público	NÃO	Ingestão humana (uso em uma escola) Higiene pessoal Uso doméstico	Cisterna Açude (a 300m)	Tubular	-	Sim	15m de uma fossa.
D 20	-	11.07.2019	9620802	442719	TRAPIÁ	Em uso	Bomba manual.	Público	NÃO	Ingestão humana Higiene pessoal Uso doméstico Criação de animais Irrigação	Cisterna Açude (a 300m)	Tubular	6 famílias	Sim	Fossa próximo
D 15	2300021624	11.07.2019	9620734	442721	TRAPIÁ	Paralisado	Encontrou uma pedra. Água pouco salobra.	Público	NÃO	Ingestão humana (uso em uma escola) Higiene pessoal Uso doméstico	Cisterna Açude (a 300m)	Tubular	Estudantes	Sim	-

D 21	-	11.07.2019	9618128	441015	Masena	Paralisado	Motor caiu dentro do poço. Água só em período chuvoso. A qualidade da água é boa. Há marcação para a perfuração de um novo poço desde 2018.	Público	NÃO	Ingestão humana Higiene pessoal Uso doméstico Criação de animais (galinha e carneiro)	Carro pipa Cisterna Açude pequeno (há 300m)	Tubular	20 famílias	Sim	Fossa próximo
D 16	2300022482	11.07.2019	9617905	441476	Masena	Paralisado	Água somente no inverno parado sem motor Água salobra.	Público	NÃO	Ingestão humana Higiene pessoal Uso doméstico	Não. Carro Pipa.	Tubular	-	Sim	-

APÊNDICE L – MEMORIAL FOTOGRÁFICO

Figura 1 – Poço I01, na localidade de Campos.



Fonte: Autora, 2019.

Figura 2 – Poço I04, na localidade de Taboca.



Fonte: Autora, 2019.

Figura 3 - Poço I15, na localidade de Barra da Taboca.



Fonte: Autora, 2019.

Figura 4 - Poço I16, na localidade de Caldeirões.



Fonte: Autora, 2019.

Figura 5 - Poço I22, na localidade de Riacho do Sangue.



Fonte: Autora, 2019.

Figura 6 - Poços BV04, na localidade de Cedro, e C08, na localidade de Barra do Macaco, respectivamente.



Fonte: Autora, 2019.



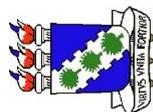
Fonte: Autora, 2019.

Figura 7 - Poço B17, na localidade de Capote.



Fonte: Autora, 2019.

ANEXO A – RESULTADOS DAS ANÁLISES LABORATORIAIS



Universidade Federal do Ceará
Centro de Ciências
Departamento de Geologia
Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada



Requisitante: Isa (Prof. Satander) Endereço: PRODEMA - UFC

Data de entrada no Laboratório: 17/10/2019 Tipo de amostra: água subterrânea

Resultados das análises físicas e químicas de amostras de águas captadas por poços no município de Itapipoca - CE

Identificação da Amostra	pH a 25 °C	Condutividade Elétrica a 25 °C (mS/cm)	Alcalinidade Total (mg/L CaCO ₃)	Bicarbonato (mg/L HCO ₃ ⁻)	Cloreto (mg/L Cl ⁻)	Cálcio (mg/L Ca ²⁺)	Magnésio (mg/L Mg ²⁺)	Dureza Total (mg/L CaCO ₃)	Sulfato (mg/L SO ₄ ²⁻)	Sódio (mg/L Na ⁺)	Potássio (mg/L K ⁺)	Nitrato (mg/L N-NO ₃ ⁻)	Nitrito (mg/L N-NO ₂ ⁻)	Nitrogênio Amoniacal Total (mg/L N-NH ₃ ⁺)	Amonia (mg/L NH ₃)	Turbidez (UNT)	Ferro Total (mg/L Fe)	Fluoreto (mg/L F ⁻)	Alumínio (mg/L)	Sólidos Totais (mg/L STD)
I01	6,50	6,23	82,8	101,0	1.799,4	240,0	129,6	1.140,0	296,6	657,3	12,1	0,1	<0,01	1,6	0,0	133	4,2	0,4	0,04	3.255
I04	7,10	7,11	117,2	142,9	1.799,4	88,0	81,6	560,0	37,6	795,5	12,2	26,5	0,10	<0,01	0,0	7,4	0,5	10,0	<0,01	3.100
I16	6,21	10,77	84,8	103,5	3.558,9	272,0	384,0	2.280,0	0,6	1067,8	51,3	1,8	<0,01	<0,01	0,0	15,1	0,5	2,0	0,06	5.507
I22	7,06	4,72	191,9	234,1	1.369,6	160,0	55,2	630,0	31,5	642,0	21,9	5,2	0,12	<0,01	0,0	19,1	0,9	0,8	0,02	2.572,6
BV04	5,00	925	4,0	4,9	231,9	5,6	13,9	72,0	4,5	110,8	22,1	9,4	<0,01	<0,01	0,0	77	2,5	0,3	0,04	463
C08	8,26	1,93	288,9	332,7	411,9	41,6	5,8	128,0	8,0	288,9	4,8	1,9	<0,01	<0,01	0,0	6,0	0,1	4,0	<0,01	1.120
B17	3,90	277	0,0	0,0	52,0	1,6	6,7	32,0	1,1	33,5	2,4	8,3	<0,01	<0,01	0,0	35	0,5	0,4	0,22	157
I15	6,68	23,60	272,7	332,7	7.557,7	784,0	984,0	6.080,0	315,8	1844,0	61,2	1,1	<0,01	<0,01	0,0	18,5	1,3	0,7	0,06	1.1925

Metodologia: Foram seguidas as diretrizes gerais do Standard methods for the examination of water and wastewater 22nd Edition (APHA, 2012), <0,1: inferior ao limite de detecção

Prof. Geagil Satander Sá Henri
Coordenador do LGRMA

Dielaine F. Gomes
Química – CRQ 10100188

CAMPUS UNIVERSITÁRIO DO PICI - BLOCO 912/913 CAIXA POSTAL. 6011
60-455-970 FORTALEZA - CEARÁ TEL/FAX: (085) 33669868, TEL: (085) 33669865
e-mail: lgrma@ufc.br

MEMBRO DO PROGRAMA DE GEOLOGIA E GEOFÍSICA MARINHA - PGGM